

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском
ООО «ЛУКОЙЛ-Волгоградэнерго»
Филиал ПАО «РусГидро» – «Волжская ГЭС»
Филиал ПАО «Россети Юга» – «Волгоградэнерго»
АО «Волгоградоблэлектро»

**ЭНЕРГЕТИКА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ.
НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ**

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

г. Волжский
20–24 декабря 2021 г.

Сборник материалов конференции

УДК 621+628+681.5+378.1
ББК 31

Программный комитет:
Султанов М.М. (председатель), Болдырев И.А., Зенина Е.Г.,
Иваницкий М.С., Курьянов В.Н., Кульков В.Г.,
Одоевцева М.В., Ходырева Н.Г.

Энергетика в условиях цифровой трансформации. Наука. Технологии. Инновации: Международная научно-практическая конференция, г. Волжский, 20–24 декабря 2021 г. / сборник материалов конференции. – Волжский: Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском, 2022. – 281 с.

ISBN 978-5-94721-157-3

Материалы докладов, вошедшие в сборник, освещают актуальные проблемы развития энергетики в условиях цифровой трансформации в научной, технологической и инновационной сферах. Сборник предназначен для специалистов, работающих в энергетической отрасли, а также студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей технических вузов.

Материалы докладов, представленные авторами, сверстаны и при необходимости сокращены. Как правило, сохранена авторская редакция.

Печатается по решению Учебно-методического совета филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

УДК 621+628+681.5+378.1
ББК 31

ISBN 978-5-94721-157-3

© Авторы, 2022
© Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Волжском, 2022

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

РОЛЬ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ: ОТ ИНФОРМАЦИОННОЙ РЕВОЛЮЦИИ К ГЛОБАЛЬНОМУ ЭНЕРГОПЕРЕХОДУ

Скоков Р. Ю. – д-р экон. наук, директор
Волгоградский ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и ЭИСИ в рамках научного проекта № 21-011-31619.

АННОТАЦИЯ. В статье представлена эволюция Росинформресурса и Российского энергетического агентства в контексте развития компьютерных технологий, сетей передачи данных, информатизации общества. В условиях глобального энергоперехода роль Российского энергетического агентства с региональной сетью ЦНТИ возрастает по следующим направлениям: разработка и внедрение низкоуглеродных и безуглеродных источников энергии, переход к распределенной энергетике, цифровизация энергетики, устойчивое развитие, искусственный интеллект, энергосбережение через устойчивый поведенческий дизайн.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Росинформресурс, Российское энергетическое агентство, энергопереход, сети передачи данных, Интернет, информационная революция, цифровизация энергетики.

Funding: The reported study was funded by RFBR and EISR, project number 21-011-31619.

ABSTRACT. The article presents the evolution of Rosinformresurs and the Russian Energy Agency in the context of the development of computer technologies, data transmission networks, informatization of society. In the context of the global energy transition, the role of the Russian Energy Agency with the regional network of CSTI is increasing in the following areas: development and implementation of low-carbon and carbon-free energy sources, the transition to distributed energy, energy digitalization, sustainable development, artificial intelligence, energy conservation through sustainable behavioral design.

KEYWORDS: Rosinformresurs, Russian Energy Agency, energy transition, data transmission networks, Internet, information revolution, energy digitalization.

В 1957 г. И.А. Ефремов в романе «Туманность Андромеды» предсказал глобальные системы связи, а в 1960 г. высказал идею о создании электронных библиотек («библиотек нового типа, работающих по принципам кибернетических машин и памятных устройств» [4], «похожих на гигантскую автоматическую телефонную станцию, соединенную специальной установкой с каждым абонентом-читателем»).

Но в СССР уже в 1955–1960 гг. возникли первые компьютерные сети в военно-промышленном комплексе в ходе развития систем ПВО (общая боевая программа Системы «А» – локальная компьютерная сеть на базе ЭВМ М-40, Главный командно-вычислительный центр (ГКВЦ) с вычислительным комплексом «Кубинка» и система передачи данных «Кабель» – локальная компьютерная сеть системы противоракетной обороны А-35 и др.).

Значительным прогрессом явилось применение в начале 50-х гг. линий связи, которые соединили центральные ЭВМ с удаленными терминалами и другими периферийными устройствами [1].

В тот же период, в 1957 г., создано Центральное бюро технической информации (ЦБТИ) Совета народного хозяйства Сталинградского экономического административного района [9]. Это было повторное появление совнархозов в СССР как инструмента территориального управления промышленностью и строительством в результате принятого решения о начале реформы системы управления.

В 1962 г. В. Глушковым представлен проект Общегосударственной автоматизированной системы учета и обработки информации, которая предназначалась для автоматизированного управления экономикой СССР, основанная на принципах кибернетики, включающая в себя вычислительную сеть, связывающую центры сбора данных, расположенные во всех регионах страны – «Единую государственную сеть вычислительных центров». Если бы проект не был отклонен, то решающую роль в нем могли играть ЦНТИ.

К 1965 г. в РСФСР существовало 23 ЦБТИ совнархозов [3, с. 4]. В 1966 г. в связи с отказом от территориальной системы управления промышленностью и возвращением к отраслевой системе управления совнархозы упразднены. Поэтому Постановлением Совета Министров СССР (№ 161 от 2 марта 1966 г.) при Государственном комитете Совета Министров СССР по науке и технике создано Объединение по руководству научно-технической информацией и пропагандой в РСФСР (Росинформресурс), включающее Межотраслевые территориальные центры научно-технической информации и пропаганды автономной республики, края, области (ЦБТИ), сформированные на базе ЦБТИ совнархозов [8, с. 41].

Росинформресурс участвовал в общесоюзных планах и программах по развитию информационной инфраструктуры науки и техники в стране, в насыщении ее новыми информационными технологиями [5]. ЦБТИ оснащались все более эффективными информационно-поисковыми системами, создавался единый информационно-технологический комплекс. Единство обеспечивалось

совместимостью методов и средств обработки и распространения информации, формированием и использованием общих баз и банков данных, распределением задач и функций между центрами в объединении.

ЦБТИ осуществляли: комплектование территориального справочно-информационного фонда научно-технической, нормативно-технической и патентной документацией; обеспечение ею предприятий и организаций; обеспечение потребителей информацией о достижениях науки, техники, производственном опыте; научно-техническую пропаганду через СМИ; проведение научно-технических мероприятий (конференций, совещаний, семинаров, межзаводских школ, выставок и др.); повышение квалификации специалистов научно-технической информации.

В середине 1960-х гг. в СССР разработаны и в 1972 г. запущены специализированные сети передачи и системы обработки данных («Сирена», «Экспресс» – автоматизированные системы управления резервированием мест и билетно-кассовыми операциями авиалиний и железнодорожных сообщений СССР).

Однако первыми широкомасштабными сетями передачи данных общего назначения считают американские сети ARPANET (1969 г.) и TYMNET (1971 г.), по принципам которых строится Интернет [1, с. 12]. ARPANET создана по заказу американского военного агентства DARPA.

К 1973 г. сеть межотраслевых территориальных органов научно-технической информации на территории Российской Федерации включала 62 межотраслевых территориальных центра научно-технической информации и пропаганды (ЦНТИ) [3, с. 4]. К концу 80-х гг. число ЦНТИ достигло 70 [5].

После 1970 г. произошло стремительное увеличение числа сетей передачи данных. По оценкам экспертов, в 1983 г. в эксплуатации за рубежом находилось свыше 80 типов локальных вычислительных сетей, а общее их число превысило 8000 [2, с. 286].

В 1990–1993 гг. Росинформресурс действовал при Правительстве РФ. В августе 1991 г. информационным средствам противодействовал ГКЧП, передавая в регионы через свою систему связи нормативно-правовые акты.

В 1993 г. Постановлением Совета Министров – Правительства Российской Федерации № 505 ЦНТИ в 69 автономных республиках, краях и областях Российской Федерации преобразованы в Российское объединение информационных ресурсов научно-технического развития [7].

В 1995–1999 гг. Росинформресурс совместно с Международным центром научной и технической информации (МЦНТИ) и FIZ Karlsruhe открыли семь учебно-информационных центров STN International в С.-Петербурге, Иркутске, Краснодаре, Перми, Томске, Челябинске и Ярославле [6].

Опираясь на новые информационные технологии, Росинформресурс был исполнителем проектов межведомственной программы «Создание национальной сети компьютерных телекоммуникаций для науки и высшей школы», принимал участие в федеральной программе поддержки малого предпринимательства.

В 2008 г. Росинформресурс перешло в ведение Минэнерго России. В 2009 г. Приказом Минэнерго России от 16.12.2009 г. № 560 наименование ФГУ «Российское объединение информационных ресурсов научно-технического развития» Министерства энергетики РФ изменено на ФГУ «Российское энергетическое агентство» Министерства энергетики РФ.

Таким образом, объединение «Росинформресурс» специализировалось на информационном продвижении в отрасли народного хозяйства внедрения новой техники, передового опыта, повышения культуры и эффективности производства, научных исследований и проектно-конструкторских разработок, ускорения использования научно-технических достижений в производстве, непрерывного совершенствования выпускаемой продукции, широкого внедрения передовых методов научной организации труда и управления производством, повышения научно-технического уровня работников предприятий и организаций. В зарубежных странах эти процессы протекали в форме государственно-частного партнерства, в то время как в СССР до 90-х гг. была государственная монополия во всех сферах.

В условиях современного энергоперехода роль «Российского энергетического агентства» с региональной сетью ЦНТИ возрастает. На первый план выходят следующие тренды.

1. Разработка и внедрение решений низкоуглеродных и безуглеродных источников энергии для обеспечения их совместной достаточности. Это предполагает декарбонизацию ТЭК, других отраслей, городов, создание и развитие замещающих экспортных отраслей, «зеленый» водород на экспорт, наращивание низкоуглеродной энергетики (ТЭС, АЭС, ВИЭ) в новом инвестцикле, проекты сокращения углеродного следа компаний за счет оптимизации потребления, управления нагрузкой, собственной зеленой генерации, получение дохода от продажи углеродных единиц.

2. Переход к распределенной энергетике. ВИЭ не требуют концентрации их мощностей в одном месте. Но интеграция ВИЭ в энергосистемы оборачивается проблемами: сложное диспетчерское управление энергосистемами в силу стохастического характера выработки электроэнергии; возрастают требования к регулированию частоты и баланса мощности, требования к соответствующим мощностям; усложняются вопросы реализации релейной защиты и автоматики.

3. Цифровизация энергетики. Открывает технологические возможности для реализации распределенной энергетики, обеспечивает возможность необходимых для этого информационных потоков, определяет необходимую для этого плотность цифровых управляемых устройств, в том числе на стороне потребителей, в частности цифровой учет электроэнергии и удаленный доступ к электроустановкам потребителей.

4. Устойчивое развитие. В рамках Глобального договора ООН сформирована программа LEAD, которая предусматривает реализацию компаниями-лидерами мероприятий в сфере экологии, в социальной сфере и корпоративном управлении (ESG), а также создание новых стандартов корпоративной социальной

ответственности. К Глобальному договору ООН в России присоединились более 50 крупных российских участников: Внешэкономбанк, Северсталь, Росатом, Роснефть, Русал, Норникель, РусГидро, АФК «Система», РЖД, Лукойл, Сахалин Энерджи, Полиметалл, Водоканал Санкт-Петербурга, Российский союз промышленников и предпринимателей и др. Федеральные законы РФ и подходы российских регуляторов содержат требования формирования систем контроля, снижающих комплаенс-риски, развивающих социальную ответственность и этические принципы ведения бизнеса.

5. Искусственный интеллект. Оптимизация геологоразведочных работ и бурения, проведение исследований в сфере цифровой петрофизики, управление нефтеперерабатывающими заводами и их сбытовой сетью, контроль за соблюдением правил промышленной безопасности и охраны труда на нефтепромыслах, обнаружение кибератак на нефтеперерабатывающие установки, осуществляются с использованием искусственного интеллекта. Применение искусственного интеллекта для анализа больших данных, создания цифровых двойников доказало возможность повышать экономическую эффективность за счет принятия быстрых и оптимальных решений.

6. Энергосбережение через устойчивый поведенческий дизайн. Фаза использования энергопотребляющих продуктов в домохозяйствах определяется поведением потребителей, обладает огромным потенциалом для уменьшения расхода энергии и воздействия на окружающую среду. Директивой 2005/32/ЕС Европейского Парламента и Совета от 6 июля 2005 г. по экодизайну энергопотребляющих продуктов (EuP) [10] признано, что наибольшее воздействие на окружающую среду электрических и электронных продуктов часто происходит во время использования и в значительной степени зависит от поведения потребителей [11].

Учитывая возросшую неопределенность путей развития мировой энергетики, а также огромную важность для России грядущих изменений в мировом топливно-энергетическом балансе, ФГБУ «РЭА» Минэнерго России разрабатывает российский долгосрочный прогноз развития мировой энергетики до 2050 г.

Таким образом, на современном этапе глобального энергетического перехода ФГБУ «РЭА» Минэнерго России с широкой региональной филиальной сетью становится важнейшим проводником интересов государства и организаций отечественного топливно-энергетического комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бертсекас, Д., Галлагер, Р. Сети передачи данных / Д. Бертсекас, Р. Галлагер; пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 544 с.
2. Бойченко, Е.В. Локальные вычислительные сети / Е.В. Бойченко, В. Кальфа, В.В. Овчинников. – М.: Радио и связь, 1985. – 304 с.
3. Войциков, Б.Н. Система межотраслевых территориальных органов научной технической информации в РСФСР / Б.Н. Войциков. – М.: ГОСИНТИ, 1973. – 20 с.
4. Ефремов, И. Библиотека будущего / И. Ефремов // Библиотекарь. – 1960. – № 12. – С. 43–44.

5. Кедровский, О.В. Чем жил, жив и будет жить Росинформресурс / О.В. Кедровский // Информационные ресурсы России. – 2006. – № 2. – С. 1.
6. Молотков, Л.И. О сотрудничестве МЦНТИ с Международной сетью научной и технической информации STN International [Электронный ресурс] // Электронная библиотека ГПНТБ России. URL: <https://ellib.gpntb.ru/subscribe/index.php?journal=ntb&year=2004&num=1&art=9> (дата обращения: 04.11.2021 г.)
7. Савин, А.Н., Левинский, Л.С. Объединение «Росинформресурс» – единый информационно-технологический комплекс / А.Н. Савин, Л.С. Левинский // Информационные ресурсы России. – 2006. – № 2. – С. 3.
8. Сборник руководящих материалов по научно-технической информации. – 2-е перераб. и доп. изд. – М.: Производственно-издательский комбинат ВИНТИ, 1975. – С. 41.
9. Хорунжий, В.Д. По случаю юбилея / В.Д. Хорунжий // Информационные ресурсы России. – 2006. – № 2. – С. 13.
10. Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council [Электронный ресурс] // Official Journal of the European Union. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32005L0032&from=en> (дата обращения: 04.11.2021 г.)
11. Rodriguez, E., Boks, C. How design of products affects user behaviour and vice versa: the environmental implications Environmentally conscious design and inverse manufacturing, 12–14 December 2005, Tokyo, Japan.

КОНТРОЛЬ ЧИСТОТЫ ВОДОРОДА В ЭНЕРГЕТИКЕ

Родионов А.К. – главный конструктор
ООО «ВЗОР»

АННОТАЦИЯ. В статье рассматривается способ обеспечения прецизионных измерений концентрации газообразного водорода с погрешностью не более 0,15 % в диапазоне 90–100 %.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: газоанализаторы, электрохимические анализаторы водорода, чистота водорода.

ABSTRACT. The article considers a method for precision measurements providing of hydrogen gas concentration with an error of max. 0,15 % within the range of 90–100 %.

KEYWORDS: gas analyzers, electrochemical hydrogen analyzers, hydrogen purity.

До настоящего времени водород широко использовался в теплоэнергетике в основном для охлаждения электрогенераторов.

Исключительно высокая теплопроводность водорода, а также возможность безопасной работы с высоковольтными цепями сделало его практически незаменимым для решения задач охлаждения электрооборудования.

В современной энергетике водород рассматривается как перспективное топливо, не нарушающее экологического равновесия в окружающей среде. Причем водород как топливо находит двойное применение.

С одной стороны, водород – это горючий газ, способный работать в любой существующей тепловой машине, например в двигателе внутреннего сгорания. С другой стороны, водород является самым эффективным топливом для низкотемпературных электрохимических топливных элементов.

Очевидно, что подобные концепции значительно расширяют область применения водорода, которая начинает охватывать не только традиционную теплоэнергетику, но и такие сферы, как транспорт, телекоммуникацию, автономное тепло и энергоснабжение зданий, промышленных предприятий и другие области, где конкурентными окажутся электрохимические топливные элементы.

В этом аспекте актуальным становится развитие аналитических методов контроля водорода. Очевидно, что контроль водорода необходим в первую очередь для обеспечения безопасности. Здесь речь идет об измерении малых концентраций водорода в диапазоне 0–5 %.

Но очевидно также и то, что требуется контроль качества водорода именно как топлива. Для решения этой задачи требуется измерение больших концентраций водорода в диапазоне 90–100 %. В данном случае можно говорить о контроле чистоты водорода, потому что именно наличие нежелательных примесей снижает качество водорода как топлива.

Контроль чистоты водорода актуален и в традиционной теплоэнергетике. Специфика измерений чистоты водорода заключается в том, что требования к точности измерения, как правило, весьма высоки. Допустимая относительная погрешность не должна превышать 0,5 %, а в ряде случаев – не более 0,2 %.

Это обусловлено тем, что диапазон измеряемых концентраций водорода очень узок. Например, типовые нормы по допустимому изменению концентрации водорода для охлаждения электрогенераторов на электростанциях составляют 98–100 %.

Требования к чистоте водорода как к горючему в ряде случаев могут оказаться еще выше. В частности, это возможно для электрохимических топливных элементов, когда нежелательные примеси в водороде могут отравить катализаторы топливного элемента.

Определение объемной доли водорода в газе, к которому и сводится контроль чистоты водорода, можно осуществлять различными известными методами. Стандартная методика основывается на химическом определении концентрации водорода [1].

Подобные газоанализаторы содержат ряд сосудов с различными поглощательными растворами. Пропуская порцию анализируемого газа (водорода) фиксированного объема последовательно через данные сосуды, измеряют уменьшение объема газа. Это уменьшение объема газа соответствует объему поглощенных примесных компонент, содержащихся в анализируемом газе. Рассчитывая отношение полученного объема газа к исходному, определяют концентрацию водорода в этом газе – чистоту водорода.

Недостатками химических анализаторов является трудоемкость проведения анализа (время анализа составляет 30–60 мин.), отсутствие возможности проводить непрерывные измерения, громоздкость и трудная реализуемость переносных вариантов анализаторов, а также то, что оценка концентрации водорода является косвенной (напрямую измеряются только концентрации примесных компонент), что может привести к дополнительным ошибкам измерения.

Известны терموкаталитические газоанализаторы [2]. Данные анализаторы содержат датчики (пеллисторы), осуществляющие каталитическое окисление горючих газов, в том числе и водорода. Измеряется тепло, выделяющееся в результате реакции окисления, которое затем пересчитывается в концентрацию измеряемого газа.

Недостатками терموкаталитических анализаторов являются ограниченный диапазон измерения и отсутствие селективности – они реагируют на все горючие газы, сильно влияние влажности и температуры контролируемой среды. Кроме того, за счет эффекта отравления катализатора датчики со временем теряют чувствительность.

Известны газоанализаторы, базирующиеся на принципе измерения теплопроводности анализируемого газа – катарометры [3].

Недостатком катарометров является резкое увеличение погрешности измерения при работе в многокомпонентной газовой смеси. Анализаторы обеспечивают малую погрешность измерений только для бинарных смесей газов. Фактически они позволяют определить неизвестное соотношение двух известных компонентов. Поэтому анализаторы весьма чувствительны к влажности анализируемой пробы.

Пары воды в данном случае становятся третьим компонентом газовой смеси и резко снижают точность измерений исходной бинарной смеси. Обычно влагу удаляют, охлаждая пробу до температуры, когда избыточная влага конденсируется в жидкость и легко удаляется из пробы. Для высокоточных измерений (измерений чистоты водорода) пробу охлаждают до 4 °С. Очевидно, что конструкция подобного газоанализатора является достаточно громоздкой, и он практически не может быть реализован в переносном варианте. Подобные анализаторы требуют также поддержания постоянства потока анализируемой газовой смеси.

Известны электрохимические анализаторы водорода с амперометрическими датчиками, выходной ток которых пропорционален количеству водорода, поступившему на индикаторный электрод датчика.

В них реализуется реакция электрохимического окисления водорода. Датчики характеризуются высокой селективностью и нечувствительны к различным газам. В частности, водородные датчики нечувствительны к кислороду, азоту, углекислому газу, угарному газу (окиси углерода), горючим углеводородам и другим газам.

Пары воды, масел, пыль также не нарушают работу датчиков, электродная система которых изолирована от внешней среды специальной газопроницаемой мембраной.

Кроме того, подобные датчики нечувствительны к изменениям потока среды в достаточно широком диапазоне изменений потока (допустимы изменения потока в 2–3 раза).

Электрохимические датчики реализуемы в компактной конструкции и широко используются в переносных газоанализаторах. Анализаторы с электрохимическими датчиками выпускаются предприятием «ВЗОР» как в переносном, так и в стационарных вариантах [4, 5].

Относительная погрешность измерения анализаторов с электрохимическими датчиками составляет 3–4 %. Подобная погрешность является вполне приемлемой для многих практических измерений. Однако для задачи анализа чистоты водорода подобная погрешность является чрезмерно высокой. Поэтому анализаторы водорода с электрохимическими датчиками для решения задачи контроля чистоты водорода до настоящего времени не использовались.

Нами предложен способ измерения концентрации водорода, использующий электрохимические датчики водорода и обеспечивающий погрешность измерения на порядок меньше существующих электрохимических анализаторов, в частности на уровне 0,15 %.

Суть предложенного способа заключается в том, что в анализаторе осуществляется измерение тока датчика, на который попеременно подается анализируемая среда и эталонная с известным содержанием водорода.

В качестве эталонной среды используется чистый водород, получаемый непосредственно в анализаторе на специальном генераторе водорода.

В этом случае расчет объемной доли водорода в анализируемой среде осуществляется по формуле

$$C = \frac{X1}{X2}, \quad (1)$$

где $X1$ – сигнал, пропорциональный току датчика в период поступления на него анализируемой среды; $X2$ – сигнал, пропорциональный току датчика в период поступления на него чистого водорода с генератора водорода; C – объемная доля водорода в анализируемой среде.

В качестве подобного генератора водорода могут быть использованы разные устройства. В частности, это может быть газовый баллон с чистым водородом или электролизная ячейка.

Наиболее предпочтительным вариантом генератора водорода является электролизная ячейка с протонной мембраной. Подобная ячейка компактна, работает на чистой воде и не требует дополнительной очистки получаемого водорода. Остаточное содержание кислорода в полученном водороде находится на уровне 0,014 %.

Блок-схема предлагаемого анализатора чистоты водорода показана на рис. 1.

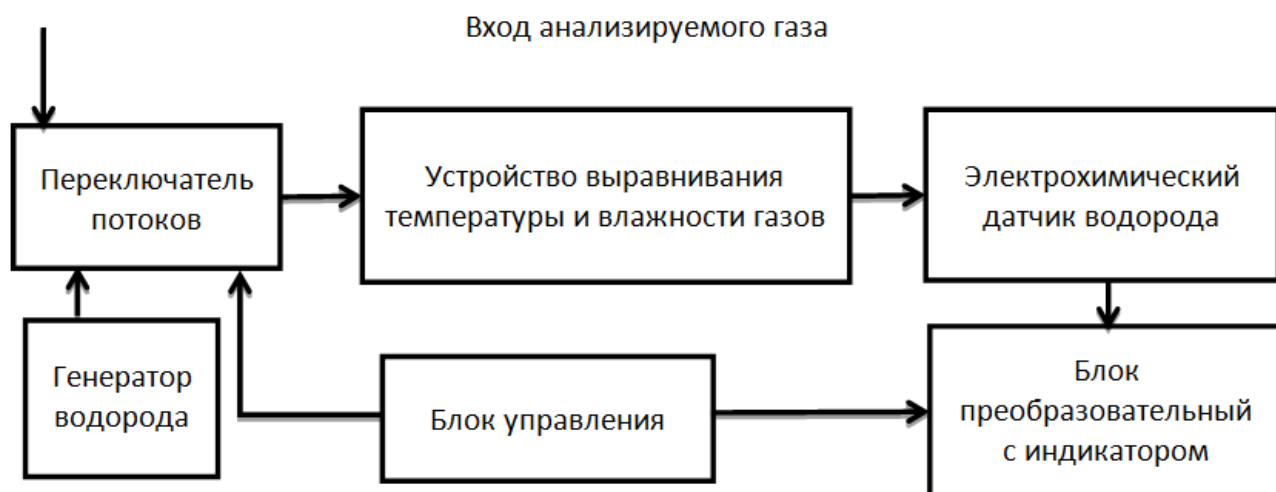


Рис. 1. Блок-схема анализатора

Как показал опыт, периодичность переключения сред на датчик водорода должна составлять не менее двух минут: одну минуту подается чистый водород и одну минуту – анализируемая среда.

Для минимизации ошибок измерения перед подачей газов на электрохимический датчик осуществляется выравнивание их температур и влажности.

Испытания на макете показали, что анализатор обеспечивает погрешность измерения не более 0,15 % в диапазоне концентраций водорода в анализируемом газе 90–100 %.

Характерный вид зависимости тока электрохимического датчика водорода от времени показан на рис. 2. Верхнее значение тока соответствует подаче на датчик чистого водорода. Нижнее значение тока соответствует подаче на датчик анализируемого газа с содержанием водорода 97,07 %. Реализованная в этом конкретном эксперименте погрешность измерения равна минус 0,02 %.

Использование селективного к водороду электрохимического датчика, индикаторный электрод которого отделен от анализируемой среды газопроницаемой мембраной, позволяет реализовать ряд принципиально важных для практики преимуществ. В частности, это обеспечивает:

- возможность работы в многокомпонентной газовой смеси, включающей водяные пары, кислород, азот, углекислый газ, горючие газы и другие газы, к которым не чувствителен электрохимический датчик;
- возможность работы без специального регулятора расхода в широком диапазоне расходов (допустимы изменения расхода в 2–3 раза);
- возможность реализации анализатора в переносном варианте за счет компактного датчика.

Периодическая «привязка» (фактически калибровка) датчика к эталону – чистому водороду, позволяет исключить нестабильность электрохимического датчика.

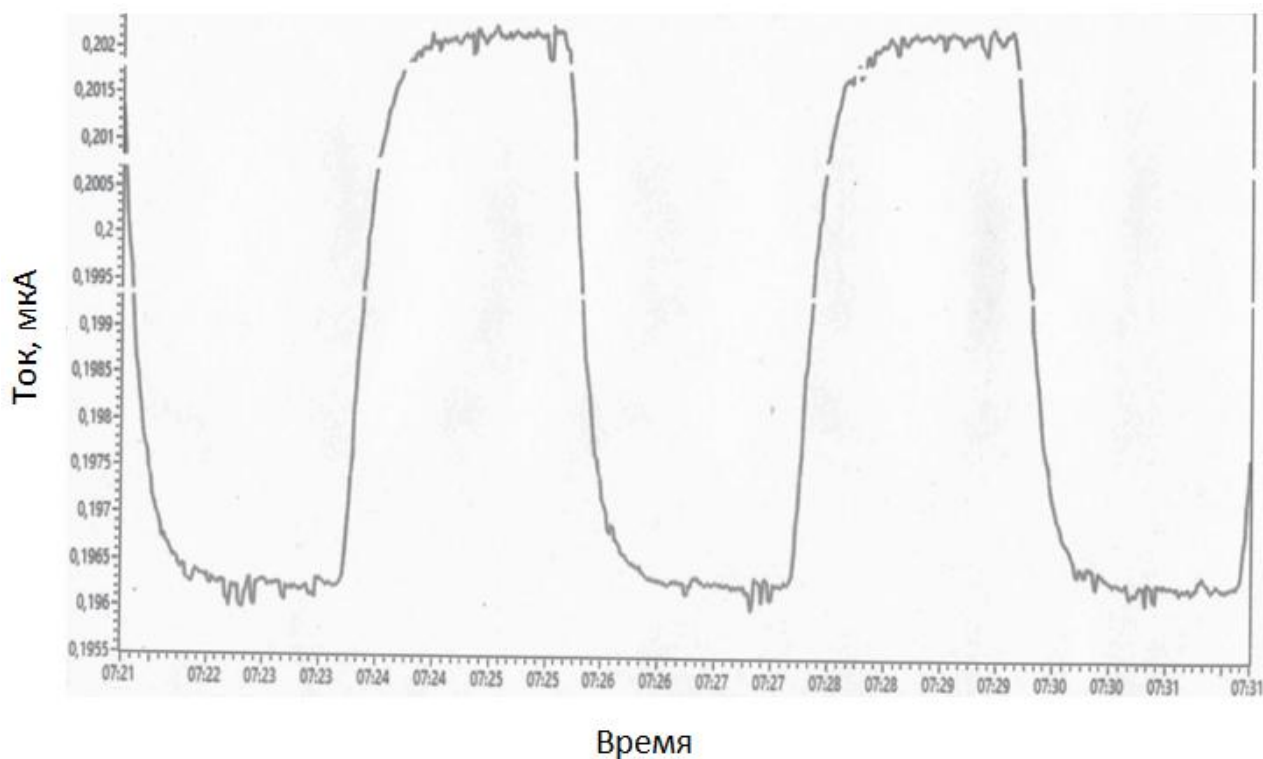


Рис. 2. Ток водородного датчика, мкА

Выравнивание таких параметров газов, как температура и влажность, исключает влияние на измерения и этих факторов.

На предприятии успешно испытан макет подобного анализатора и готовится разработка образца прибора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коростелев, П.П. Лабораторные приборы технического анализа / П.П. Коростелев. – М.: Металлургия, 1987. – С. 217.
2. Аш, Ж. Датчики измерительных систем / Ж. Аш; пер. с фр. А.С. Обухова. – М.: Мир, 1992. – Т. 2. – С. 395.
3. Туричин, А.М. Электрические измерения неэлектрических величин / А.М. Туричин, П.В. Новицкий, Е.С. Левшина. – 5-е изд.– Л., Энергия, 1975. – С. 540.
4. Анализатор растворенного водорода МАРК-501: руководство по эксплуатации. – Н. Новгород, 2015.
5. Анализатор растворенного водорода МАРК-509: руководство по эксплуатации. – Н. Новгород, 2013.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМОЙ

Крылов М.Э. – студент

Низамова А.Ш. – канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрено внедрение новых технологий повышения коэффициента полезного действия и мощности атомной электрической станции путем модернизации, основанного на проекте «СуперВВЭР». Представлены цели и их общие направления усовершенствования реакторной установки, топливного цикла и активной зоны.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: модернизация, атомная электрическая станция, эффективность, повышение мощности.

ABSTRACT. The article discusses the introduction of new technologies for increasing the efficiency and capacity of a nuclear power plant through modernization, based on the SuperVVER project. The goals and their general directions of improvement of the reactor facility, fuel cycle and core are presented.

KEYWORDS: modernization, nuclear power plant, efficiency, power increase.

В настоящее время российская атомная отрасль преподносит себя как одна из самых передовых во всем мире по уровню разработки научно-технических программ в областях проектирования и строительства атомных реакторов. Большая конкуренция на рынке и увеличение требований к нормативно-техническим документам с целью увеличения безопасности вызывают рост научно-технологического совершенствования сферы атомных энергетических станций (АЭС) [1]. Современной реализацией эволюционного развития производства ВВЭР для «большой» атомной энергетики России стал проект, получивший обозначение АЭС-2006 [2]. Такую программу научно-технологического развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) в стране сформировал концерн «Росэнергоатом». В укрупненном виде для водородных энергетических реакторов (ВВЭР) были обозначены три основные цели:

- более действенное применение урана и плутония;
- уменьшение инвестиционных рисков;
- увеличение термодинамической эффективности [3].

Модернизация действующих и проектных энергоблоков АЭС позволяет увеличить рост развития атомной энергетики в стране, улучшить уровень технико-экономических показателей на реализованных станциях, а также поднять уровень безопасности [4].

Представленные цели достигаются за счет:

- показателей реакторной установки;

- максимального использования результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР);
- эволюционного развития и совершенствования оборудования;
- минимального и реалистичного вложения для модернизации;
- совершенствования системы защит барьеров;
- удовлетворения требований современной научно-технической документации Российской Федерации (НТД РФ) [5].

Для реакторов ВВЭР-1200;1300;1500 были изменены:

- внутрикорпусные устройства;
- принцип закрепления активной зоны в системе внутрикорпусных устройств, что обеспечивает жесткую геометрическую фиксацию тепловыделяющих сборок (ТВС);
- конструкция концевых узлов ТВС [6].

Сравнение технических параметров реакторов для ВВЭР-1000, 1200, 1300 представлено в таблице.

Технические характеристики ВВЭР

Характеристика	ВВЭР-1000	ВВЭР-1200	ВВЭР-1300 (ВВЭР-ТОИ)
Тепловая мощность реактора, МВт	3000	3212	3300
КПД (нетто), %	31,7	35,7	37,9
Давление пара, кгс/см ² :			
– перед турбиной	60,00	70,00	71,38
– в первом контуре	160,0	165,1	165,2
Температура воды, °С:			
– на входе в реактор	289,0	298,2	297,2
– на выходе из реактора	319	328,6	328,8
Диаметр активной зоны, м	3,12	4,25	4,25
Высота активной зоны, м	3,50	3,73	3,73
Диаметр тепловыделяющего элемента (ТВЭЛа), мм	9,1	9,1	9,1
Число ТВЭЛов в кассете ТВС	312	312	313
Количество кассет ТВС	151 (109 + СУЗ 42), 163	163	163
Загрузка урана, т	66,0	76,0–85,5	87,3
Среднее обогащение урана, %	4,26	4,69	до 7,0
Среднее выгорание топлива, МВт·сут./кг	48,4	55,5	до 70,0

Реакторная установка (РУ) с ВВЭР-1500 является проектом концерна «Росэнергоатом» и разрабатывается на основе ВВЭР-440 и ВВЭР-1000. Она соответствует требованиям международных пользователей атомной энергетики, а по техническим характеристикам уровня безопасности не уступает зарубежным действующим и проектным РУ с реакторами PWR.

Проектное развитие атомной отрасли представлено на рисунке.

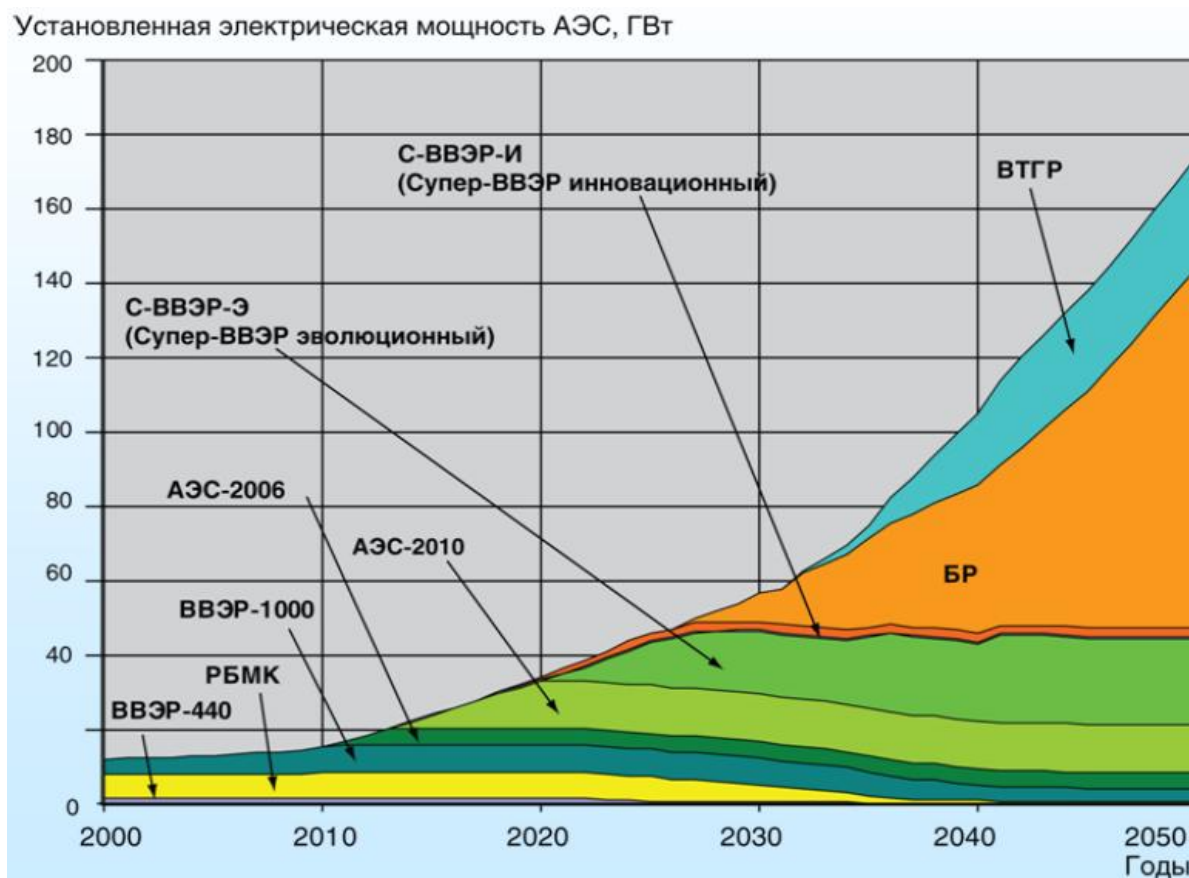


Рисунок. Ожидаемая диаграмма развития АЭС в России

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аминов, Р.З., Байрамов, А.Н. Оценка эффективности комбинирования АЭС с водородным комплексом в условиях безопасного использования водорода в паротурбинном цикле / Р.З. Аминов, А.Н. Байрамов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23. – № 2. – С. 56–69.
2. Антонова, А.М., Воробьев, А.В. Атомные электростанции: учеб. пособие / А.М. Антонова, А.В. Воробьев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 230 с.
3. Ермолин, В.С., Окунев, В.С. О размещении твэолина в центральном отверстии твэлов водо-водяных реакторов / В.С. Ермолин, В.С. Окунев // Физико-технические проблемы ядерной энергетики. – Научная сессия МИФИ. – С. 101.
4. Андрущечко, С.А. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С.А. Андрущечко, А.М. Афров, Б.Ю. Васильев, В.Н. Генералов, К.Б. Косоуров, Ю.М. Семченков, В.Ф. Украинцев. – М.: Логос, 2010. – 604 с.: ил.
5. Семченков, Ю.М., Сидоренко В.А. Перспективы развития АЭС с ВВЭР / Ю.М. Семченков В.А., Сидоренко // Теплоэнергетика. – 2011. – № 5. – С. 2–9.
6. И.В. Кручатов и А.П. Александров о стратегии ядерного энергетического развития. Сборник. – М.: НИЦ «Кручатовский институт», 2013. – 144 с.: ил.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ ВОДЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛИЗА (ГОСТ Р-52501)

Кутин А.Г.
ООО «ВЗОР»

АННОТАЦИЯ. В статье представлены рекомендации по изменению действующей методики измерения удельной электрической проводимости деионизированных вод, ставящие перед собой цель упрощение методики и повышение точности и стабильности измерения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электропроводность, деионизированная вода, дистиллированная вода, вода для лабораторного анализа, погрешность, измерение.

ABSTRACT. The article presents recommendations for changing the current method of measuring the specific electrical conductivity of water, aiming to simplify the methodology and improve the accuracy and stability of measurement.

KEYWORDS: electrical conductivity, distilled water, error, measurement.

На протяжении многих лет в России действовал ГОСТ-6709 на дистиллированную воду [1]. Дистиллированная вода находит массовое применение в промышленности и лабораториях, но степень ее очистки недостаточна для проведения таких анализов, как жидкостная хроматография и атомно-абсорбционная спектроскопия. 30.05.2005 г. был введен в действие ГОСТ Р-52501, где были указаны методы приготовления воды для лабораторного анализа, а также нормы, в том числе по УЭП, как интегрального показателя степени очистки, воды типа 1 и типа 2.

Исследуемая вода должна отвечать соответствующим требованиям таблицы. Испытания на соответствие следует проводить методами, определенными в разделе 6 [2].

Требования к качеству исследуемой воды

Наименование показателя	Степень чистоты		Метод анализа
	0,010	0,10	
Удельная электрическая проводимость при температуре 25 °С, мСм/м, не более	0,010	0,10	6,1
Массовая концентрация веществ, восстанавливающая	не определяется	0,08	6,2
Оптическая плотность при длине волны 254 нм, в кювете с толщиной поглощающего свет слоя 1 см, единиц оптической плотности, не более	0,001	0,01	6,3
Массовая доля остатка после выпаривания при температуре 110 °С, млн, не более	не определяется	1,00	6,4
Массовая концентрация оксида кремния (IV) (SiO ₂), мг/дм ³ , не более	0,010	0,02	6,5

Переводя в более привычные единицы измерения УЭП, имеем воду типа 2 – 1 мкСм/см, воду типа 1 – 0,1 мкСм/см. Данные показатели достаточно легко получить, например, методом деионизации. Надо отметить, что проводимость сверхчистой воды 0,055 мкСм/см при 25 °С.

В п. 6.1 документа [2] указаны требования к кондуктометрам для контроля воды типа 1 и типа 2:

«6.1 Определение удельной электрической проводимости при температуре 25° С

6.1.1 Аппаратура

Обычное лабораторное оборудование. Кондуктометр, позволяющий проводить измерения в интервале 0,001–300 мкСм/см ($10^{-7} - 3 \cdot 10^{-2}$ См/м) с погрешностью $\pm 0,5$ % измеренного значения с термостатируемой ячейкой, обеспечивающей поддержание температуры анализируемой воды ($25 \pm 0,1$) °С.

Примечание. Если используемый прибор не термостатируется, то он должен быть снабжен встроенным теплообменником, способным поддерживать температуру воды при проведении анализа на уровне (25 ± 1) °С» [2].

Именно этот пункт содержит ряд противоречий, которые при внимательном подходе были непреодолимы.

1. Требования к погрешности прибора 0,5 % от измеренного значения. Подавляющее большинство лабораторных кондуктометров имеют погрешность 1,5–2 % от измеренного значения. Они автоматически под этот пункт не подходят, так как погрешность в 0,5 % – это требование к эталонным кондуктометрам, по которому, согласно методике, проходят поверку серийные приборы. Есть эталонные кондуктометры с погрешностью в 0,25 % и 0,5 % от измеренного значения, но, согласно описанию типа средства измерения РФ, эти приборы не подходят по началу диапазона. Можно отметить кондуктометры иностранного производства многих модификаций. В рекламе на сайте изготовителя, а также на многочисленных сайтах дистрибьютеров указана погрешность в 0,5 % от измеренного значения. Если же открыть описание типа средства измерения, то приборы имеют погрешность 2–5 % от измеренного значения, что в разы выше заявляемой в рекламе. Именно с погрешностью, заявленной в описании типа средств измерений, приборы проходят поверку в РФ. Ряд аккредитованных лабораторий закупил вышеуказанное оборудование для соответствия требованию п. 6.1, поверив рекламе. В итоге если у эксперта возникали вопросы по реальной погрешности прибора, а не по заявленной в рекламе, были проблемы при прохождении аккредитации.

2. Требования к термостатируемой ячейке. Большинство кондуктометров имеет функцию встроенной температурной компенсации, что позволяют проводить измерения УЭП при температуре в достаточно широком диапазоне, а прибор будет приводить результат к нужной температуре (общепринято либо к 20, либо, как в нашем случае, к 25 градусам). В первоисточнике ГОСТ Р 52501 (ISO 3696) как раз было написано: *«7.2.1.2 Conductivity meter ... with automatic temperature compensation, for measurements on grade 1 and grade 2 water. Note – if the instrument is not temperature-compensated, and in-line heat-exchanger, capable*

of adjusting the temperature of the water under test to 25 ± 1 °C, should be fitted. (Кондуктометр с автоматической температурной компенсацией, для измерения воды типа 1 и типа 2. Примечание. Если прибор без температурной компенсации, следует установить встроенный теплообменник, способный установить температуру исследуемой воды 25 ± 1 °C)». В самом ГОСТе почему-то был убран этот очень важный пункт, ставя лабораториям сложную и ненужную задачу измерения УЭП в теплообменнике.

3. И еще один важный момент касается, собственно, самого проведения измерения.

«6.1.2 Проведение анализа. Удельную электрическую проводимость пробы анализируемой свежеприготовленной воды измеряют, используя кондуктометр с термостатируемой ячейкой, установив температуру воды (25 ± 1) °C» [2]. Важно отметить, что обессоленная вода при контакте с воздухом быстро поглощает атмосферную углекислоту. Равновесная с воздухом вода содержит около 0,9 мг/кг CO₂, ее pH снижается до 5,6, а проводимость возрастает на 1 мкСм/см. То есть даже получив воду, близкую к теоретически чистой, и проводя измерения в открытой емкости, оператор гарантированно сразу выходит из норм воды типа 1 и в течение некоторого времени из норм воды типа 2, о чем в ГОСТ Р-52501 не говорится вообще. Опять отметим, что в исходном ISO 3696 предписывалось проводить измерения используя проточную ячейку.

Итак, согласно вышесказанному, соответствие ГОСТ Р-52501 в требованиях к кондуктометрии были нереализуемы. По просьбам некоторых лабораторий, столкнувшихся с данной проблемой, главным конструктором ООО «ВЗОР» Родионовым А.К. были даны рекомендации по корректировке требований к кондуктометрам для решения задачи контроля деионизированной воды, которые приведены ниже.

Методика контроля качества водных сред, электропроводность которых составляет 0,1 мСм/м (1 мкСм/см) и 0,01 мСм/м (0,1 мкСм/см), имеет свои особенности, о которых пользователь очень часто просто не знает. Было бы целесообразно сформулировать некоторые принципиальные моменты непосредственно в ГОСТе.

В частности, корректное измерение в подобных средах возможно только с использованием специальной проточной ячейки, предохраняющей среду от прямого контакта с окружающим воздухом и позволяющей производить измерения на протоке среды.

Прямой контакт с воздухом, например при измерениях в стакане, приводит к поступлению в среду углекислого газа, и измеряемая электропроводность непрерывно «ползет» в сторону увеличения. Измерение в стакане – одна из наиболее распространенных ошибок.

Отсутствие протока среды опасно влиянием небольших загрязнений, которые могут оказаться на датчике и ячейке. Проток среды вымывает подобные загрязнения. Для сред с электропроводностью менее 0,01 мСм/м (0,1 мкСм/см) возможно влияние и процесса растворения самих электродов датчика и влияние

химических и электрохимических процессов, катализируемых металлическими электродами датчика. Подобные эффекты нами неоднократно наблюдались. В частности, для «кислой» среды ($\text{pH} < 7$) при остановленном потоке среды кондуктометр очень часто фиксирует рост электропроводности. Для «щелочной» среды ($\text{pH} > 7$) при остановленном потоке наблюдается падение электропроводности. Проток среды исключает подобные эффекты.

Измерение на потоке, конечно, несколько усложняет решение вопроса термостатирования контролируемой среды. Весьма удобно на практике пользоваться значением электропроводности, приведенной к температуре $25\text{ }^\circ\text{C}$. В этом случае от системы термостатирования требуется в основном стабильность поддержания температуры.

Современные кондуктометры имеют так называемую двойную термокомпенсацию, когда учитываются как температурные изменения электропроводности солевой составляющей среды, так и температурные изменения электропроводности самой воды (температурная зависимость теоретически чистой воды). При наличии такой системы термокомпенсации оценка электропроводности среды для $25\text{ }^\circ\text{C}$ оказывается весьма эффективной даже при определенной погрешности поддержания температуры контролируемой среды.

Использование подобных кондуктометров представляется нам целесообразным для повышения надежности измерений.

Погрешность кондуктометрических измерений в принципе складывается из двух составляющих: погрешности Δ_1 , пропорциональной измеряемой величине (например, $\Delta_1 = 0,03\alpha$, где α – значение самой измеряемой величины либо просто 3 % от измеряемой величины); Δ_0 – погрешности измерения нулевой электропроводности.

Причины появления первой составляющей погрешности – нестабильности постоянной датчика, уровня сигнала генератора, коэффициента передачи усилителей электронных схем. Погрешность измерения нулевой электропроводности (неопределенность в нуле) обусловлена ограничением разрядности индикатора, дрейфом нуля электронных усилителей, утечками по изоляторам, отделяющим электроды датчика, а также нестабильностями, обусловленными собственно контролируемой средой, которые сами в свою очередь зависят от величины потока среды через датчик.

При измерениях относительно больших электропроводностей наиболее существенна первая составляющая погрешности. При измерениях малых электропроводностей основная погрешность обусловлена второй из указанных составляющих. Очевидно, что в общем случае нельзя пренебречь какой-либо из составляющих.

Как показывает опыт, для стандартного массового кондуктометра вполне достижимы погрешности $\Delta_1 = 0,015\alpha$ (1,5 % от измеряемой величины), и $\Delta_0 = 0,003\text{ мкСм/см}$ (0,0003 мСм/м). При этом в составляющей Δ_0 неопределенность 0,002 мкСм/см обусловлена собственно средой и датчиком, а оставшаяся 0,001 мкСм/см – как правило, разрядностью индикатора.

Уменьшение значения Δ_0 связано с повышением стабильности датчика (использование платиновых электродов, снижение утечек по изоляторам, оптимальный выбор конструктивных размеров), а также с контролем и нормированием потока среды через датчик. Как правило, это заметно удорожает прибор, и он теряет свою массовость.

По нашему мнению, в ГОСТе должны быть отмечены следующие моменты.

1. Измерения должны проводиться на потоке контролируемой среды в специальной ячейке, изолирующей среду от контакта с окружающим воздухом. Измеряемой величиной является величина электропроводности при 25 °С или приведенной к 25 °С.

2. Используемый кондуктометр должен иметь систему двойной термокомпенсации, учитывающей и температурную зависимость теоретически чистой воды.

3. Допустимый интервал абсолютной основной погрешности кондуктометра не должен превышать интервал $\pm(0,015\alpha + 0,003)$ мкСм/см ($\pm(0,015\alpha + 0,0003)$ мСм/м), где α – значение измеряемой величины электропроводности.

С 01.01.2021 г. вступили в силу изменения № 1 к ГОСТ Р-52501, в котором были устранены все нереализуемые требования к характеристикам кондуктометров и даны рекомендации по корректному измерению чистых вод. На данный момент ГОСТ полностью проходим с точки зрения кондуктометрического контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ-6709. Вода дистиллированная. Технические условия: национальный стандарт Российской Федерации, дата введения 1974-01-01. Федеральное агентство по техническому регулированию. – изд. официальное. – М.: Стандартинформ, 2010. – 10 с.

2. ГОСТ Р-52501. Вода для лабораторного анализа. Технические условия: национальный стандарт Российской Федерации, дата введения 2007-01-01. Федеральное агентство по техническому регулированию. – М.: Стандартинформ, 2007. – 12 с.

ОЧИСТКА ПОПУТНО-ДОБЫВАЕМОЙ ВОДЫ ДО КАЧЕСТВА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

*Лойко А.В.*¹ – генеральный директор
*Каграманов Г.Г.*² – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой
*Шибанов И.В.*² – ведущий инженер
*Парусов Д.В.*² – главный специалист
*Бланко-Педрехон А.М.*² – ассистент
¹ООО «7Тех»
²РХТУ имени Д.И. Менделеева»

АННОТАЦИЯ. В статье представлен способ очистки попутно-добываемой воды до требований, отвечающих качеству воды для паровых котлов. Приведены основные стадии процесса очистки и оценена себестоимость получения очищенной воды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: попутно-добываемая вода, очистка стоков, жидкофазный катализатор, обратный осмос.

ABSTRACT. The paper presents the method of oil-produced water purifying according to steam boilers water quality requirements. The main stages of the purification process are given and technology cost is estimated.

KEYWORDS: oil-produced water, sewage treatment, liquid phase catalyst, reverse osmosis.

Развитие нефтедобывающей отрасли тесно связано с развитием технологий очистки воды и сточных вод.

При подъеме нефти одновременно с ней извлекается колоссальный объем попутной добываемой воды (ПДВ). Как правило, в зависимости от срока эксплуатации нефтяной скважины соотношение между водой и нефтью изменяется от 1:9 (для новых скважин) до 9:1 (для скважин с долгим сроком эксплуатации).

В зависимости от месторождения и способа добычи нефти химический состав ПДВ различается. Рассмотрим его на примере типичного состава ПДВ с Ашальчинского месторождения (табл. 1).

Таблица 1

Типичный состав ПДВ

Наименование параметра	Величина параметра на Ашальчинском месторождении
1	2
рН	7–8
Минерализация, г/дм ³	3–5
НСО ₃ ⁻ , мг/дм ³	2–3
СГ, мг/дм ³	50–500
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	40–250

Окончание табл. 1

1	2
Ca ²⁺ , мг/дм ³	20–40
Mg ²⁺ , мг/дм ³	10–20
K ⁺ + Na ⁺ , мг/дм ³	800–1000
Жесткость, мг-экв/дм ³	2–4
SiO ₂ , мг/дм ³	50–80
H ₂ S, мг/дм ³	250–500
Нефтепродукты, мг/дм ³	30–150
ТВЧ, мг/дм ³	5–20

Основной способ использования ПДВ – это грубая очистка и ее закачка в пласт для поддержания давления в пласте. При рассмотрении территории добычи нетрудно заметить, что водные ресурсы на месте очень ценны. Для освоения нефтяного месторождения, помимо электроэнергии, тепловой энергии, требуется чистая вода для технологических нужд, например для производства пара.

В связи с тем что со временем на месторождении возрастает количество добываемых ПДВ, будет рациональным изначально проектировать систему очистки ПДВ с возможностью использования вод для обеспечения технологических нужд. Система очистки ПДВ, исходя из концепции ресурсосбережения, должна позволять получать воду качества удовлетворяющая требованиям воды для закачки в пласт и воды для производства пара. Данные требования указаны в табл. 2.

Таблица 2

Требования к качеству очистке воды

Наименование параметра	Вода для заводнения пластов ОСТ 39-225-88	Вода для производства пара ГОСТ 20995-75 / ГОСТ Р55682.12-2013
рН	–	8,5–10,5
Минерализация, мг/дм ³	–	15
НСО ₃ ⁻ , мг-экв/дм ³	–	0,1–1,0
Жесткость, мг-экв/дм ³	–	0,005
SiO ₂ , мг/дм ³	–	0,02
H ₂ S, мг/дм ³	отсутствует	отсутствует
Нефтепродукты, мг/дм ³	5	0,5
ТВЧ, мг/дм ³	3	–

Нашими специалистами совместно с ГК «7 Технологий» разработана и апробирована на пилотных испытаниях технология получения воды для производства пара из ПДВ, содержащей нефте- и серопродукты. Испытания проводились на ПДВ Ашальчинского месторождения, данная технология запатентована [1].

Технология очистки воды включает следующие основные этапы:

– узел очистки от сероводорода (жидкофазное каталитическое окисление до коллоидной серы);

- узел отделения взвешенных веществ и коллоидной серы с последующим обезвоживанием осадков до кека с влажностью 60–80 %;
- узел обессоливания на установках обратного осмоса;
- узел рекуперативного теплообмена для предотвращения потерь тепловой энергии;
- узел сорбционной доочистки от растворенных нефтепродуктов.

В результате очистки по представленной технологии образуются только отходы в виде кека, который может быть использован для производства других вторичных продуктов (сероасфальта) или утилизирован. Упрощенный материальный баланс описанной схемы представлен на рис. 1.

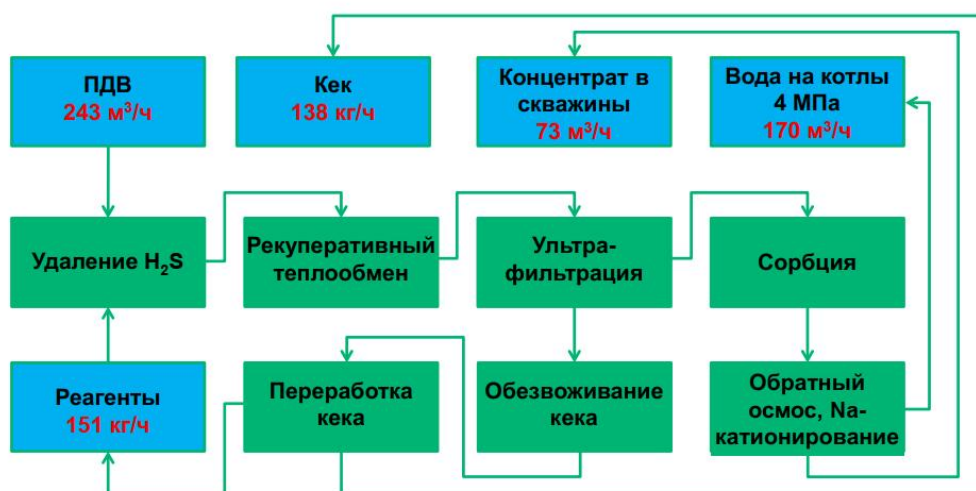


Рис. 1. Схема очистки ПДВ

Технико-экономический анализ по результатам пилотных испытаний представлен на рис. 2 (приведен к 1 м³ получаемой воды для производства пара).

пп	Статья затрат	Удельная стоимость, USD на 1 м ³ продукта
1	Жидкий катализатор	0,023
2	Серная кислота	0,053
3	Гипохлорит натрия	0,215
4	Ингибитор ОО	0,054
5	Реагенты СІР	0,057
6	Электроэнергия	0,195
7	Замена сорбента н/п	0,089
8	Замена мембран УФ	0,109
9	Замена мембран ОО	0,166
10	Картриджи ОО	0,043
11	Прочие неучтенные затраты	0,096
ИТОГО		1,10

Рис. 2. Затраты на получения 1 м³ воды для производства пара

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2568484 Российская Федерация: МПК C02 F 1/74, C02 F 1/74. Способ очистки воды / А.Н. Ильяшенко; заявитель и патентообладатель ООО «7Тех». № 2014140947/05; заявл. 10.10.2014; опубл. 20.11.2015. – Бюл. № 32. – 8 с.
2. Бадикова, А.Д. Жидкофазное окисление сернисто-щелочных сточных вод нефтеперерабатывающих производств / А.Д. Бадикова, А.Р. Мурзакова, Ф.Х. Кудашева, Р.Н. Гимаев. – Уфа: АН РБ, ГИЛЕМ, 2012. – 120 с.
3. Парилова, О.Ф. Очистка воды с большим содержанием сероводорода и сверхвязких нефтепродуктов с использованием мембранных методов / О.Ф. Парилова, Р.Р. Иксанов, Р.И. Макаров, С.С. Власов, А.С. Ососов, А.К. Бородастов, Някин М.А. // Экология и промышленность России. – 2015. – Т. 19. – № 6. – С. 42–46.

NEXUS AMONG THERMOECONOMIC PRODUCTIVITY AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

Roberto Vizcón Toledo¹ – mechanical engineering, PhD
Nelson Santiago López Ripoll² – mechanical engineering, MSc
Alberto Eduardo Calvo González³ – mechanical engineering, PhD
Yanán Camaraza Medina¹ – mechanical engineering, MSc, PhD
Jorge Emilio Vizcón Villarreal⁴ – mechanical engineering

¹University of Matanzas. Mechanic Department

²Power plant of Matanzas "Antonio Guiteras Holmes"

³Technical University of Havana "Cujae"

⁴EMPET Occident Division of Cuba

ABSTRACT. The trilogy energy, society and environment is base to the thermoeconomic method, the same thing occurs with the trilogy conserving energy, increasing entropy and exergy destroyed. The use growing of fossil energy origin quickly deteriorates of the planet climate, with the result that the sciences have an important work to avoid this. It's defined a new concept, the thermoeconomic productivity (P_{Te}) of a productive or service entity from knowing the energy intensity and with relative independence of the monetary cost of the energy used. The knowledge of the energy intensity, the relative cost of the energy and the total cost is not enough for an integral characterization of a process, but it is possible when evaluating the thermoeconomic productivity of the entity, its thermoeconomic cost and considering the environmental damage that receives the related ecosystem. It is included in the equation of thermoeconomic productivity ($\$ \cdot \text{GJ}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$), the terms of thermoeconomic cost (C_{Te}) and of the environmental dear (D_{Ae}) damage, referred to the quantity of exergy consumed and the thermoeconomic productivity ($\$ \cdot \text{GJ}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$) of the entity is calculated, this allows to know the relative weight between P_{Te}, C_{Te} and D_{Ae}. They are carried out calculations for different examples of entities of MINEM and of the Minister of High Education of Cuba that it demonstrates the necessity to use this type of integrated analysis.

KEYWORDS: *exergoeconomic, thermoeconomic, ecosystem, environmental damage, impact environmental, thermodynamics.*

Introduction

In a global context to rich a rational and efficient use of the energy resources in favor of being able to increase the growing necessities of the development and the humanity's subsistence, Cubadevelops national and international regulations norms as the norm ISO 50001 [1] and the Ordinance Law 345 of the Council of State of the Republic of Cuba [2] have guarantees to reach a present and sustainable future.

The University of Matanzas participates with its human potential in scientific investigations according to [3] and with PNCTI 05 "On Energy Integral and Sustainable" Development in [4] which they develop scientific tasks on the thematic one relative to the energy technologies.

All known energy forms have their origin in the Sun, each second impact on the surface of the planet $0,434 \times 10^{17}$ Joules of radiant energy, this relationship is known as the constant anthropic (energy/time) according to [5]. This presupposes a necessary relationship that should exist among the economic activity partner to any level and their complexity with the corresponding energy expenses for a period of given time.

The Characterizing quantitative and qualitative of the transformations of energy of energetic technology favors the understanding of their operation and the identification in the ways of perfecting it. This is possible when applying the laws from the thermodynamics to the system study object. The existent necessarily very extensive bibliography for the studies of the applied thermodynamics demonstrates that this problem requires of a scientific constant reflection.

A harmonic integration between the sciences of the thermodynamics and the economy gave place to the thermoeconomic [6] that [7–10] and [11] is also a science that offers its laws to carry out complete analysis of the effectiveness, efficiency, effectiveness, profitability and sustainable from the thermodynamic systems to a given ecosystem.

The use of concept about thermodynamic, economic and environmental are related with the economy, efficiency, rationality and sustainable of the energy seen systems in an integrated way allow the best [11] identification or characterization of the processes that take place [12–14] and [15]. This work contributes to the order and systematic [5] of the thermoeconomic like scientific theory.

The study of the operation of a productive or services system it's necessarily goes to know the different processes that take place, these they are of dissimilar nature but in them, any are, it always contain the relatives to the use and transformation in different energy ways.

Taking of the postulates of the thermoeconomic [9] and [15] according to [10], the current development of the companies faces multiple restrictions in the financial, environmental, energy order, material and economic, to what unites the big demands

of the consumers and the environment. This reality demands in the management an internal bigger integration, as well as in the supply chain in that the company acts.

It is the energy [9] intensity a magnitude that expresses the quantity of used energy (Bce) and expressed as equivalent fuel to produce a quantity of values of mercantile production (PM) in the process study object. It is also considered that the energy efficiency (Ee), calculated starting from the energy intensity, allows to value the relationship cost-benefit of the process of transformation of the energy and to calculate the potentiality of consuming less combustible or to increase the values of the mercantile production starting from a reduction of the energy intensity initially calculated.

The not managerial entities don't calculate the energy intensity when lacking mercantile production. It intends to expand the concept from IE to the not managerial entities substituting the value of the (PM) for the executed budget (P).

With regard to the financial expenses, the relationship among the financial expenses for use of the energy regarding the total expenses of the entity is a control magnitude object in the managerial activity and of services. If to the described magnitudes it is incorporated the financial expense estimated by the environmental damages provoked by the use of energy payees of fossil origin, one could obtain a new magnitude that characterizes the process that takes place integrally.

It intends a new indicator which denominated thermoeconomic productivity (P_{Te}) whose definition and examples constitute the objective of this work and it will be able to be considered by the light of the norm ISO 50001 as an index of energy acting to consider.

Materials and Methods

The development line that implements this work is related with the necessity to continue interrelating the economic, energy and environmental indicators and its influence inside the sustainability of the ecosystems that assimilate these processes.

They are many works in this theme that carried out by the science [7], [11–13], [16], [17] and [18] but it is necessary to continue defining indicators that make a bigger conscience for the managerial activity and services.

All entity of managerial type or services it requires of a group of indicators that characterize a good operation [15–17] and [19], among all they, will be mention the following ones.

- To company:
 - Mercantileproduction (\$·a⁻¹)
 - Total expenses (\$·a⁻¹)
 - Profitability (%)
 - Expenses energy (\$·a⁻¹)
 - Total consumption of equivalent fuel (Bce) (kg·a⁻¹)
 - Energy intensity (kg·\$⁻¹)
 - Energy efficiency (%)
 - Total consumption of equivalent fuel (GJ·a⁻¹)
 - Thermoeconomiccost (\$·GJ⁻¹·a⁻¹)

- It intends to include: Economic estimate of environmental damages for use of equivalent fuel (\$GJ-1.a-1)
- It intends to include: Thermoeconomic productivity (\$GJ⁻¹.a⁻¹)
- It intends to include: Thermoeconomic efficiency (%)
- For not managerial Entity:
 - Presupposed or budget (instead of mercantile production) (\$a⁻¹)
 - Similar indicators described for the company, but excluding the Profitability.

Of the before indicators, It will be to study the following ones: Mercantile production (PM), Presupposed, Total consumption of equivalent fuel (Bce), Energy intensity (IE), Energy efficiency (Ee), Thermoeconomic cost (Cex), Economic estimate of environmental damages for use of equivalent fuel (DAe), Thermoeconomic productivity (PTE) and the Thermoeconomic efficiency ($Efic_{TE}$).

The exergoeconomic or thermoeconomic cost (CTe) determines and characterizes the costs of the useful exergy taken place in a system of transformation of the energy and is part of the general cost for any system of production and services.

The mercantile production should be characterized by the quantity and energy type spent during its production process or services, this relationship depends on the energy intensity but this last one doesn't keep in mind the environmental deterioration that provokes using the energy of fossil fuel.

The thermoeconomic Productivity, contrary to the Mercantile Production, considers the quantity of energy used in benefit of obtaining the economic values of the work activity and it has in consideration the economic cost of the environmental damages caused by the use of the fossil energy (DAe). With the result that PTE is the production of economic values less the monetary expenses for environmental caused damage, being referred to the energy expense.

It proposes methods to calculate the Thermoeconomic Productivity (PTE) as they are the types of type entities.

The statistical Cuban pattern No. 5073-09 of ONEI of Cuba, it relates some of the described variables, these are: energy intensity (IE), mercantile production (PM), energy efficiency (Ee), activity (use of capacity) level, energy payees' types and their consumptions, and the consumption of fuel (Bce). These are:

Energy intensity (IE).

$$IE = \frac{Bce}{PM} \quad (1)$$

$$Bce = Bopnn + Bsave. \quad (2)$$

$$PM = BMopt - PMbet. \quad (3)$$

The PM and Bce terms it refers to the good values mean the values maximum for PM and minimum for Bce.

The Bsave term refers to the potential saving of fuel spent by bad operation, its wanted value is zero.

The PMbet term refers to the decrease of the mercantile production for bad operation its wanted value it is zero.

Energy efficiency (Ee).

This indicator is used alone in the models of control of energy expenses and mercantile production that it express at the statistical Cuban pattern 5073, its intention is to express the mercantile production regarding the quantity of fossil fuel consumed, considering that a value of 100 (%) expressed that a "good use of the fuel exists for the productive" process, but it is an insufficient characterization.

$$Ee = (1 - IE) \cdot 100: \text{ For } IE < 1. \quad (4)$$

$$Ee = \frac{1}{IE} \cdot 100: \text{ For } IE > 1. \quad (5)$$

In case of IE=1, the new valor of the Ee to improve the IE will be realize with the IE case it corresponds.

Mercantile production (P).

$$PM = Cost + Gain. \quad (6)$$

In the calculations of the value of the production it doesn't usually use the mount total of such externalities as the financial expense that it cause the environmental damages for the use of fossil fuel and according to the scientific references [18], [11], [10], [14] at this respect, it is about a magnitude of economic and environmental great incidence.

Profitability (R).

$$profitability = \frac{Gain}{PM}. \quad (7)$$

The expense or total consumption of equivalent fuel (Bce):

$$Bce = \sum_{i=1}^n kpeq_i \cdot bp_i. \quad (8)$$

To calculate the thermoeconomic productivity it should be had in consideration if it is about a production company and services or not managerial entity, see you next both organization types.

A production company and services case.

Thermoeconomic productivity PTe.

$$Pte = \frac{1}{\left(Bce \cdot \frac{0,042}{PM} \right)} \cdot DAe \quad (9)$$

or

$$Pte = \frac{1}{(IE \cdot 0,042)} \cdot DAe \quad (10)$$

A relationship or new very important indicative it can define from knowing the values of PTe and of corresponding CTe, the Thermo-economic efficiency $Efic_{TE}$, it obtained from:

$$Efic_{TE} = \frac{Pte}{(Pte + CTe)}. \quad (11)$$

A high value of $Efic_{TE}$ indicate the existence of a productive process or of services that it uses the necessary energy rationally for their operation. This indicator will be study object in next works to be published.

The percentage (% DAe) value regarding the GDP to calculate DAe is taken of the references [5], [11] and [19] on environmental estimated damage for Cuba for the use of fossil fuels. It can take for the (% DAe) like enter (0,8–1,1) %, or until more values as it is the case from the provoked affectations to the environment for the process in question.

It is known that also exist different approaches that allow calculating the value of DAe, the following ones they were selected from:

1. Environmental damage for energy use; Veziroglu, T.N; 1998 [11];
2. The external costs in the energy global models of optimization. A tool for the sustainability; Cuesta, Cabal Helena; 2007 [17];
3. Diagnose Thermodynamic of energy system; Vizcón y López [23];
4. Estimate of the environmental impact for use of petroleum and their derived; Camaraza [22] y Söshret [24];
5. The Distribution of Environmental Damages; Solomon, Hsiang et.al; 2019 [24].

Of the previous relationships it is appreciated that the managerial activity should even keep in mind that environmental damages are provoked to the ecosystem, being able to end up causing so much damage than the economic benefit, that is to say $Pte \leq 0$, and in such cases it won't be justified the existence of productive this processes.

Not managerial entity case.

Starting from the previously described equations, as it intends in this work, for these alone cases it is required:

- to substitute the values of mercantile production for the corresponding of budget;

– for the conditions of improvement of the energy efficiency due to the corresponding decrease of the energy intensity for decrease of consumptions of fuel, or for increases of execution of the budget, given by increment of the activity level, the same equations can be used.

In the chart 1, for any entity type or institution, the described indicators will allow to carry out a thermoeconomic valuation and of sustainability of the ecosystems in which are carried out energy transformations from fossil fuels. To global scale the values averages of the energy intensity of a group of countries according to [25], [26] and [27], to rich the value of $IE = 0,2484 \text{ kg} \cdot \$^{-1}$ to 2018 year and the thermoeconomic productivity without consider de environment damage will be $P_{Te} = 147,15 \text{ } \$ \cdot \text{GJ}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$, It will see to the chart 1.

Chart 1

Energy and economic indicators at global scale. Year 2018

Countries	Total consumption of equivalent fuel (Bce)	Internal gross product (PIB)	Energy intensity (IE)	Thermoeconomic productivity P_{Te} (PIB/Bce, without DAe)
Name/measure unit	[10^6 t]	[10^6 usd]	[$\text{kg} \cdot \text{usd}^{-1}$]	[$\text{usd} \cdot \text{GJ}^{-1}$]
China	3273,5	11 530 456	0,2839	83,8658
EEUU	2300,6	19 139 884	0,1202	198,0838
India	809,2	2 354 689	0,3437	69,2833
Rusia	720,7	1 402 938	0,5137	46,3484
Japón	454,1	4 195 748	0,1082	219,9929
Canadá	344,4	1 550 895	0,2221	107,2186
Alemania	323,9	3 435 990	0,0943	252,5758
Corea del Sur	301,0	1 457 579	0,2065	115,2966
Brasil	297,6	1 584 004	0,1879	126,7284
México	286,9	1 034 622	0,2773	85,8622
Irán	285,7	377 735	0,7564	31,4795
Arabia Saudita	259,2	665 980	0,3892	61,1754
Francia	242,6	2 418 997	0,1003	237,4079
Cuba	10,2	84 693	0,1204	197,6961
España	74,8	1 244 757	0,0601	396,2175
Total	9984,4	52 478 967	0,1903	125,1451
Average value	–	–	0,2484	147,1500

Information: obtained and processed starting from [21–23].

The previous behavior, done to national scale for Cuban institutions in different cases of entities with organization of managerial or budgotten type is appreciated in the charts 2 and 3.

For the case of Cuba, the historically registered values of the energy intensity according to [26] was at $IE = (0,10–0,30) \text{ kg} \cdot \$^{-1}$ and the corresponding values of energy efficiency are of $E_e = (90–70) \%$.

Information about economical and energy activity for Cuban entities

Entities	Total consumption of equivalent fuel (Bce)	Internal gross product (PIB)	Energy intensity (IE)	Thermoeconomic productivity PTe (PIB/Bce, without DAe)
Name/measure unit	(toe)	(103.cup)	(kg.cup ⁻¹)	(cup.GJ ⁻¹)
Electricity power stations "Antonio Guiteras Holmes" / 2019	600000,000	257500,0	2,3300	10,22
Matanzas University (sep-dic) / 2019	133,196	10667,0 (budget)	0,0125	1906,78
UEB CUBIZA of Matanzas (jan-dec) / 2019	173,760	1803,1	0,0960	247,10
EMPET Occident Division (jan-may) / 2020	94,214	5396,4	0,0175	1363,77

Information: obtained and processed starting from [29],[30],[33] and [34].

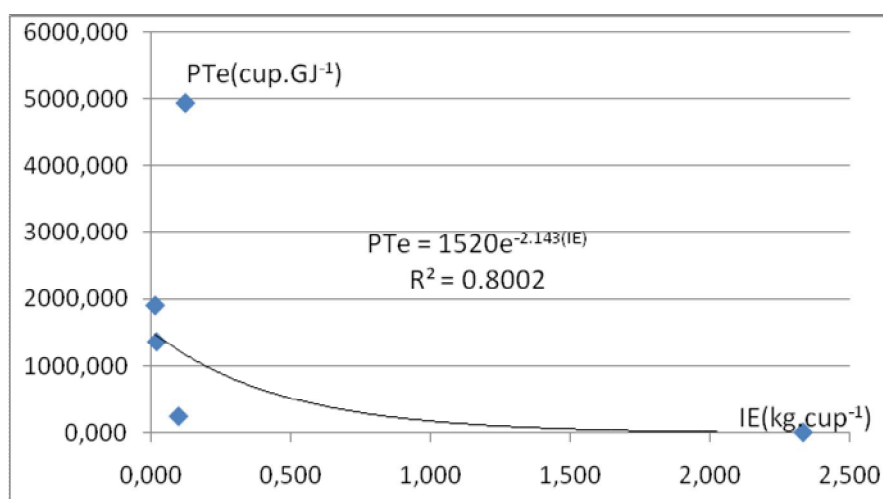


Figure 1. Tendency of the Thermoeconomic productivity in Cuba for different productive sectors

In Cuba, for the electricity power stations [32] the energy intensity (IE) is at range of 2 up to 3. In the factories cement producers [35] the energy intensity is around $IE=(0,4-1,2) \text{ kg.\$}^{-1}$ because the 50 % of production cost is due to expensive energy in processes. For university with not managerial organization the value of thermoeconomic productivity is high because his process occurs with human not tangible capital and for the reduced energy expense.

When considering the value of the thermoeconomic productivity calculated and their relationship with the energy intensity a significant influence it is appreciated, it can see in the figure 1.

In Cuba exist 23 specific organisms of the central administration of the state (Oaces), next indicators are described of some of them in the chart 3.

Chart 3

Information about the economic and energetic activity of specific organisms in Cuba 2017

Specific organism	Total consumption of equivalent fuel (Bce)	Internal gross product (PIB)	Energy intensity (IE)	Thermoeconomic productivity PTe (PIB/Bce, without DAe)
Name/measure unit	(10 ³ .toe)	(10 ⁶ .cup)	(kg. cup ⁻¹)	(cup.GJ ⁻¹)
Agriculture	141,13	3559,00	0,04	5829,42
Sugar bowl	184,06	793,00	0,23	995,90
Energy and Mines	4013,44	500,00	8,03	28,80
Industry	789,61	12282,00	0,06	3595,60
Construction	168,26	8530,00	0,02	11718,55
Transport	360,35	8819,00	0,04	5657,23
Inter Trade	171,42	19486,00	0,01	26277,48

Information: obtained and processed starting from [6], [12] [13] and [25]

When considering the value of the Thermoeconomic productivity calculated and their relationship with the energy intensity a functional interrelation it is expected, what one can see in the figure 2.

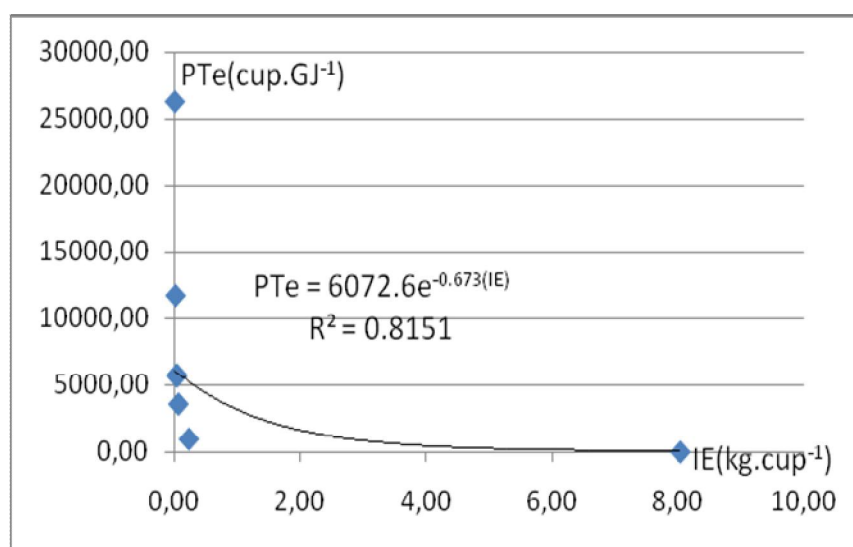


Figure 2. Tendency of the Thermoeconomic Productivity in Cuba for the specific organisms mentioned

Conclusions

A high value of the thermoeconomic productivity, more than the value average calculated in the chart 1 same $PTe = 147,15 \text{ usd.GJ}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ indicates that the level of

development of the process of production and services are consequent with the protection of the environment like with the use of the productive forces, being the tendency to continue. In the chart 1 are appreciated that Cuba overcomes the value average of thermoeconomic productivity calculated for the indexed countries.

In the chart 2, according to the study carried out, in each production and services sector, characteristic values of the Thermoeconomic productivity P_{Te} below than average value calculated for Cuba according to the chart 1, these values should be compared with the specific ones for the best acting in the sector, whose value averages are given in the chart 3.

In the cases of use of renewable sources of energy and energy technologies of maximum potential, high values of the Thermoeconomic productivity can be expected.

In the figures 1 and 2 is observed that when being increased the values of the energy intensity, due to the high expensive energy, decreases the Thermoeconomic productivity and consequently will be bigger the financial expenses to attenuate the environmental damages provoked by the use of fossil fuels.

Acknowledgment

It is appreciated the participation of experts that offered information of their respective institutions, as well as the professional work of students and professors of mechanical engineering of the University of Matanzas.

REFERENCES

1. Oficina Nacional de Normalización (ONC), "Sistemas de Gestión de la Energía," Comité Técnico de Normalización NC/CTN 107. (ISO 50001:2011, IDT), La Habana, 2011.
2. Consejo de Estado de la República de Cuba, "Decreto Ley 345 "Del desarrollo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía", " Gaceta Oficial de la República de Cuba, Habana, 2019.
3. Consejo de Estado de Cuba, "Programa nacional de desarrollo económico y social de Cuba hasta el año 2030," Habana, Cuba, 2016.
4. M. J. Á. González, "PNCTI 05 Desarrollo energético Integral y Sostenible hasta el 2025," Centro de Gestión de Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGIA), (AENTA) del CITMA., La Habana, 2020.
5. A. Valero, "Termoeconomía: El punto de encuentro de la Termodinámica, la Economía y la Ecología," CIRCE. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España, 1997.
6. C. Torres y A. Valero, Curso de Doctorado Termoeconomía, Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza, 2000.
7. T. G. M. M. Bejan A, Thermal design and optimization. New York, USA, 1996.
8. T. B. e. Moran, Handbook of Thermal Engineering, USA: CRC Press. 2da. Edic., 2018.
9. C. Torres, A. Valero, L. Serra y et.al, "Structural Theory and Thermoeconomic Diagnosis. Part I: On Malfunction and Disfunction Analysis," de Proceeding of ECOS'99 Japan, 1999.
10. Y. A. y. B. M. A. Cengel, Termodinámica, octava edición ed., México: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2014, p. 1041.
11. R. F. & G. A. Agüero J, "Energy management based on productiveness concept," Renewable and sustainable energy reviews, 2018.

12. R. Campos J.C & Gómez, "La eficiencia energética en la gestión empresarial," Cienfuegos. Cuba, 2015.
13. B. B. A, "Administración de Energía: Auditorías Energéticas y Cogeneración.," Cienfuegos, 1997.
14. ADEME, "Energy Efficiency Indicators: The European Experience.," 2016.
15. S. J. A. e. Acevedo, "Modelo de Valor de los Procesos," *Gestión Empresarial*, vol. 7, n° 2, pp. 23–30, 2011.
16. A. E. Bravo, "Metodología para valorar la sostenibilidad de la gestión de residuos agrícolas con fines energéticos," Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, 2019.
17. F. Barbir, "Environmental Damage Due to Fossil Fuel Use, ", vol. 15, n° # 10, pág. 739–749, 1990.
18. H. C. Cuesta, "Tesis doctoral: Los costes externos en los modelos energéticos globales de optimización. Una herramienta para la sostenibilidad.," Universidad Rey Juan Carlos, España, 2007.
19. G. V. Ocaña, *Procedimiento para la valoración de la sostenibilidad energético*, Santa Clara, Cuba: Universidad Central de Villaclara "Marta Abreu", 2006.
20. C. U. a. H.-Y. Kwak, "Role of Waste Cost in Thermo-economic Analysis," 2020.
21. T. Veziroglu, "Environmental damage for energy use," *Proceedings of the 12th WHEC, International Association for Hydrogen Energy*, Coral Gables, FL, 1998.
22. R. S. TOL, "Estimates of the Damage Costs of Climate Change," vol. *Environmental and Resource Economics* 21: 135–160, 2002.
23. Y. Camaraza Medina, "Tesis predefensa doctoral: Métodos para la determinación de los coeficientes de transferencia de calor en aerocondensadores que operan en centrales eléctricas de biomasa," UCLV, Villaclara, Cuba, 2019.
24. V. R. y. L. N, "Diagnóstico Termodinámico de Sistemas energéticos," Universidad de Matanzas, 20 diciembre 2020. [En línea]. Available: <http://monografias.umcc.cu/monos/2020/FCTec/mo20282.pdf>. [Último acceso: 25 enero 2021].
25. S. H. Z. Söshret Y, "Sustainability Assessment and improvement performance of a air-cooled condenser in power plant: Exergy-Based Method, in Energy solution to combat global warming," vol. pp. 1451, 2017.
26. P. O. a. R. W. Solomon Hsiang, "The Distribution of Environmental Damages," *Rewiev of environment*, 66, 2019. [Online]. Available: www.academic.oup.com. [Accessed 26 marzo 2020].
27. ORBYT Ediciones, "Expansión/Datosmacro.com," ORBYT, 2019. [En línea]. [Último acceso: 20 abril 2020].
28. Oficina nacional de estadísticas de Cuba, "anuario estadístico cubano," 31.12.2016. [En línea]. Available: www.one.cu. [Último acceso: 15 marzo 2018].
29. Oficina nacional de estadísticas ONEI, «<http://www.one.cu>,» ONEI, 2018. [En línea]. [Último acceso: 2019].
30. B. Sevilla, "Países con mayor consumo de energía primaria," 24 junio 2019. [En línea]. [Último acceso: 30 abril 2020].
31. R. Naranjo Mederos, "Determinación y evaluación de costos termoeconómicos y medioambientales en el sistema de aire y gases del generador de vapor de la Central Termoeléctrica Antonio Guiteras," Tesis de maestría en Tecnología Energética de la Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba, 2018.
32. Á. R. Rodríguez, "Tesis de Maestría en Tecnología Energética: Diseño e implementación del sistema de monitoreo de la condición termodinámica de la instalación de turbina en la Central Termoeléctrica Antonio Guiteras," Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba, 2020.

33. M. G. Sánchez, "Análisis de los indicadores de desempeño energético según la norma iso 50001. Trabajo de diploma.," Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba, 2019.

34. L. G. Yiro Hernández, "Análisis exergético y evaluación Termoeconómica del sistema de generación de vapor de la Central Termoeléctrica Antonio Guiteras," Tesis de Maestría en Tecnología Energética de la Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba, 2018.

35.A. Sagastume G., "Tesis doctoral: Optimización de la calcinación de calizas en hornos de cuba vertical normal," Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba, 2013.

Nomenclature

B_{ce} – real value of consumption of equivalent fuel for annual operation, $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$;

PM – real value of mercantile production for annual operation, $\text{\$}\cdot\text{a}^{-1}$;

B_{opt} – real value of expensive fuel by optimal functionality, $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$;

PM_{opt} – real value of mercantile production by optimal functionality, $\text{\$}\cdot\text{a}^{-1}$;

B_{save} – Potential saving energy by better functionality, $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$;

PM_{bet} – Potential increases of PM by better functionality, $\text{\$}\cdot\text{a}^{-1}$;

IE – Energy intensity, $\text{kg}\cdot\text{\$}^{-1}$;

k_{peq} – Coefficient of unit conversion to the equivalent fuel, dimensionless;

bp – cantidad de portador energético utilizado en un período de tiempo dado, $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}$;

DAe – Estimated environment damage for Cuba by use of fossil fuel, $\text{\$}\cdot\text{GJ}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$;

PTe – Thermoeconomic productivity, $\text{\$}\cdot\text{GJ}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$;

$Efic_{TE}$ – Thermoeconomic efficiency, %.

Subscript

i – each one of energy type used.

СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС»

АНАЛИЗ НЕОБХОДИМОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ РЕМОНТНОЙ ПРОГРАММЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Хропост Д.А. – магистрант
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В данной статье проведен анализ состояния эксплуатационной надежности электрооборудования электростанций и подстанций. Выявлена взаимосвязь технического состояния электрооборудования и его эксплуатационной надежности. Определены основные принципы системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования электростанций и подстанций по техническому состоянию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ремонт, техническое состояние, электрооборудование.

ABSTRACT. The article presents an analysis of the state of operational reliability of electrical equipment of power plants and substations. The relationship between the technical condition of electrical equipment and indicators of its operational reliability is revealed. The basic principles of the system of maintenance and repair of electrical equipment of power plants and substations based on the technical condition are formulated.

KEYWORDS: repair, technical condition, electrical equipment.

Один из важнейших секторов экономики – энергетика. Грамотная и эффективная работа, качественное энергоснабжение потребителей – основа развития экономики страны. Энергетический сектор России остается одним из крупнейших в мире. На долю РФ приходится около 10 % всемирного производства электроэнергии.

Главной задачей энергетики является снижение потерь энергии на всех этапах ее производства. Основным критерием процветания организации является ее способность работать непрерывно и поддерживать относительно стабильный и высокопроизводительный производственный поток. Надлежащее техническое обслуживание производственной системы является основным фактором устойчивой и удовлетворительной производительности. Эффективная стратегия технического обслуживания не только снижает вероятность выхода из строя элементов машин или останова машин, что нарушает производственный график, но также служит стратегией повышения эффективности и срока службы машин, качества процессов и производительности труда.

Энергетическое оборудование обладает высокой эффективностью и надежностью, но в процессе эксплуатации может возникнуть риск отказа оборудования вследствие различных факторов.

Оборудование, как и любой другой объект, часто сталкивается с износом независимо от его использования. Воздействие на оборудование различных условий окружающей среды (коррозия, электрический заряд, магнитное поле, усталость и т. д.) со временем приводит к дорогостоящим последствиям, следовательно, потребность в сознательных усилиях по сохранению и восстановлению его в исходное состояние крайне необходима. Причины, способствующие возникновению отказов энергетического оборудования, представлены в табл.

Причины отказов энергетического оборудования

Причины	Доля, %
Влажность	23,1
Пыль	9,8
Температура внешняя	9,0
Температура от перегрузок	11,2
Неисправность защитных реле	7,2
Вода	3,6
Дым	3,4
Вибрация	14,9
Другие	17,8

Важным фактором, на который стоит обратить внимание при контроле технического состояния оборудования, является статистика неисправностей. По данным «Центрэнерго», приводится следующее количество отказов оборудования за год:

- линии электропередачи – 355 отказов в год;
- аппараты главной схемы – 283 отказа в год;
- турбогенераторы и трансформаторы силовые – 85 отказов в год;
- трансформаторы измерительные – 26 отказов в год;
- защитные устройства – 70 отказов в год;
- электрооборудование собственных нужд и КРУ – 47 отказов в год.

Техническое состояние энергетического оборудования высокого напряжения отличается высоким количеством отказов. Причины отказов:

- физический износ энергооборудования, находящегося в работе более двадцати пяти лет [4];
- некачественный ремонт оборудования. Подрядный метод производства ремонта широко не используется, что более эффективно, чем проведение ремонта экономичным способом [2];
- проведение профилактических мероприятий не по графику. Из-за недостатка финансов у предприятий графики ремонтов часто переносятся на более поздний период или вовсе отменяются [3];

– несоответствие уровня подготовки персонала и их ошибки. В целом процент технологических нарушений по вине персонала к количеству нарушений составляет 2 %. Однако для некоторых энергоустановок эта сумма составляет 18 % [4];

- нарушение электрической прочности изоляции;
- грозовые и коммутационные перенапряжения;
- механическое разрушение и усталость материалов;
- электрохимические и коррозионные повреждения;
- электродуговые и термические повреждения;
- слабое развитие диагностики оборудования;
- неудовлетворительная организация эксплуатации и обслуживания.

Исследования показали, что на практике существует большое количество стратегий для решения проблем управления техническим обслуживанием, однако ни одна стратегия не способна решить все проблемы технического обслуживания. Три типа технического обслуживания были классифицированы как критически важные стратегии, которые можно адаптировать к различным случаям поломки оборудования, а также способные минимизировать затраты на техническое обслуживание. Это корректирующее обслуживание, профилактическое обслуживание и техническое обслуживание по состоянию. Другие известные стратегии обычно подразделяются на плановое и внеплановое техническое обслуживание. Соответствующие стратегии технического обслуживания – это характеристики системных действий и сложности объекта, которые оптимизируют общую производительность предприятия.

В системе ремонтов электрооборудования по техническому состоянию вопрос отнесения сроков профилактических работ к конкретным единицам оборудования будет определяться не графиком планово-предупредительных работ (далее ППР), а их фактическим состоянием. При этом диагностика будет проводиться согласно графику.

Тот факт, что ни одно оборудование не может работать со 100%-ной эффективностью, предполагает, что без надлежащей адекватной стратегии обслуживания срок службы оборудования на месте может быть недолгим.

Таким образом, проблема технического обслуживания не ограничивается конкретными операциями по ремонту и замене, но также связана с системами управленческой поддержки на локальном и глобальном уровнях. Существующий опыт предприятия требует использования соответствующей стратегии обслуживания производственных объектов и систем. С возрастающей сложностью и прогрессом в технологии также происходит управление и контроль над промышленными предприятиями, машинами и оборудованием. Важно отметить роль функции технического обслуживания в повышении доступности, эффективности работы, своевременности поставок, требований безопасности и общей производительности предприятия.

Таким образом, техническое обслуживание представляет собой систему, требующую инвестиций, и такую, которая при надлежащем внедрении обеспечивает надежное и безопасное оборудование. Эффективное использование установленных производственных мощностей является важным фактором содействия промышленному росту.

Существующая нормативная база достаточно для перевода части электрооборудования электростанций и подстанций от системы ППР в систему технического обслуживания и ремонта по фактическому техническому состоянию. Проведенный, по данным ОАО «ФСК ЕЭС», анализ нормативно-технической документации (НТД), методов и технических средств диагностирования позволил сформировать рекомендации по переходу системы ремонта электрооборудования по техническому состоянию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. RU 2 730 385 C1: МПК G01M 13/04 (2020.02). Способ диагностики технического состояния энергетического оборудования / В.С. Потапенко (RU), Д. В. Федоров (RU), А.А. Артемьев (RU), И.А. Морозов (RU), В.О. Мисников (RU); опубл.: 21.08.2020.
2. РДПр 34-38-030-92. Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей.
3. Приказ Министерства энергетики РФ от 25 октября 2017 г. № 1013 «Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок «Правила организации технического обслуживания и ремонта объектов электроэнергетики».
4. Министерство энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс] / Свидетельство о регистрации СМИ № ФС77-76312 от 02 августа 2019 года. URL: <https://minenergo.gov.ru/>.
5. Пат. RU 2 623 834 C1: МПК G01R 27/26 (2006.01). Способ определения электромагнитных параметров асинхронных электродвигателей / Е. М. Кузнецов (RU), А. Ю. Ковалев (RU), В. В. Аникин (RU); опубл.: 29.06.2017.
6. Пат. RU 2 476 895 C2: МПК G01R 31/00 (2006.01). Способ контроля технического состояния электроэнергетического оборудования / В.В. Клоков (RU), В.Л. Лосев (RU), Н.В. Силин (RU), Д.Г. Шевердин (RU), Д.В. Цепенников (RU); опубл.: 27.02.2013.
7. Коршунова, Л.А., Кузьмина, Н.Г. Экономика предприятия и отрасли (в электроэнергетике): учеб. пособие / Л.А. Коршунова, Н.Г. Кузьмина. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010.
8. Акимова, Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования / Н.А. Акимова. – М.: Академия, 2014. – 304 с.

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ФАЗОПОВОРОТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ВОЛЖСКОЙ ГЭС

*Николаева С.И.*¹ – канд. техн. наук, доцент

*Арванитаки Н.В.*² – руководитель ВУЦ

*Некшин Б.Б.*² – зам. руководителя ВУЦ

¹ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ»

²Филиал ПАО «РусГидро» – «КорУнГ»

АННОТАЦИЯ. Представлены решения по комплексу релейной защиты и автоматики фазоворотного трансформатора, установленного на ОРУ 220 кВ Волжской ГЭС, даны общие рекомендации по резервированию комплектов защит.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Волжская ГЭС, схема выдачи мощности, фазоворотный трансформатор (ФПТ), релейная защита и автоматика (РЗА), микропроцессорные устройства РЗА.

ABSTRACT. Solutions for the complex of relay protection and automation of the phase-reversal transformer installed on the 220 kV ORU of the Volga hydroelectric power station are presented, general recommendations for reserving protection systems are given.

KEYWORDS: Volzhskaya HPP, power output circuit, phase-reversal transformer (FPT), relay protection and automation (RPA), microprocessor devices RPA.

В настоящее время проводится реконструкция Волжской ГЭС, связанная, прежде всего, с заменой гидрогенераторов гидростанции. В результате реконструкции увеличивается установленная мощность Волжской ГЭС. В перспективе установленная мощность Волжской ГЭС должна составить 2750 МВт, что на 240 МВт выше проектной. Встает вопрос о возможности выдачи всей мощности Волжской ГЭС после завершения работ по реконструкции и гидроагрегатов.

Станция выдает мощность в сеть по двум ВЛ 500 кВ и пяти ВЛ 220 кВ:

- ВЛ 500 кВ Волжская ГЭС – Фроловская;
- ВЛ 500 кВ Волжская ГЭС – Волга;
- ВЛ 220 кВ Волжская ГЭС – Алюминиевая № 1;
- ВЛ 220 кВ Волжская ГЭС – Алюминиевая № 2;
- ВЛ 220 кВ Волжская ГЭС – Алюминиевая № 3;
- ВЛ 220 кВ Волжская ГЭС – Волжская № 1;
- ВЛ 220 кВ Волжская ГЭС – Волжская № 2.

Для выбора схемы выдачи мощности Волжской ГЭС после завершения реконструкции на этапе разработки проектной документации были рассмотрены технико-экономические показатели для трех вариантов.

1-й вариант. Строительство и мероприятия по увеличению пропускной способности прилегающей электрической сети 220 кВ.

2-й вариант. Замена старого автотрансформатора АТ-10Т на новый типа АОТДЦН-267000/500/220-У1 увеличенной мощности 801(3×267) МВ·А и с установкой фазоповоротного трансформатора (ФПТ) типа ТДЦТНФ-195260/220-УХЛ1 для изменения угла между векторами линейных напряжений сети 220 кВ и сети 500 кВ на Волжской ГЭС.

3-й вариант. Замена старого АТ-10Т на два АТ 500/220 кВ мощностью 801(3×267) МВА каждый на Волжской ГЭС.

Первый вариант обеспечивает выдачу всей установленной мощности Волжской ГЭС в нормальной схеме как в периоды зимних максимальных нагрузок, так и летних максимальных нагрузок после выполнения мероприятий по усилению прилегающей электрической сети 220 кВ, связанной со строительством новых линий электропередачи. Реализация первого варианта требует финансирования в размере 0,928 млрд руб. (с учетом НДС, в ценах на уровне 2016 г.), что более чем в 1,5 раза больше, чем в случае реализации второго варианта. Объем капитальных вложений оценен без учета затрат: на реконструкцию РУ 220 кВ ПС 220 кВ Алюминиевая (замена на полуторную схему, замена ошинок линий на ПС 220 кВ Гумрак и иных затрат сетевой компании), которые предусматривались «Схемой и программой развития ЕЭС России на 2013–2019 гг.» сроками исполнения в 2015–2016 гг. [1]. Также не учтено снижение потребления Волгоградского алюминиевого завода.

Второй вариант не отвечает требованию по обеспечению выдачи всей установленной мощности Волжской ГЭС в прилегающую электрическую сеть при нормальной схеме (с учетом нормативных возмущений). Однако ограничения на выдачу мощности станции определяются для нормальной схемы аварийно-допустимой токовой нагрузки ВЛ 220 кВ Алюминиевая – Гумрак в послеаварийном режиме после отключения ВЛ 500 кВ Волжская ГЭС – Волга. Загрузка по току других элементов электрической сети во всех рассматриваемых послеаварийных режимах в нормальной схеме не превышает аварийно-допустимых токовых нагрузок. Реализация второго варианта требует финансирования в размере 0,522 млрд руб. (с учетом НДС, в ценах на уровне 4-го квартала 2016 г.).

Третий вариант не отвечает требованию по обеспечению выдачи всей располагаемой мощности Волжской ГЭС в прилегающую электрическую сеть при нормальной схеме (с учетом нормативных возмущений). В послеаварийных режимах в нормальной схеме для третьего варианта схемы выдачи мощности выявлены перегрузки значительного количества элементов электрической сети 110 кВ и выше, прилегающей к Волжской ГЭС.

Реализация третьего варианта требует финансирования в размере 1,155 млрд руб. (с учетом НДС, в ценах на уровне 4-го квартала 2016 г.), что более чем в два раза превышает реализацию второго варианта.

В качестве рекомендуемого выбран вариант № 2 (с одним АТ 500/220 кВ с ФПТ), которому соответствуют незначительные ограничения мощности

станции (52 МВт – в зимний период, 175 МВт – в режиме летних максимальных нагрузок рабочего дня). В режиме летних минимальных нагрузок выходного дня и в режиме паводка для данного варианта обеспечивается выдача всей располагаемой мощности Волжской ГЭС.

ФПТ вместе с автотрансформатором 10Т на главной схеме Волжской ГЭС изображены на рис. 1.

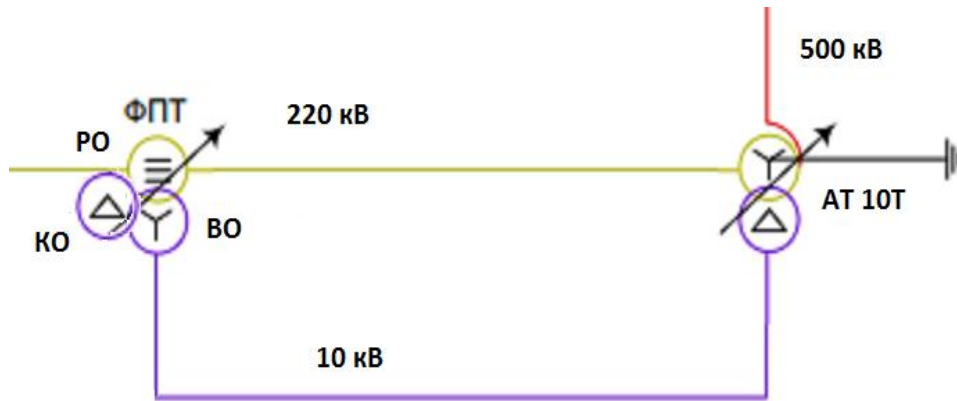


Рис. 1. ФПТ с 10Т на главной схеме Волжской ГЭС

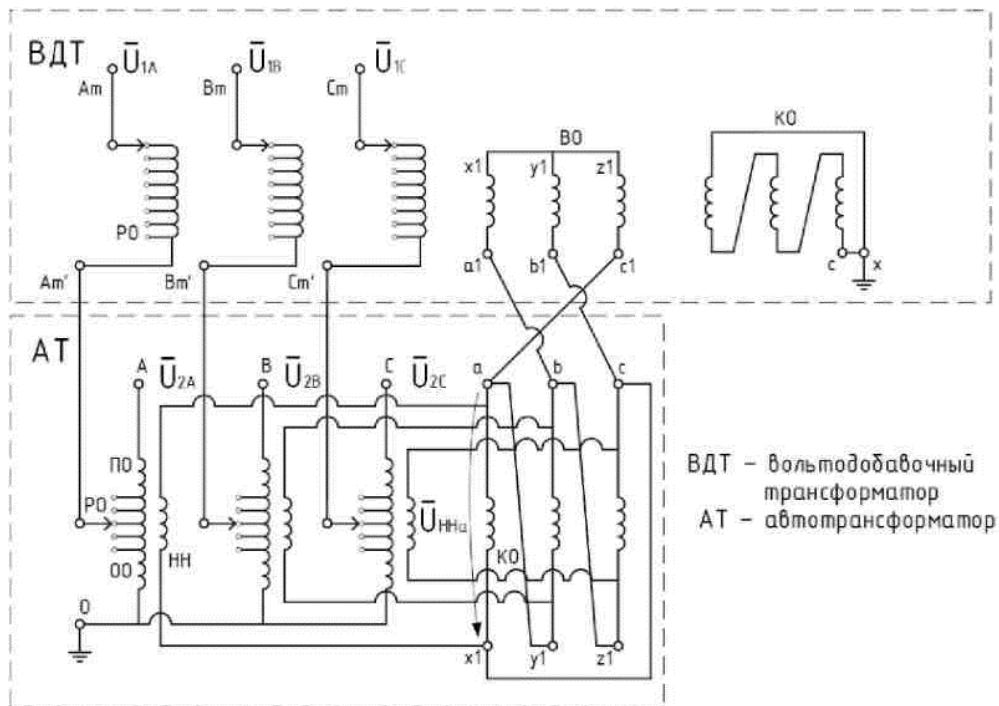


Рис. 2. Электрическая схема ФПК

Фазоповоротный трансформатор Волжской ГЭС устанавливается на существующем автотрансформаторе 10Т (между обмоткой 220 кВ 10Т и ОРУ 220 кВ), что позволяет перераспределить потоки мощности между ОРУ 500 кВ и ОРУ 220 кВ Волжской ГЭС и даст возможность более гибкого регулирования загрузки ВЛ 500 кВ и 220 кВ, отходящих от Волжской ГЭС. ФПТ совместно с

10Т представляет собой фазоповоротный комплекс (ФПК), электрическая схема представлена на рис. 2.

ФПТ (ВДТ) представляет собой электромагнитный трехфазный силовой трансформатор со следующими обмотками:

- регулировочная (последовательная) обмотка (РО): $U_{\text{ном}} = 32,37$ кВ (макс), $S = 195,26$ МВА, $W_{\text{РО}} = 128$. Предусматривается переключение числа витков данной обмотки устройством регулирования под нагрузкой (РПН) 14 ступенями в широком диапазоне;

- возбуждающая обмотка (ВО): $U_{\text{ном}} = 10,5$ кВ, $S = 195,26$ МВА, $W_{\text{ВО}} = 24$, схема соединения обмотки – звезда с изолированной нейтралью;

- компенсационная обмотка (КО): $U_{\text{ном}} = 10,57$ кВ, $S = 29,29$ МВА, схема соединения обмоток – треугольник.

Регулировочная обмотка подключается последовательно в сеть между обмоткой СН 10Т и ОРУ 220 кВ. Возбуждающая обмотка подключается к сборке НН 10 Т по 90-градусной схеме. Внешнее подключение компенсационной обмотки не предусматривается.

Общие решения по комплексу устройств РЗА ФПТ основываются на следующих положениях. Каждый элемент комплекса РЗА ФПТ должен оснащаться собственными быстродействующими защитами при всех видах внутренних повреждений, в том числе на выводах; при этом резервные защиты с относительной селективностью являются общими для комплекса.

Реализация комплекса РЗА ФПТ предусматривается с использованием микропроцессорных (МП) устройств. Выполнение комплекса РЗА с использованием МП-устройств имеет ряд преимуществ, среди которых [5]:

- возможность осуществления в одном устройстве нескольких функций релейной защиты и автоматики, а также, наряду с функциями РЗА, вспомогательных функций (осциллографирование, регистрация событий);

- реализация новых принципов и улучшенных характеристик;

- удобство при наладке и эксплуатации;

- широкая система самодиагностики;

- возможность интеграции по цифровому интерфейсу в АСУ ТП;

- низкие значения потребляемой мощности по цепям переменного тока и напряжения.

Для установленного на ГЭС ФПТ предусматривается комплекс релейной защиты и автоматики (РЗА), при реализации которого учитывались нормативные документы ПАО «РусГидро» и ПАО «ФСК ЕЭС» [2,3], особенности построения системы релейной защиты ФПТ [4] и собственные технические решения, основанные на принципе работы ФПТ, приведенным в заводской документации на фазоповоротный трансформатор (ФПТ) 220 кВ Волжской ГЭС.

На основании этих материалов для защиты ФПТ принимается комплекс РЗА, состоящий из комплектов ФПТ-1 и ФПТ-2 (основные и резервные защиты ФПТ). Размещаются в двух одинаковых шкафах.

Каждый комплект РЗА ФПТ включает в себя три терминала.

1. Терминал РЗА типа БЭ2704 305 (Е1) – 1 шт. Включает функции:

- дифференциальной токовой защиты ФПТ (ДЗТ ФПТ);
- дифференциальной токовой защиты регулировочной обмотки ФПТ (ДЗТ РО);
- максимальной токовой защиты стороны 10,5 кВ (МТЗ НН);
- прием сигналов газовой защиты ФПТ и контактного устройства РПН (ГЗ, ГЗ РПН);
- прием сигналов технологических защит ФПТ;
- защита от повышения напряжения стороны 10,5 кВ ФПТ (ЗНП);
- функция контроля цепей напряжения;
- функция пуска пожаротушения (пуск АУП).

2. Терминал КИВ № 1 типа БЭ2502 А1401 (Е2) – 1 шт. Включает функцию контроля исправности высоковольтных вводов (защищает высоковольтные вводы ФПТ в сторону обмотки 220 кВ АТ 10Т).

3. Терминал КИВ № 2 типа БЭ2502 А1401 (Е3) – 1 шт. Включает функцию контроля исправности высоковольтных вводов (защищает высоковольтные вводы ФПТ в сторону ОРУ 220 кВ).

РЗА ФПТ 1(2) – комплекты при срабатывании защит, действующих на отключение 10Т, через шкафы основных защит АТ 10Т ДЗТ и ДЗО НН (1-й комплект), ДЗТ и ДЗО (2-й комплект) действуют:

- на отключение выключателей 10Т со всех сторон – 220 кВ, 500 кВ, 10,5 кВ;
- на пуск УРОВ 220, УРОВ В-1 и УРОВ-2 (500 кВ).

РЗА ФПТ 1(2) – комплекты при срабатывании ДЗТ ФПТ, ДЗТ РО, ГЗ (отключающая ступень), ГЗ РПН (отключающий элемент):

- действуют своими контактами на пуск пожаротушения ФПТ;
- разрешают пуск защиты от взрывов и пожаров SERGIФПТ.

Резервные защиты ФПТ являются общими для всего фазоповоротного трансформаторного комплекса, реализуются в существующих комплектах ступенчатых защит автотрансформатора 10Т (КСЗ-500 кВ, КСЗ-220 кВ) и не требуют установки новых шкафов.

Для защиты ошиновки стороны НН ФПТ используют существующие комплекты защиты ошиновки НН автотрансформатора 10Т.

Для повышения надежности комплекса РЗА ФПТ предусматривается:

- использование устройства резервирования отказов выключателя (УРОВ);
- разделение (резервирование) комплектов защит по цепям переменного, оперативного постоянного тока, цепям отключения, а также цепям переменного напряжения.

Разделение (резервирование) по цепям переменного тока предполагает подключение комплектов РЗА, резервирующих друг друга, к разным вторичным обмоткам трансформаторов тока с соблюдением принципа перекрытия зон защит смежных участков.

Разделение по цепям оперативного постоянного тока достигается подключением взаимно резервируемых комплектов к сборкам, питаемым от разных аккумуляторных батарей, через соответствующие автоматические выключатели. Резервирование питания должно обеспечиваться схемой электрических соединений щита постоянного тока и схемой организации сетей постоянного тока.

Разделение цепей отключения достигается воздействием каждого комплекта РЗА на оба электромагнита отключения (в случае наличия двух ЭМО).

Вновь устанавливаемые шкафы РЗА интегрируются в существующую систему центральной сигнализации (ЦС) Волжской ГЭС с возможностью выдачи сигналов на звуковую сигнализацию, а также на световые табло существующего расшифратора.

Для обеспечения возможности передачи информации о положениях переключающих элементов (переключателей, испытательных блоков) по цифровому каналу их положения регистрируются в соответствующих МП-терминалах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Схема и программа развития единой энергетической системы России на 2019 – 2025 гг. Утв. Министерством энергетики Российской Федерации (Минэнерго России), 28.02.2019. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения: 20.07.2019).
2. СТО РусГидро 01.01.78-2012. Гидроэлектростанции. Нормы технологического проектирования. – М., 2012. – 961 с.
3. СТО 56947007-29.240.10.248-2017. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС». Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ (НТП ПС). – М., 2017. – 135 с.
4. Ванин, В.К., Попов, М.Г. Фазоповоротный трансформатор. Особенности построения системы релейной защиты / В.К. Ванин, М.Г. Попов // Новости электротехники. – 2009. – № 2 (56).
5. Исмагилов, Ф.Р., Ахматнабиев, Ф.С. Микропроцессорные устройства релейной защиты: учеб. пособие / Ф.Р. Исмагилов, Ф.С. Ахматнабиев / Уфимск. гос. авиац. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2009. – 179 с.

ВНЕДРЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ АКТИВНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АГРОКОМПЛЕКСА «ВОЛЖСКИЙ»

Кулин Г.В. – студент

Николаева С.И. – канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ»

АННОТАЦИЯ. В сентябре 2020 г. вступило в силу Постановление Правительства РФ № 320, запускающее пилотный проект по созданию в России микроэнергосистем для коммерческих и промышленных потребителей – активных энергетических комплексов (АЭК). Активные энергетические комплексы –

это цифровой пилотный проект по созданию новой системы взаимоотношений потребителей розничного рынка электроэнергии с генераторами и оптимизацией их затрат.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цифровая трансформация электроэнергетики, активные энергетические комплексы, малая генерация, микроэнергосистема.

ABSTRACT. In September 2020, the Decree of the Government of the Russian Federation No. 320 came into force, launching a pilot project to create micro-energy systems for commercial and industrial consumers in Russia – active energy complexes (AEC Active Energy Complexes is a digital pilot project to create a new system of mutual relations of consumers of the retail electricity market with generators and optimize their costs.

KEYWORDS: digital transformation of the electric power industry, active energy complexes, small generation, micro-energy system.

В России за последние годы наблюдается рост доли распределенной генерации в составе промышленных кластеров. 5 ноября 2020 г. Министерство юстиции Российской Федерации зарегистрировало приказ Министерства энергетики от 30 июня 2020 г. № 507 «Об утверждении требований к управляемому интеллектуальному соединению активных энергетических комплексов», который позволяет начать в стране работы по созданию и вводу в эксплуатацию нового типа микроэнергосистем – активных энергетических комплексов [1].

В сентябре 2020 г. вступило в силу Постановление Правительства РФ № 320 [2], запускающее пилотный проект по созданию в России микроэнергосистем для коммерческих и промышленных потребителей – активных энергетических комплексов (АЭК). Новая форма взаимоотношений может стать универсальным решением для интеграции распределенной генерации: с одной стороны, АЭК повышают эффективность работы ЕЭС России за счет возможности оптимизации внешней сетевой инфраструктуры, с другой – позволяют бизнесу снизить стоимость энергоснабжения.

Проект АЭК полностью отвечает идеям цифровой трансформации электроэнергетики в рамках программы «Цифровая экономика» [3]. Он предполагает внедрение интеллектуальной системы управления, позволяющей осуществлять балансирование потоков и оперативно-технологическое управление активными энергетическими комплексами и организовывать финансовые расчеты между участниками АЭК, а также расчеты с внешними субъектами энергетики. Внедрение интеллектуальной системы создает возможность перехода к новым моделям цифровых энергетических рынков.

Например, если говорить о цене электроэнергии, то сегодня выгодно переходить на собственные источники. Разница в эффективности генерации на 5–10 МВт и 400 МВт не более 15 %, но стоимость и сроки строительства таковы, что проект на меньшую мощность в пересчете на 1 кВт·ч на всем жизненном цикле оказывается эффективнее. По данным консалтинговой компании Navigant

Research, в 2018 г. в мире произошел ввод большего объема распределенной, чем централизованной генерации, а к 2026 г. разница в объемах вводов может стать уже трехкратной [4]. Объем мирового рынка технологий распределенной генерации в 2015 г. составил 65,8 млрд долл., и этот рынок растет на 10 % ежегодно. Можно заниматься цифровизацией и в отсутствие распределенной генерации. Но она есть, и цифровой переход нужен для повышения адаптивности существующих энергосистем, которые трансформируются, и надо быть к этому готовыми.

Активные энергетические комплексы (АЭК), функционирующие в составе ЕЭС России, – это электростанция и энергопринимающие устройства промышленных потребителей (промышленные предприятия, административно-деловые центры, торговые центры (комплексы), сельскохозяйственные кластеры), в отношении которых выполняются следующие условия [5]:

- только один из объектов АЭК имеет точку присоединения к электрическим сетям сетевой организации;
- все объекты АЭК имеют между собой электрические связи через объекты электросетевого хозяйства, не принадлежащие сетевой организации;
- регулирование производства и потребления электрической энергии (мощности) в АЭК осуществляется с применением программно-аппаратного комплекса управляемого интеллектуального соединения (ПАК УИС);
- в составе АЭК отсутствуют потребители электрической энергии, относящиеся к населению и приравненным к нему категориям потребителей, а также потребители электрической энергии (мощности), ограничение режима потребления которых может привести к экономическим, экологическим, социальным последствиям.

Принципиально АЭК является микроэнергосистемой, состоящей из установок собственной генерации, своей внутренней электросетевой инфраструктуры и своего внутреннего промышленного потребителя. Все вместе это объединено включающей в себя цифровые решения структурой – ПАК УИС, с помощью которого осуществляется регулирование производства и потребления электроэнергии внутри АЭК, а также технологическое взаимодействие ЕЭС России и с сетью общего пользования. Предпосылками к разработке и внедрению концепции АЭК в ЕЭС России стали рост стоимости энергоснабжения предприятий, а также развитие распределенной генерации и цифровых технологий. За последние несколько лет появились современные цифровые решения, позволяющие эффективно управлять энергообъектами и балансировать производство и потребление электроэнергии. Предварительные исследования показывают, что для потребителей АЭК стоимость электроэнергии будет как минимум на 30 % ниже текущей, получаемой из внешней сети (из ЕЭС России). Для инвесторов в строительство ТЭС при реализации схемы АЭК значительно повышается эффективность капиталовложений.

При создании и функционировании АЭК в энергосистеме России будут сформированы и опробованы новые организационно-правовые, технологические

и экономические принципы функционирования объектов малой генерации в составе ЕЭС России. В России у потребителей электроэнергии появился новый способ выхода из энергосистемы. Потребители могут объединяться в АЭК с собственной генерацией и сетевой инфраструктурой. Основной плюс АЭК – существенная экономия расходов на энергоснабжение при сохранении связи с внешней энергосистемой. Создание локальных микроэнергосистем промышленных и коммерческих потребителей – общемировой тренд.

Однако АЭК нельзя считать полностью изолированной локальной энергосистемой, он подключен к ЕЭС России, обеспечивающей резервы, и сможет при необходимости продолжать потребление из внешней сети. АЭК может иметь только одно соединение с внешней сетью – через генератор или потребитель. Организаторы проектов АЭК в России ожидают большой интерес к его механизму. По мнению «Энерджинет», потенциал российского рынка АЭК к 2028 году может достигнуть 1,2 ГВт в год, или 175 млрд руб. в год, а суммарная мощность таких АЭК через 8 лет может превысить 4 ГВт.

В качестве примера создания АЭК рассмотрим агропромышленное предприятие – агрокомплекс «Волжский» [6].

ООО «Агрокомплекс «Волжский» расположен в Среднеахтубинском районе Волгоградской области. Центром питания агрокомплекса является подстанция 110/10 кВ «Агрокомплекс». Мощность нагрузки комплекса составляет 40 МВт, и в прогнозе роста мощности предполагается ее увеличение до 60 МВт. Агрокомплекс как потребитель относится к III категории надежности электропитания.

Реализация инвестиционного проекта по строительству агрокомплекса «Волжский» была начата в 2013 г. Основная деятельность комплекса: производство аграрной продукции. Сферы сбыта: от Екатеринбурга до Петербурга. Общая численность сотрудников комплекса: 200–250 человек. Наиболее мощными потребителями электроэнергии на предприятии являются теплицы [7].

Можно обозначить следующие основные проблемы данного комплекса по его энергообеспечению:

- невозможность полноценного энергообеспечения предприятия по завершении строительства. Как минимум, потребуются ввод второго трансформатора на питающей подстанции;

- сложность ввода второго трансформатора из-за ограниченной площади ПС и необходимости реконструкции схемы электрических соединений ПС.

Вместе с тем данное предприятие полностью отвечает всем условиям, необходимым для создания АЭК:

- возможность использования возобновляемых источников энергии;
- наличие площади за территорией комплекса для строительства ветровой или солнечной электростанции;
- отсутствие потребителей, относящихся к населению и приравненных к ним;

– все объекты агрокомплекса имеют между собой электрические связи через объекты электросетевого хозяйства, не принадлежащие сетевой организации;

– предприятие находится в промышленной зоне, удалено от населенных пунктов и не оказывает на них вредного влияния;

– есть возможность регулирования производства и потребления электрической энергии с применением программно-аппаратного комплекса управляемого интеллектуального соединения (ПАК УИС).

Из возможных конструкций АЭК агрокомплекса является создание АЭК со строительством газопоршневой подстанции (ГПЭС) мощностью до 20 МВт (с перспективой наращивания мощности до 25 МВт). Внешнее электроснабжение остается прежним, то есть осуществляется от ПС «Агрокомплекс» с разрешенным присоединением 35 МВт. Таким образом, в перспективе агрокомплекс будет обеспечен необходимой мощностью в 60 МВт.

Если оценивать стоимость такого варианта, то можно отметить, что, несмотря на высокую стоимость ГПЭС (ГПЭС мощностью 5 МВт составляет 70 млн руб.), стоимость электроэнергии при реализации предлагаемого варианта составит 4,8 руб./кВт·ч за счет снижения платы за присоединение к энергосистеме. Кроме того, предлагаемый вариант не требует дополнительного присоединения площадей.

Какие же предполагаются результаты при создании АЭК агрокомплекса «Волжский»?

1. Снижение себестоимости продукции комплекса приблизительно на 30 %.
2. Повышение процента импортозамещения сельскохозяйственной продукции в России.
3. Повышение качества продукции.
4. Налоговые отчисления от агрокомплекса поступают в казну области и служат для развития региона, увеличивая его инвестиционную привлекательность.

Как проект для уже сложившейся инфраструктуры АЭК может быть эффективно вписан в существующую систему энергоснабжения моногородов, территорий опережающего социально-экономического развития, промышленных парков и промышленных кластеров. Например, сегодняшние российские моногорода с точки зрения энергоснабжения представляют собой обособленные энергоячейки с собственным источником тепловой и электрической энергии, одним ключевым промышленным потребителем – градообразующим предприятием – и отдельной электросетевой организацией.

Внедрение АЭК позволит обеспечить необходимую экономию на энергоснабжении как старого, градообразующего, так и новых промышленных предприятий, и получить надежный инструмент развития моногородов, заинтересованных в привлечении промышленных инвесторов и решении своих социальных проблем. Привлекательна концепция АЭК и для промышленных парков и промышленных кластеров, прежде всего тех из них, которые наделены статусом

территории опережающего социально-экономического развития или претендуют на него.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства энергетики от 30 июня 2020 г. № 507 «Об утверждении требований к управляемому интеллектуальному соединению активных энергетических комплексов» [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. – 2020. – С. 18. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202011020032> (дата обращения: 15.10.2021).

2. Постановление Правительства РФ от 21 марта 2020 г. № 320 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования активных энергетических комплексов» [Электронный ресурс] // Документы Правительство России. – 2020. – С. 18. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202003240012> (дата обращения: 03.10.2021).

3. В составе ЕЭС России будут созданы активные энергетические комплексы [Электронный ресурс] // Интернет-портал «Энергоинновация РФ». – 2020. – С. 2. URL: <https://энергоинновация.рф/v-sostave-ees-rossii-budut-sozdany-aktivnye-energeticheskie-kompleksy/> (дата обращения: 15.10.2021).

4. Бокарев, Б.А. От регуляторных инициатив к реализации проектов [Электронный ресурс] // Интернет-портал ENERGYNET. – 2021. – С. 13. URL: <https://energiavita.ru/wp-content/uploads/2020/08/200810-Проекты-Энерджинет-Б-Бокарев.pdf> (дата обращения: 03.09.2021).

5. Авдеев, Я.Г. Предпосылки для создания активных энергетических комплексов в России [Электронный ресурс] // Россия молодая: Сборник материалов XIII Всерос. научно-практической конференции с международным участием, 20–24 апр. 2021 г., Кемерово / ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2021. URL: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2021/RM21/pages/Articles/021301.pdf> (дата обращения: 03.09.2021).

6. Общество с ограниченной ответственностью «Агрокомплекс «Волжский». Официальный сайт [Электронный ресурс] // Интернет-портал ООО «Агрокомплекс «Волжский». URL: <https://checko.ru/company/agrokompleks-volzhsky-1123454000460> (дата обращения 04.09.2021).

7. Агрокомплекс «Волжский» вернет Волгоградскому региону славу всесоюзного огорода [Электронный ресурс] // Интернет-портал «Новости Волгограда». – 2018. URL: <https://novostivolgograda.ru/interview/11-04-2018/agrokompleks-volzhskiy-vernet-volgogradskomu-regionu-slavu-vsesoyuznogo-ogoroda> (дата обращения 04.09.2021).

К ВОПРОСУ БЕЗОПАСНОСТИ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Валирахманова И.Р. – магистрант
Вилданов Р.Р. – канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

АННОТАЦИЯ. Говоря о вреде высокоинтенсивного синего света, испускаемого экранами компьютеров и смартфонов, люди не обращают внимания на то, что нынешняя широко распространенная система освещения также имеет в спектре свечения диапазон длин волн (воспринимаемый нашим глазом

как синий), который аналогичным образом оказывает вредоносное воздействие на сетчатку глаза, а в дальнейшем – на принципиально важные функции организма.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: органические светодиоды, светодиодные системы освещения.

ABSTRACT. Speaking about the harm of high-intensity blue light emitted by computer and smartphone screens, people do not pay attention to the fact that the currently common lighting systems also have in their spectrum a light wavelength range (perceived by our eyes as blue). This wavelength range similarly has a harmful effect on the retina, and subsequently on the fundamentally important functions of the body.

KEYWORDS: organicLEDs, LEDlightingsystems.

Системы освещения на основе светодиодов на сегодняшний день применяются как в качестве уличного освещения, так и для освещения административных и жилых помещений. Наибольшую опасность представляет использование данного типа освещения именно в жилых помещениях [1, 5]. Это связано прежде всего с тем, что в составе спектра свечения светодиодов наблюдается пик интенсивности в диапазоне длин волн от 455 до 465 нм (диапазон длин волн, воспринимаемый нашим глазом как синий свет) [3, 6].

Светодиод (light-emission diode) – полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении. Синие светодиоды – наиболее распространенные светодиоды на сегодняшний день. Для того чтобы излучение синего света преобразовать в излучение, воспринимаемое нашим глазом как белый свет, поверх светодиода наносят каплю люминофора. Однако если посмотреть на график зависимости интенсивности свечения от длины волны (рисунок), можно заметить, что в диапазоне от 440 до 465 нм наблюдается пик интенсивности. Это означает, что при использовании человеком светодиодных ламп в качестве искусственных источников света его органы зрения подвергаются непрерывному воздействию высокоинтенсивного синего света.

Воздействие на сетчатку глаза электромагнитными волнами данного диапазона, во-первых, негативно влияет на рефлексию зрачка. Зрачок здорового человека реагирует на повышение и понижение яркости: изменяется диаметр зрачка. При долгом непрерывном взаимодействии синего света зрачок теряет свою защитную функцию. Таким образом, на сетчатку попадает нерегулируемое количество света, видоизменяется поверхность сетчатки глаза, что приводит к ухудшению остроты зрения, анизокории и других заболеваний зрительного аппарата. Во-вторых, это влияет на выделение такого гормона, как мелатонин, который отвечает за ощущение светлого времени суток или ночи. Из-за этого нарушаются биоритмы организма, что влечет за собой преждевременное старение, бессонницу, быструю утомляемость [4, с. 2].

В стенах своего дома человек проводит наибольшую часть вечернего времени. В этот период организм человека должен понимать приближение ночи и, соответственно, замедлять работу нервной системы, некоторые биологические процессы, готовиться ко сну. Но в сетчатке глаза, помимо палочек и колбочек, которые отвечают за формирование картинки, содержится светочувствительный пигмент – меланопсин, который посылает сигнал мозгу о наступлении дня или ночи на основе интенсивности поглощаемого света. Эти меланопсиновые клетки в большей степени реагируют на синий свет [2, с. 2]. То есть если в качестве искусственного источника света перед сном использовать светодиодные лампы, то это приведет к сдвигу биологических часов организма человека. Стоит отметить, что недостаточное выделение мелатонина имеет накопительный эффект и на долгосрочной перспективе может привести к стойкой гипертонии и диабету [3, с. 2].

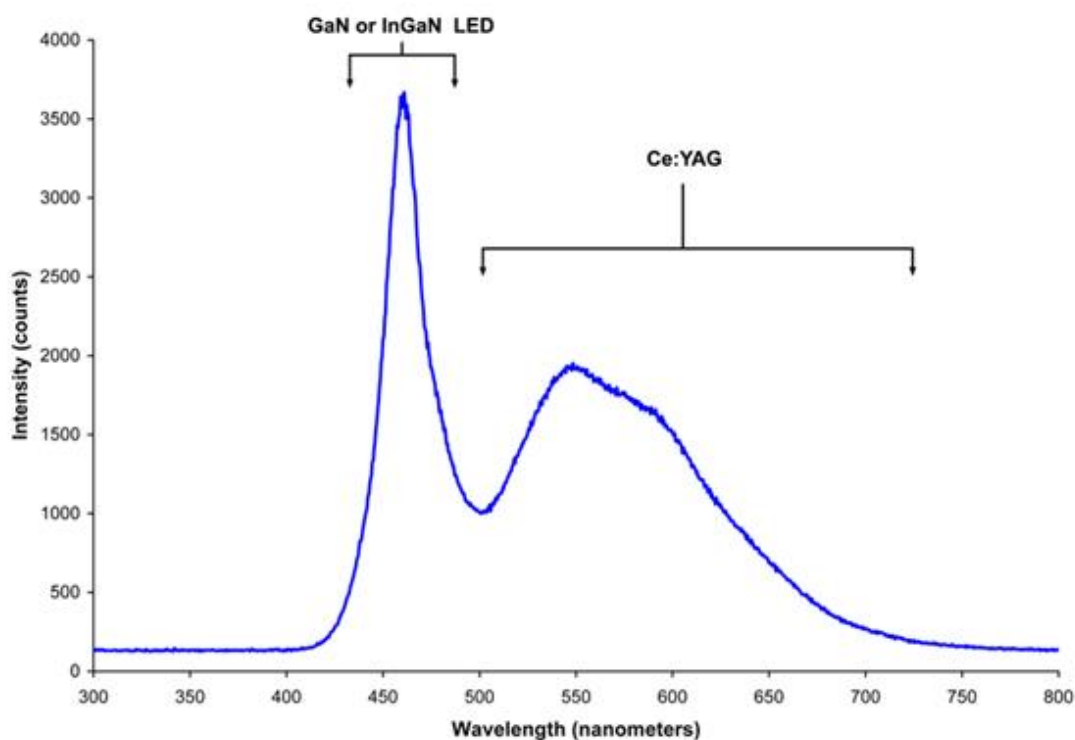


Рисунок. Зависимость интенсивности от длины волны

Отличной альтернативой и по энергоэффективности, и по соответствию санитарным гигиеническим нормам являются источники освещения на основе органических светодиодов. Их спектральный состав наиболее приближен к спектральному составу естественного освещения. Соответственно при использовании органических светодиодов снижается риск некорректного функционирования зрачка, недостаточного выделения мелатонина, приобретения заболеваний глаз, изменения работы нервной системы.

Осветительные системы на основе технологии OLED (Organic Light Emitting Diode) представляют собой светящиеся поверхности. Они могут быть

гибкими и прозрачными. Это заметно упрощает эксплуатацию источников света, например их можно наклеить на стенку шкафа или на оконное стекло. Таким образом, можно добиться максимально комфортного искусственного освещения, которое подходит и для работы, и для отдыха. Большим минусом, тормозящим распространение органических светодиодов, является их дороговизна. И сейчас главная задача химиков – создать материал, который будет обладать полупроводниковыми свойствами и который по стоимости уступал бы уже имеющимся материалам.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что использование светодиодного освещения в жилых помещениях оказывает неблагоприятное воздействие на работу биологических часов организма, а это влечет за собой нарушения принципов работы организма в целом. С точки зрения безопасности для здоровья отличной альтернативой являются органические светодиоды, спектр свечения которых наиболее приближен к солнечному. Но, поскольку органические светодиоды на сегодняшний день ввиду своей высокой стоимости не получили достаточно широкого распространения, единственным решением является самостоятельное ограничение использования светодиодных источников света в вечернее время. Например, вместо них использовать лампы накаливания, а также уменьшить количество времени, проводимого за гаджетами, экраны которых тоже излучают в «синем» диапазоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов, А.Н., Шириев, Р.Р. Светодиодный источник света с повышенной светотдачей [Электронный ресурс] / А.Н. Борисов, Р.Р. Шириев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2019. – 21 (1–2). – С. 111–119. URL: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2019-21-1-2-111-119>.
2. Денисов, Б.Н. Измерение спектра свечения светодиодов с удаленным люминофором и расчет координат цветности [Электронный ресурс] / Б.Н. Денисов, Е.М. Гурьянова, Я.А. Зазулин // Учебный эксперимент в образовании. – 2016. – № 1. – С. 80–85 / Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/297897> (дата обращения: 12.10.2021).
3. Капцов, В.А., Дейнего, В.Н. Нарушение меланопсинового эффекта сужения зрачка – фактор риска заболевания глаз [Электронный ресурс] / В.А. Капцов, В.Н. Дейнего // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 1. – С. 132–148 / Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/300950> (дата обращения: 15.10.2021).
4. Капцов, В.А., Дейнего, В.Н. Синий свет светодиодов – новая гигиеническая проблема [Электронный ресурс] / В.А. Капцов, В.Н. Дейнего // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 1. – С. 15–25 / Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/300952> (дата обращения: 17.10.2021).
5. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: ГП ЦПП, 1995.
6. Шуберт, Ф. Светодиоды / Ф. Шуберт; пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2008. – 496 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ С НЕЙРОСЕТЬЮ В ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЯХ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Бабенко П.А., Колесов В.А., Савельева А.Т. – студенты
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье предложено производство зарядных станций с оснащением нейросетью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электротранспорт, нейросеть, электричество, система, станция, зарядка.

ABSTRACT. The article proposes the production of a charger equipped with a neural network.

KEYWORDS: electric transport, neural network, electricity, system, station, charging.

В настоящее время на смену двигателям внутреннего сгорания с сотнями движущихся частей приходят электрические трансмиссии. Успех электромобилей открывает больше возможности в декарбонизации транспортного сектора, улучшая экологическую обстановку в мире. Таким образом, напрашивается один из главных вопросов и проблем развития электродвигателей – зарядные станции. Самые интересные трансформации сейчас происходят с зарядками. На рынке зарядок сформировалось три сегмента: домашний, частный и общественный.

Полезная модель относится к схеме зарядки батарей от сети переменного тока через преобразователи, в частности к электрочарядной станции для зарядки электромобилей. Электрочарядная станция включает корпус, а также установленный внутри него программируемый логический контроллер. Техническим результатом является повышение эффективности предупреждения аварийных ситуаций на электрочарядных станциях.

В данной статье представлено совершенно новое решение в сфере электрочарядных станций, помогающее не только в разы снизить окупаемость проекта, но и повысить розыск опасных преступников, помогая силовым структурам.

В каждой электростанции в конструкцию добавляется камера с нейросетью для распознавания госномера автомобиля, что позволит в кооперации с государственной базой данных определять конкретную модель автомобиля и в зависимости от ценового сегмента автотранспорта устанавливать переменную тарификацию, а также в онлайн-режиме передавать данные в связующий центр для сигнализации о зарядке автомобилей, находящихся в розыске. Также данная камера является частью антивандальной системы, что предотвращает противоправные действия с оборудованием зарядной станции.

SIMATIC Energy Suite – датчик для балансировки нагрузки – еще одно из главных преимуществ данной модели. Предотвращая пиковую нагрузку благодаря

встроенному алгоритму прогнозирования, он также устанавливает переменную тарификацию в зависимости от времени суток.

Таким образом, данные усовершенствования зарядной станции не имеют аналогов и дают значительное преимущество в эксплуатации зарядной станции.

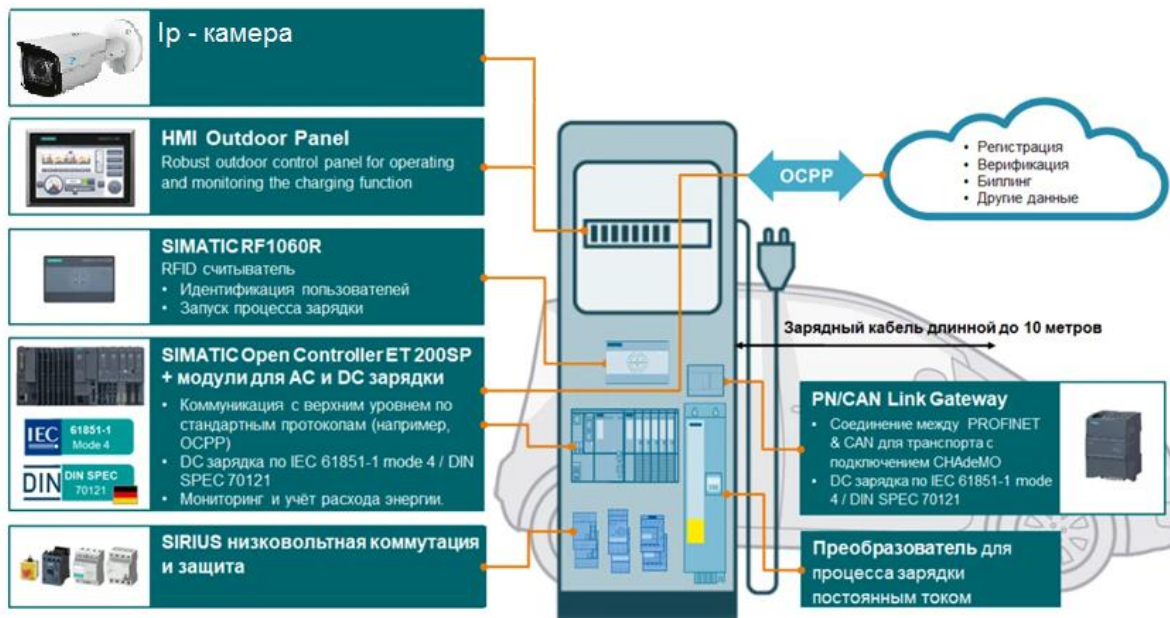


Рис. 1. Схема электростанции зарядки



Рис. 2. Алгоритм работы зарядной станции с системой видеонаблюдения на искусственном интеллекте

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ ПОГРУЖНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЭЦН ПРИ СНИЖЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ ПИТАНИЯ

Табачникова Т.В.¹ – канд. техн. наук, доцент

Грачева Е.И.² – д-р техн. наук, доцент

Швецова Л.В.¹ – канд. техн. наук

¹ГБОУ ВО «Альметьевский государственный нефтяной институт»

²ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

АННОТАЦИЯ. В статье представлено компьютерное моделирование электротехнического комплекса нефтяной скважины в программной среде Matlab Simulink с целью определения граничного значения величины фазного напряжения U_{1min} , при котором прекращается режим устойчивой работы погружного электродвигателя с центробежным насосом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: погружной асинхронный двигатель, установка электроцентробежного насоса, снижение напряжения, компьютерное моделирование.

ABSTRACT. The article presents computer modeling of electrical complex of an oil well in Matlab Simulink software environment in order to determine the boundary value of phase voltage value U_{1min} , at which stable operation of a submersible electric motor with a centrifugal pump stops.

KEYWORDS: submersible asynchronous motor, installation of an electric centrifugal pump, voltage drop, computer modelling.

В настоящее время погружные асинхронные двигатели находят широкое применение в установках электроцентробежных насосов, обеспечивающих значительную долю механизированной добычи нефти в России. С целью поддержания требуемого динамического уровня жидкости в скважине станции управления погружными насосами оснащаются частотными преобразователями и замкнутыми по обратной связи датчиками системами. В качестве датчиков обратной связи могут применяться датчики давления на приеме насоса или эхолоты, измеряющие непосредственно динамический уровень жидкости в скважине.

В электротехническом комплексе нефтяной скважины, оснащенной погружным электроцентробежным насосом, как правило, применяется скалярное управление погружным асинхронным двигателем.

Независимо от того, применяется в станции управления частотный преобразователь или нет, движение асинхронного двигателя при линейном законе регулирования напряжения в функции частоты описывается известной системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \frac{d\psi_{1x}}{dt} = U_{1x} - \frac{R_1 L'_2}{\Delta} \psi_{1x} + \frac{R_1 L_0}{\Delta} \psi_{2x} + \omega_0 \psi_{1y}; \\
 \frac{d\psi_{1y}}{dt} = U_{1y} - \frac{R_1 L'_2}{\Delta} \psi_{1y} + \frac{R_1 L_0}{\Delta} \psi_{2y} - \omega_0 \psi_{1x}; \\
 \frac{d\psi_{2x}}{dt} = -\frac{R'_2 L_1}{\Delta} \psi_{2y} + \frac{R'_2 L_0}{\Delta} \psi_{1y} - (\omega_0 - \omega) \psi_{2x}; \\
 \frac{d\omega}{dt} = \frac{m_1 Z_n L_0}{2J_{\text{пр}} \Delta} (\psi_{1y} \psi_{2x} - \psi_{1x} \psi_{2y}) - \frac{1}{J_{\text{пр}} \Delta} M_c; \\
 U_{1x} = k_{U1} f_1 + U_0; \\
 U_{1y} = k_{U1} f_1 + U_0; \\
 \omega_0 = \frac{2\pi f_1}{Z_n},
 \end{array} \right. \quad (1)$$

где ψ_{1x} и ψ_{1y} – проекции вектора потокосцепления статора в ортогональной системе координат Oxy , вращающейся со скоростью магнитного поля; U_{1x} и U_{1y} – проекции изображающего вектора фазного напряжения в той же системе координат; ψ_{2x} и ψ_{2y} – соответствующие проекции вектора потокосцепления ротора; L_1 и R_1 – индуктивность и активное сопротивление цепи статора; L'_2 и R'_2 – приведенные индуктивность и активное сопротивление цепи ротора; L_0 – взаимная индуктивность; ω_0 – угловая скорость вращения магнитного поля; ω – угловая частота вращения ротора двигателя; $J_{\text{пр}}$ – приведенный момент инерции ротора; m_1 – число фаз электродвигателя; Z_n – число пар полюсов; M_c – момент сопротивления на валу погружного электродвигателя; $\Delta = L_1 L'_2 - L_0^2$; f_1 – частота питающего напряжения; k_{U1} – коэффициент пропорциональности, U_0 – напряжение при нулевой частоте; t – время.

Система уравнений (1) предполагает, что в станции управления погружным насосом применен частотный преобразователь с линейным законом регулирования напряжения в функции частоты. В случае его отсутствия значение частоты питающего напряжения принимается равным $f_1 = 50$ Гц, а напряжение при нулевой частоте – $U_0 = 0$ В.

Представленная система уравнений (1) является нелинейной. Для определения передаточной функции погружного асинхронного двигателя, например по отношению к управляющему воздействию f_1 , необходимо произвести линеаризацию уравнений. Воспользуемся разложением в степенной ряд Тейлора основных нелинейностей, отбросив при этом члены высшего порядка малости [1...3, 6].

Приведенные выше произведения переменных можно представить в следующем виде:

$$\omega_0 \Psi_{1y} = \frac{2\pi}{Z_n} (\Psi_{1y0} f_1 + f_{10} \Psi_{1y}); \quad \omega_0 \Psi_{1x} = \frac{2\pi}{Z_n} (\Psi_{1x0} f_1 + f_{10} \Psi_{1x});$$

$$(\omega_0 - \omega) \Psi_{2y} = \frac{2\pi}{Z_n} (\Psi_{2y0} f_1 + f_{10} \Psi_{2y}) - (\Psi_{2y0} \omega + \omega_{00} \Psi_{2y});$$

$$(\omega_0 - \omega) \Psi_{2x} = \frac{2\pi}{Z_n} (\Psi_{2x0} f_1 + f_{10} \Psi_{2x}) - (\Psi_{2x0} \omega + \omega_{00} \Psi_{2x});$$

$$\Psi_{1y} \Psi_{2x} = \Psi_{2x0} \Psi_{1y} + \Psi_{1y0} \Psi_{2x}; \quad \Psi_{1x} \Psi_{2y} = \Psi_{2y0} \Psi_{1x} + \Psi_{1x0} \Psi_{2y},$$

где Ψ_{1x0} , Ψ_{1y0} , Ψ_{2x0} , Ψ_{2y0} , ω_{00} и f_{10} – начальные условия.

Проведя ряд преобразований и подстановок в формулы, момент сопротивления на валу ПЭД при работе с погружным центробежным насосом можно определить следующим образом:

$$M_c = k_M \omega^2 + M_0, \quad (2)$$

где $k_M = \frac{\rho g k_H k_Q}{86400 \eta_{\text{нас}}}$; ω – скорость вращения входного вала насоса (скорость ротора исполнительного электродвигателя), рад/с; ρ – плотность, добываемой из скважины жидкости; g – ускорение свободного падения; $\eta_{\text{нас}}$ – коэффициент полезного действия насоса, зависящий от расположения рабочей точки на напорной характеристике; k_Q – коэффициент связывающий производительность со скоростью; k_H – коэффициент пропорциональности.

Действующее значение тока статора асинхронного двигателя связано с проекциями потокосцеплений зависимостью [4]:

$$I_1 = \frac{2}{m_1 \sqrt{2}} \sqrt{\left(\frac{L'_2}{\Delta} \Psi_{1x} - \frac{L_0}{\Delta} \Psi_{2x} \right)^2 + \left(\frac{L'_2}{\Delta} \Psi_{1y} - \frac{L_0}{\Delta} \Psi_{2y} \right)^2}. \quad (3)$$

Переходя в системе уравнений к операторной форме записи, принимая $U_{1x} = U_{1y} = U_1$ и добавляя уравнения (2) и (3), получили систему уравнений для исследования работы электротехнического комплекса погружного асинхронного двигателя совместно с центробежным насосом в различных режимах (4), где U_1 – действующее значение фазного напряжения статора асинхронного двигателя;

$T_1 = \frac{\Delta}{R_1 L'_2}$, $T_2 = \frac{\Delta}{R'_2 L_1}$ – электромагнитные постоянные времени цепей статора и ротора; p – оператор дифференцирования.

$$\left\{ \begin{array}{l}
 (T_1 p + 1)\psi_{1x} = T_1 U_1 + \frac{L_0}{L_2} \psi_{2x} + T_1 \omega_0 \psi_{1y}; \\
 (T_1 p + 1)\psi_{1y} = T_1 U_1 + \frac{L_0}{L_2} \psi_{2y} + T_1 \omega_0 \psi_{1x}; \\
 (T_2 p + 1)\psi_{2x} = \frac{L_0}{L_1} \psi_{1x} + T_2 (\omega_0 - \omega) \psi_{2y}; \\
 (T_2 p + 1)\psi_{2y} = \frac{L_0}{L_1} \psi_{1y} + T_2 (\omega_0 - \omega) \psi_{2x}; \\
 J_{\text{пр}} p \omega = \frac{m_1 Z_n L_0}{2\Delta} (\psi_{1y} \psi_{2x} - \psi_{1x} \psi_{2y}) - k_M \omega^2 - M_0; \\
 \omega_0 = \frac{2\pi f_1}{Z_n}; \\
 I_1 = \frac{2}{m_1 \sqrt{2}} \sqrt{\left(\frac{L_2'}{\Delta} \psi_{1x} - \frac{L_0}{\Delta} \psi_{2x} \right)^2 + \left(\frac{L_2'}{\Delta} \psi_{1y} - \frac{L_0}{\Delta} \psi_{2y} \right)^2}.
 \end{array} \right. \quad (4)$$

Соответственно системе уравнений (4) построена структурная схема электротехнического комплекса погружного асинхронного двигателя с центробежным насосом (рис. 1), которая позволяет исследовать процессы запуска и самозапуска двигателя при подаче напряжения питания и его изменения.

Посредством моделирования этой структурной схемы в программной среде Matlab Simulink (рис. 2) можно определить граничное значение величины фазного напряжения $U_{1\text{min}}$, при котором прекращается режим устойчивой работы ПЭД с центробежным насосом. При устойчивом режиме работы момент нагрузки остается меньше критического момента асинхронного двигателя.

Авторами рассмотрена скважина НГДУ «Лениногорскнефть», оснащенная ПЭД45-103 и центробежным насосом ЭЦН5-125-1450. Номинальный напор насоса равен $H_{\text{нас.ном}} = 1450$ м, а производительность – $Q_{\text{нас.ном}} = 125$ м³/сутки.

По дебету скважины и напорным характеристикам рассматриваемого центробежного насоса можно сказать, что его рабочая точка характеризуется напором $H_{\text{нас}} = 1400$ м, производительность $Q_{\text{нас}} = 125$ м³/сутки коэффициентом полезного действия $\eta_{\text{нас}} = 0,54$.

Величина $U_{1\text{min}}$, при которой скорость ротора ПЭД станет равной 234 рад/с, была определена с помощью расчетной модели при варьировании U_1 . Для нагрузки погружного двигателя в скважине минимальное значение фазного напряжения равно $U_{1\text{min}} = 416$ В. Следовательно, для данного конкретного случая определено критическое снижение напряжения статора, которое равно 48,5 % от номинала.

Очевидно, что величина $U_{1\min}$ будет зависеть от коэффициента загрузки асинхронного двигателя. В частности, для рассматриваемой скважины коэффициент загрузки при номинальном напряжении составил $k_3 = 0,895$.

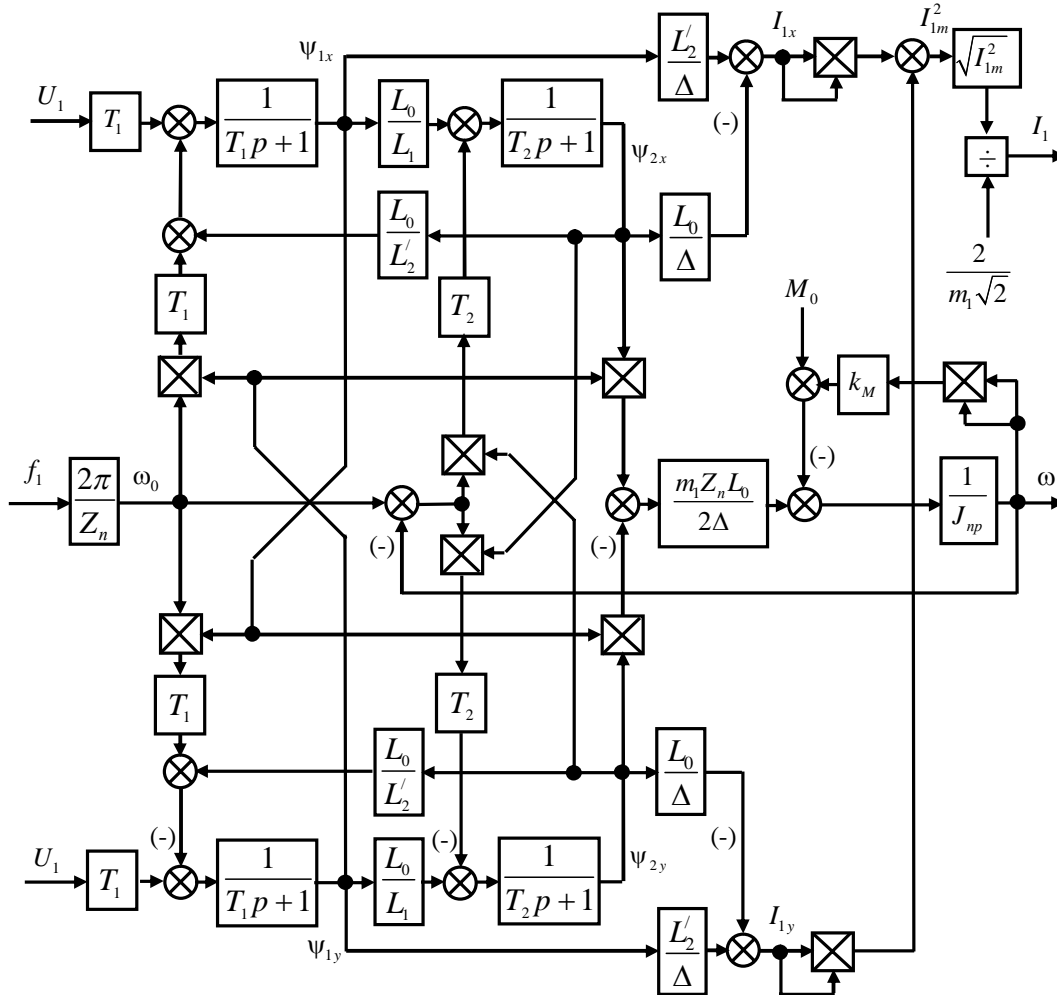


Рис. 1. Структурная схема электротехнического комплекса погружного асинхронного двигателя с центробежным насосом

Следует учитывать, что центробежные насосы обладают нелинейной зависимостью момента от скорости, жесткость $\beta_{\text{нас}}$ которой переменна и зависит от величины скорости вращения $\beta_{\text{нас}} = \frac{dM_c}{d\omega} = 2k_M \omega$. В этих условиях возможна устойчивая работа ПЭД совместно с центробежным насосом и при скоростях ниже критической. Но будем считать, что такой режим работы неприемлем для нефтяной скважины.

Подсчет для скважины коэффициента $k_n = \frac{H_{\text{нас}}}{\omega_{\text{ном}}^2}$ показывает, что он равен $k_n = 0,0151 \text{ мс}^2/\text{рад}^2$. Следовательно, напор, развиваемый насосом, даже на критической скорости станет равен $H_{\text{нас.к}} = k_n \omega_{\text{к}}^2 = 0,0151 \cdot 234^2 = 825 \text{ м}$.

Минимальная скорость вращения ПЭД ω_{\min} , при которой начинается отбор жидкости из скважины, должна соответствовать величине динамического уровня жидкости в скважине $H_{\text{дин}}$ [5]:

$$H_{\text{дин}} = k_n \omega_{\min}^2.$$

Если при выборе насоса для скважины буферное давление было взято равным $P_{\text{буф}} = 20 \cdot 10^5$ Па, то минимальная скорость ПЭД будет определяться из уравнения

$$k_n \omega_{\text{ном}}^2 = k_n \omega_{\min}^2 + \frac{P_{\text{буф}}}{\rho g}.$$

Решая последнее уравнение относительно ω_{\min} , получаем

$$\omega_{\min} = \sqrt{\omega_{\text{ном}}^2 - \frac{P_{\text{буф}}}{\rho g k_n}},$$

и для исследуемой скважины эта величина составила $\omega_{\min} = 282,3$ рад/с.

Компьютерное моделирование электротехнического комплекса нефтяной скважины в программной среде Matlab Simulink по модели, представленной на рис. 2, показывает, что критическим с точки зрения технологического процесса добычи нефти будет снижение напряжения питания ПЭД на 29 % относительно номинального. То есть при напряжении $U_{1л} = 981$ В на статоре ПЭД45-103 подъем жидкости на поверхность прекратится. Такая величина относительного падения напряжения принимается за технологическое ограничение изменения напряжения питания погружного двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучин, А.С. Системы управления электроприводов / А.С. Анучин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.
2. Абдуллин, Д.Ф., Хакимьянов, М.И. Удельное потребление электроэнергии электроприводами основных механизмов нефтегазодобывающих промыслов / Д.Ф. Абдуллин, М.И. Хакимьянов // Инновационное направление развития электропривода, электротехнологий и электрооборудования: межвузовский сборник научных трудов. – Уфа: Изд-во УГНТУ. – 2012. – С. 256–260.
3. Стариков, А.В. Линеаризованная математическая модель погружного асинхронного двигателя / А.В. Стариков, Т.В. Табачникова, С.Л. Лисин, И.А. Косорлуков, О.С. Беляева // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – № 4 (64). – 2019. – С. 155–167.
4. Онищенко, Г.Б. Теория электропривода: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.Б. Онищенко. – М.: ООО «Образование и исследование», 2013. – 352 с.
5. Лысенко, В.Д. Разработка нефтяных месторождений. Теория и практика / В.Д. Лысенко. – М.: Недра, 1996. – 367 с.
6. Грачева, Е.И. Исследование пусковых режимов асинхронных двигателей при низком качестве электроэнергии питающей сети / Ш.Т. Дадабаев, Е.И. Грачева, И.Р. Каримов, С. Вальчев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13.– № 1 (49). – С. 3–15.

ТЕРМИНАЛ БЫСТРОЙ ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Батчаева Л.М., Звезгинцев Д.А. – студенты
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. Актуальность выбранной темы обусловлена увеличением на авторынке электромобилей, вследствие чего возникла необходимость увеличения точек заправочных станций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электрозаправка, терминал, электричество, система, станция, зарядка.

ABSTRACT. The relevance of the chosen topic is due to the increase in the car market of electric vehicles, as a result of which the need to increase the points of filling stations.

KEYWORDS: electric station, terminal, electricity, system, station, charging.

Еще совсем недавно электромобили были скорее игрушками для эксцентричных обеспеченных людей, но в последнее время ситуация резко изменилась. Практически каждый производитель старается запатентовать за собой место на быстро растущем рынке машин, работающих на электрической тяге. Таким образом, все более актуальным становится вопрос с электрозаправками – парк машин на альтернативном топливе увеличивается, и потому вполне логичным выглядит решение открыть свой бизнес в этой нише. Если в Москве и ряде городов-курортов, таких как Сочи, сеть электроАЗС еще присутствует, то в других городах страны с такими заправками дела плохи.

Выбор расположения станции

Длительность «зарядки» машины током обуславливает и необходимость выбора соответствующего местоположения для электрозаправки. Оптимальный вариант расположения электрозаправки – там, где владелец электромобиля априори проведет несколько часов. Это могут быть офисные здания, фитнес-центры или торговые комплексы.

Большой плюс обустройства электрозаправки – куда меньшие затраты на строительство комплекса. В отличие от АЗС, реализующей бензин или дизельное топливо, не понадобится получать большое количество разрешений, строить специальный резервуар для хранения топлива, решать юридические аспекты работы под франшизой топливной компании. Соответственно, отсутствует необходимость привязки к определенному местоположению – для открытия электрозаправки подойдет куда меньший по площади участок. Открыть свой бизнес такого рода можно даже в центре крупного города.

Характеристики зарядной станции приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики зарядной станции

Место размещения	Улица / двор торгового центра
Способ установки	Наземный
Скорость зарядки	Быстрая
Номинальное питание	Переменное 220/380 Вт, 50 Гц
Мощность	50 кВт
Защита от скачков напряжения	–
Материал	Нержавеющая сталь
Соединение с автомобилем	Зарядка Mode 3
Подсчет электроэнергии	Встроенный счетчик с токовым трансформатором
Рабочая температура	От +30 до –50 °С
Идентификация статуса зарядки	3-цветная цветовая идентификация
Количество точек зарядки	2

Принцип устройства станции

Терминалы быстрой зарядки намного лучше справятся с быстрой зарядкой «железного коня» – 20–30 минут вполне достаточно. Их мощности (от 50 кВт) в основном достаточно, чтобы сократить время ожидания клиента. Стоимость такого оборудования уже будет намного выше – от двух миллионов рублей. Однако у таких опций есть и обратная сторона – частое использование ускоренной заправки может негативно сказаться на ресурсах аккумулятора дорогого электромобиля.

Зарядная станция содержит корпус, во внутренней полости которого расположены исполнительный модуль, управляющий модуль, приемопередающий модуль, устройство защитного отключения подачи электричества, средство для определения факта подключения зарядного кабеля электро-транспорта, связанное с управляющим модулем, датчики перемещения и наклона корпуса станции, предназначенные для контроля и регистрации механического воздействия на корпус зарядной станции (рис. 1).

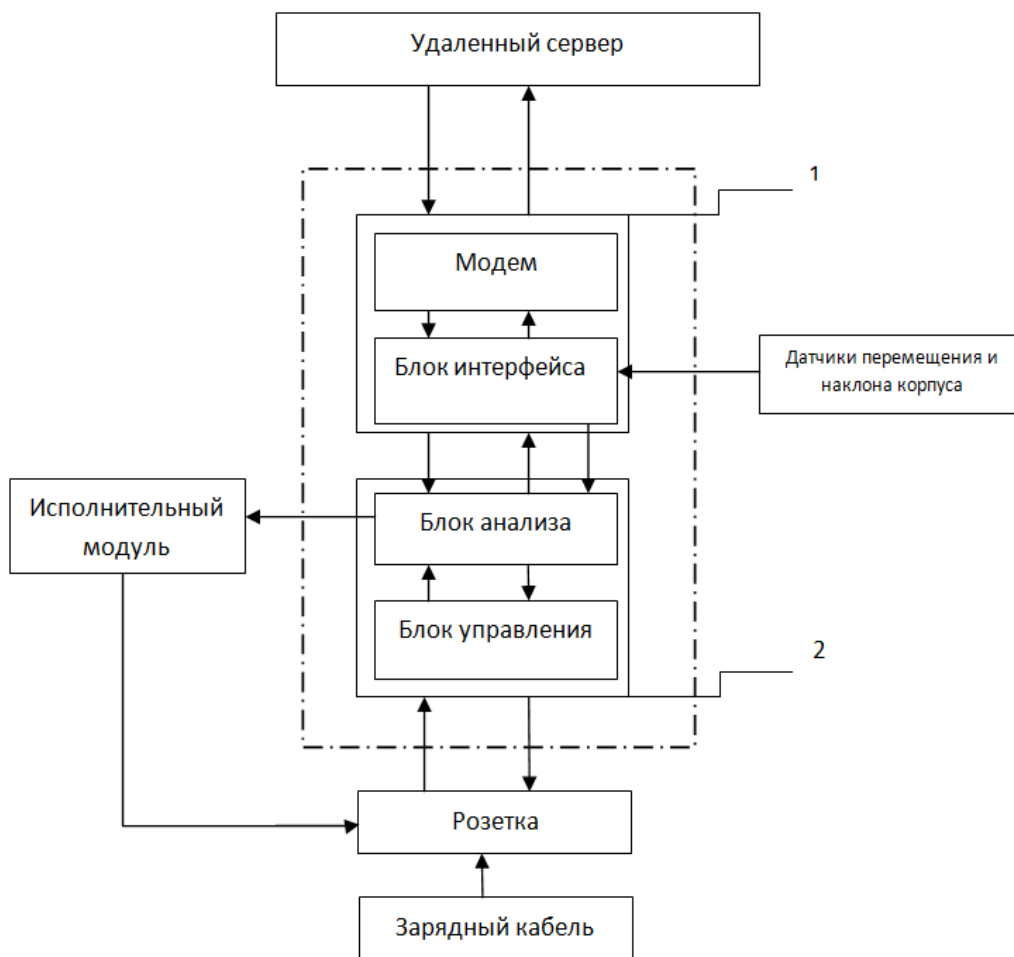
Устройство защитного отключения применяется для защиты людей от поражения электрическим током и для предотвращения возникновения пожара по причине появления тока утечки электропроводки.

Станция включает светодиодный модуль внешней индикации состояния станции, связанный с управляющим модулем, световое табло которого смонтировано на внешней поверхности корпуса зарядной станции. В светодиодном модуле различают три цвета, характеризующих состояние зарядной станции: зеленый – станция готова к работе; синий – станция заряжает электро-транспорт; красный – станция выведена из эксплуатации.

Исполнительный модуль соединен с управляющим модулем и с розеткой, предназначенной для подключения зарядного кабеля электротранспорта к зарядной станции.

Приемо-передающий модуль состоит из соединенных между собой блока интерфейса и модема, которые через сеть Интернет связаны с удаленным

сервером программного комплекса по управлению сетью зарядных станций. Модем приемо-передающего модуля снабжен автономным источником питания, например аккумуляторной батареей, который позволяет в случае отключения или пропадания напряжения в электрической сети сохранить и передать всю необходимую информацию о состоянии зарядной станции перед аварией и о самой аварии через сеть Интернет на удаленный сервер.



- 1 – Приемо-передающий модуль;
- 2 – Управляющий модуль;

Рис. 1. Схема работы зарядной станции

На внешней поверхности корпуса станции расположено гнездо для индивидуальной карты пользователя, связанное с устройством идентификации пользователя.

Станция также включает автоматические выключатели, предназначенные для защиты электрических установок от перегрузок и короткого замыкания, а также для нечастых включений и отключений электрических цепей, и счетчик электроэнергии, предназначенный для измерения качества электроэнергии, поступающей на зарядную станцию.

Принцип работы станции

При использовании зарядной станции для заряда батарей электротранспорта пользователю необходимо подключить электротранспорт посредством зарядного кабеля к розетке зарядной станции. Управляющий модуль по функциональным контактам средства для определения факта подключения зарядного кабеля к розетке зарядной станции получает сигналы о соответствующих подключениях. При отсутствии хоть одного из сигналов от функциональных контактов напряжение на розетку не поступит.

При вводе карты в гнездо устройства идентификации информация о пользователе с карты поступает на управляющий модуль. Далее с управляющего модуля сигнал поступает на блок интерфейса приемо-передающего модуля, где после преобразования поступает на модем и далее через сеть Интернет на удаленный сервер.

При положительном ответе удаленного сервера после извлечения карточки пользователя из гнезда светодиодный модуль внешней индикации состояния зарядной станции переключается с мигающего красного цвета на синий. При этом питание поступает на обмотку управляющего модуля и своими контактами замыкает цепь подачи питания на розетку. Индикатор статуса обозначает начало процесса зарядки желтым цветом – «Заряд».

При отрицательном ответе удаленного сервера после извлечения карточки пользователя индикатор состояния зарядной станции продолжит мигать красным цветом, что и будет обозначать отсутствие одного из выше перечисленных критериев проверки.

Система определяет наличие соединения между зарядной станцией и электромобилем и только после этого, при разрешении от сервера на зарядку, подаст питание на розетку.

Станция также содержит систему оповещения владельца автомобиля о полном заряде. Специальный датчик отправляет сигналы в микропроцессор, и, когда батарея заряжена на 100 %, система автоматически подает команду на отключение станции. При этом владелец получает уведомление о том, что машину можно снять с зарядки и перегнать в другое место, чтобы не занимать место без надобности. В реализации данной системы помогает также то, что все владельцы имеют зарегистрированные на свое имя идентификационные карты, активированные в специальном приложении.

Для окончания процесса заряда необходимо повторно ввести карту пользователя в гнездо устройства идентификации пользователя. После того как пользователь повторно пройдет идентификацию, управляющий модуль снимет питание с управляющей катушки исполнительного модуля, что приведет к обесточиванию розетки, тем самым прекращая зарядку электромобиля и давая возможность пользователю отключить зарядный кабель. Таким образом, зарядная сессия завершена.

Финансовые показатели

Рассмотрим финансовые показатели при открытии электрозаправки. Основные затраты придется на закупку непосредственно самого оборудования.

Таблица 2

Затраты

Наименование	Сумма, руб.
<i>Недвижимость</i>	
Аренда помещения	50 000
<i>Оборудование</i>	
Оборудование для электрозаправки (1 терминал)	1 292 416
Платежный терминал	30 000
Система видеонаблюдения	20 000
Оборудование для удаленного офиса	50 000
<i>Нематериальные активы</i>	
Программное обеспечение	30 000
Итого	1 472 416

Что касается персонала, то обслуживать электрозаправку можно силами 2–3 человек. Примерные расходы представлены в табл. 3.

Таблица 3

Примерные расходы

Должность	Зарплата, руб.
Специалисты контактного центра (2 человека)	60 000
Электрик	35 000
Охрана	15 000
Итого (с отчислениями)	150 000

Вывод

Как видим, дело идет, и тотальная электрификация транспорта не за горами. Способов зарядки электромобиля уже сейчас превеликое множество, и такое же количество находится в разработке. Конечно, многих может разочаровать высокая себестоимость современных зарядных устройств, тут ничего не поделаешь, но это временное явление, и придется подождать, когда инфраструктура достигнет реально глобального размаха.

Открывать электрозаправку в крупном городе-миллионнике с целью заработать на ней здесь и сейчас – дело сомнительное. Нужно быть готовым к небольшому доходу и долгому периоду окупаемости. Но парк электромобилей растет из года в год, и далеко не все новоиспеченные владельцы машин на альтернативном топливе будут заправляться только у себя дома в гараже.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернявская, Л.Ф., Лобанов, Р.В. Беспроводная зарядка электротранспорта / Л.Ф. Чернявская, Р.В. Лобанов // Механики XXI века. – 2011. – № 10. – С. 96–99.
2. Ларин, Д. Секретная зарядная станция для элетрокаров в Казани [Электронный ресурс] / Д. Ларин. URL: <https://kazanfirst.ru/> (дата обращения: 04.10. 2017).

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ИНВЕРТОРА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Рябикова Т.А. – магистрант

Иваницкий М.С. – д-р техн. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье представлены обзор основных характеристик, а также описание и характеристики деятельности основных современных видов инверторов для применения их при проектировании солнечной электростанции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инвертор, солнечная электростанция, возобновляемые источники энергии, альтернативная энергетика.

ABSTRACT. The article provides an overview of the main characteristics, as well as a description and characteristics of the activities of the main modern types of inverters for their use in the design of a solar power plant.

KEYWORDS: inverter, solar power plant, renewable energy. alternative energy.

Рост мирового населения привел к высокому спросу на новые источники энергии. Текущая тенденция в источниках энергии – это использование возобновляемых источников энергии вместо традиционных ископаемых видов топлива.

На государственном уровне принимается ряд законодательных и технических решений в поддержку развития альтернативной энергетика. Также правительству было рекомендовано создать благоприятные условия для популяризации и использования новых и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и более эффективного энергопотребления.

На сегодняшний день энергетика, работающая с использованием возобновляемых источников сырья (энергия ветра, солнца, энергия приливов и отливов и т. п.), является активно развивающейся отраслью народного хозяйства в связи с постоянно ухудшающимся экологическим состоянием в мире, ростом образования парникового эффекта, ежегодным сокращением и недостатком ископаемых ресурсов [2].

Многие исследователи изучали возобновляемые источники энергии с точки зрения их источников и их воздействия на окружающую среду [1]. Одним из примеров возобновляемой энергии является солнечная энергия, которая является одновременно бесплатным источником энергии и экологически безопасна.

Основными строительными блоками солнечной электрической станции (СЭС) являются солнечные батареи, или фотоэлектрические элементы, посредством которых производится преобразование солнечной энергии в электрическую на основе фотоэлектрического эффекта – процесса, который производит напряжение (постоянный ток) между двумя разными полупроводниковыми материалами при воздействии солнечного света. В настоящее время существуют различные типы солнечных элементов.

Для работы солнечной электростанции, помимо солнечных элементов, также необходимы инвертор, контроллер, аккумуляторные батареи и др.

Производство, сбор, преобразование, хранение и распределение солнечной энергии представляют собой главные задачи, так как весь процесс должен быть как эффективным, так и экономически целесообразным.

Вторым по значимости после фотоэлектрических элементов в работе солнечной электростанции является инвертор, который представляет собой устройство для преобразования постоянного тока в переменный ток с изменением величины напряжения, и обычно представляет собой генератор периодического напряжения, по форме приближенного к синусоиде или дискретного сигнала.

Инверторы напряжения могут применяться в виде отдельного устройства или входить в состав источников и систем бесперебойного питания аппаратуры электрической энергией переменного тока.

При выборе инвертора для солнечной электростанции или системы резервного питания необходимо учитывать ряд следующих факторов и параметров, представленных ниже.

1. *Входное напряжение.* Выбор входного напряжения необходимо согласовывать с мощностью инвертора, поскольку с увеличением выходной мощности также растут и входные токи, что может приводить к более тяжелым условиям работы транзисторов выходного каскада и к еще большим потерям на соединительных проводах.

Снизить входные токи и соответственно уменьшить размер потерь позволяет выбор более высокого входного напряжения, которое бывает одним из следующих: 12, 24, 48 В.

Поэтому при работе рекомендуется выбирать следующее напряжение: 12 В при мощности до 600 Вт; 24 В при мощности от 600 до 1500 Вт; 48 В при мощности более 1500 Вт.

2. *Номинальная и пиковая выходные мощности.* В идеале номинальная выходная мощность инвертора должна быть равна сумме мощностей всех его нагрузок. Однако в действительности чаще всего делают выбор по нагрузке с максимальной мощностью. При этом необходимо также учитывать и пусковые токи всех нагрузок, которые могут быть в 10 раз больше рабочих. Если умножить пусковой ток на напряжение (220 В), будет получена пусковая мощность, которая должна быть меньше пиковой.

Стоит отметить, что если производитель не указывает отдельно пиковую выходную мощность, то, скорее всего, указанная в качестве номинальной в действительности является пиковой.

3. *Форма выходного напряжения* (чистый синус, квазисинусоида, прямоугольная). Прямоугольная форма выходного напряжения в инверторе не является эффективной, форма квазисинусоида – это своего рода компромисс между прямоугольной формой и чистым синусом.

Поэтому при проектировании рекомендуется выбирать инверторы с

синусоидальными моделями выходного напряжения как наиболее качественные и производительные.

4. *Вес.* Одним из косвенных признаков качественных инверторов является их вес. Во всех без исключения качественных инверторах используется выходной трансформатор, который имеет большой вес. Грубо можно оценить вес по простой формуле: на 1 килограмм приходится 100 Вт выходной номинальной мощности, то есть, например, 600 Вт – 6 кг. Если же 600-ваттная модель имеет вес всего лишь 2–3 кг, то в ней точно нет выходного трансформатора.

5. *Вентилятор охлаждения.* Модель инвертора может быть оснащена вентилятором для принудительного охлаждения, который может работать постоянно или включаться только при перегреве, также в некоторых моделях регулируется его скорость. В качественных моделях вентилятор отключается при небольшой нагрузке, при этом делает работу инверторов совершенно бесшумной, что бывает очень важным при его домашнем использовании.

6. *Защиты.* Качественный инвертор должен обладать максимальным количеством защит: от высокого и низкого напряжения аккумуляторной батареи, от короткого замыкания (КЗ) по выходу, от перегрузки по выходу, от перегрева.

7. *Наличие защит сможет предотвратить выход из строя в экстренных ситуациях.* Коэффициент полезного действия (КПД) солнечного инвертора в современных моделях составляет около 90–95 %. При значении КПД ниже 90 % будет происходить потеря более 10 % электрической энергии, вырабатываемой солнечной электростанцией, что крайне неэффективно и недопустимо [3].

8. *Потребляемая мощность без нагрузки и в режиме ожидания.* Одним из важных параметров в эффективной деятельности инверторов также является его потребляемая мощность без нагрузки. Этот параметр должен быть в районе 1 % от номинальной мощности. То есть, например, если номинальная мощность равна 600 Вт, то потребление без нагрузки должно составлять около 6 Вт.

Необходимо выбирать модель инвертора для солнечной батареи с минимальным потреблением в режиме ожидания, для того чтобы минимум энергии тратился на поддержание работы системы. Большим плюсом в этом случае будет являться наличие дежурного режима, в котором сокращение энергопотребления еще более значительно.

Наличие дежурного режима (режима ожидания). Наличие дежурного режима в инверторе позволяет значительно сэкономить энергию, запасенную в аккумуляторах. При этом, чтобы не возникало проблем с подключением нагрузок малой мощности, необходимо, чтобы дежурный режим инвертора можно было отключать вручную.

Рабочий температурный диапазон. Так как инвертор можно использовать и в отапливаемом, и в неотапливаемом помещениях, то необходимо и целесообразно обратить внимание на рабочий температурный диапазон выбранной модели инвертора. Кроме того, широкий температурный диапазон может указывать на то, возможно использование устройства не только в быту, но и в производстве, что, в свою очередь, может говорить о его высоком качестве.

Таким образом, используя различную комбинацию вышеперечисленных характеристик инвертора, можно создать модель, которая будет оптимально соответствовать заданным условиям работы, и КПД его деятельности будет максимальным.

Также необходимо отметить, что в СЭС большой мощности рекомендуется одновременно применять несколько инверторов, это послужит страховкой от аварийного прекращения работы солнечной электростанции при выходе из строя одного из преобразователей.

В настоящее время существует три вида инверторов: автономные, сетевые и многофункциональные, описание и основные характеристики деятельности которых представлены в табл.

Описание существующих видов инверторов

Наименование	Описание и основные характеристики деятельности
<p>Автономные инверторы</p> 	<p>Автономные инверторы имеют обозначение «offgrid». Они подсоединены к солнечному модулю, являются частью обособленной фотоэлектрической системы и почти не контактируют с внешней электрической сетью. Их мощность находится в диапазоне от 100 до 8000 Вт.</p>
<p>Сетевые инверторы</p> 	<p>Синхронные или сетевые инверторы работают синхронно с централизованной системой электроснабжения. Преобразователи с обозначением «ongrid» не только выполняют функции преобразователя, но также исправляют такие параметры сети, как показатели частоты, амплитудные перепады и др. Если во внешней сети наблюдаются какие-либо неполадки, то инвертор данного вида автоматически отключается. Такие инверторы могут накапливать электроэнергию в аккумуляторных батареях.</p>
<p>Многофункциональные инверторы</p> 	<p>Гибридный, комбинированный или многофункциональный инвертор является самым надежным оборудованием. Он сочетает в себе свойства первых двух преобразователей, а также обладает большим числом настроек.</p>

Таким образом, из представленных в таблице вариантов инверторов лучшими и эффективными на данный момент являются многофункциональные инверторы, которые мы планируем использовать при проектировании солнечной электростанции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. El-Khozondar, Hala J. Modified solar cells with antireflection coatings / Hala J. El-Khozondar, Rifa J. El-Khozondar, Rafat Al Afif, Christoph Pfeifer // International Journal of Thermofluids. – 2021. – № 11. – С. 32–41.
2. Рябикова, Т.А. Анализ потерь при выработке электроэнергии на солнечной электростанции / Т.А. Рябикова // Сборник статей XX научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград, 2021. – С. 271–274.
3. Солнечные батареи в каждый дом [Электронный ресурс] // Официальный сайт интернет-магазина солнечных батарей. URL: //https://www.solnechnye.ru/invertory-220v/vybor-invertora.htm. Дата обращения: 01.12.2021.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ НА ЛЭП

Чернобаева Л.А. – студент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. Проблема борьбы с обледенением проводов линий электропередачи особенно актуальна в регионах с высокой влажностью и низкими температурами зимой. Поэтому во всем мире активно ведутся исследования и разработка способов и устройств для борьбы с обледенением линий электропередачи и контактных сетей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: обледенение, ЛЭП, методы борьбы.

ABSTRACT. The problem of combating icing of power line wires is common all over the world, especially in regions with high humidity and low temperatures in winter. Therefore, all over the world, a number of companies and organizations are actively conducting research and development of methods and devices to combat icing of power lines and contact networks.

KEYWORDS: Icing, Power line, Methods of struggle

В настоящее время для передачи и распределения электрической энергии на больших расстояниях от источника к потребителю используются воздушные линии электропередачи (ЛЭП). Воздушные линии, в отличие от кабельных, наиболее подвержены воздействию метеорологических явлений, а именно: смерчи, ураганы, грозы, молнии, шквалы. Эти явления зачастую приводят к перепадам температур и образованию на проводах ЛЭП гололедно-изморозевых отложений. Все эти явления, безусловно, наносят им значительный вред. Урон, нанесенный гололедно-изморозевыми отложениями, приводит к снижению надежности передачи электроэнергии, и впоследствии необходимо восстановление опор и проводов после гололедных аварий, что занимает много времени, требуется привлечение как дополнительных сил работников, так и технических средств.

В регионах с высокой влажностью и резкими перепадами температуры в осенне-зимний период, большими минусовыми температурами зимой борьба с гололедообразованием на проводах занимает ведущую позицию в рейтинге повреждений ЛЭП. Наличие гололеда на ЛЭП приводит к дополнительным нагрузкам на все элементы воздушных линий. В результате резкого и значительного увеличения массы происходит обрыв токопроводящих проводов и грозотросов, что также может привести к ухудшению защитных свойств изоляторов и разрушению опор. Суть обледенения – это насаждение с последующим замерзанием капель воды на поверхности проводов или налипание мокрого снега при скорости ветра, не превышающей 10...20 м/сек. Обледенение происходит с наветренной стороны проводов, если ветер перпендикулярен ЛЭП, и равномерно распределяется по всей длине, если ветер направлен параллельно проводу.

К борьбе с обледенением можно отнести электротермические, термодинамические, электромеханические, механические и физико-химические методы.

Электротермический способ заключается в заранее предусмотренном подогреве на 10...20 °С проводов ВЛ и непосредственной плавке обледенения на проводах путем нагрева ЛЭП до температуры 120...130 °С.

Электротермическое воздействие на гололед возможно несколькими способами:

- постоянным током с применением управляемого выпрямителя;
- постоянным током с применением управляемого выпрямителя и статического тиристорного компенсатора;
- током ультранизкой частоты (менее 0,1 Гц) с применением преобразователя частоты и статического тиристорного компенсатора;
- током ультранизкой частоты (менее 0,1 Гц) с применением непосредственного преобразователя частоты;
- током промышленной частоты (50 Гц) с применением искусственного короткого замыкания;
- током промышленной частоты (50 Гц) с применением устройства продольной компенсации;
- током высокой частоты (50...5000 МГц).

Термодинамическое воздействие осуществляется путем предварительного разогрева ЛЭП до формирования растопленной прослойки между проводом и ледяным цилиндром. И уже сила Ампера, возникающая при пропускании по проводам импульса тока, вызывает колебания ЛЭП и осыпание обледенения.

При электромеханическом способе удаление льда происходит при пропускании по проводам периодических импульсов тока, имеющих ударно-встряхивающий характер, вызывая их колебание и разрушение обледенения при возникновении механического резонанса.

К механическому способу можно отнести воздействие на отложения гололеда перемещающихся по проводам шнеков, использующих энергию постоянных магнитов, ветра или электромагнитного поля фазного тока ВЛ.

Физико-химический метод – это нанесение на провода специальных растворов, которые не позволяют каплям воды замерзнуть на проводах. Данный метод основан на получении покрытий с низкой адгезией к снегу, льду и всем водным средам. Для снижения адгезии используются супергидрофобные покрытия.

Рассмотрим несколько наиболее применяемых способов для борьбы с гололедно-изморозевыми отложениями [1].

Метод термического воздействия переменным током применяется на ВЛ с напряжением ниже 220 кВ и с проводами сечением менее 240 мм². Источником питания служит либо отдельный трансформатор, либо шины 6...10 кВ подстанций. Схема плавки гололеда выбирается так, чтобы ток, протекающий по проводам ЛЭП, в 1,5...2 раза превышал длительно допустимый. Сила тока при плавке гололеда в течение одного часа для сталеалюминиевых проводов типа АС сечением 50...185 мм² находится в пределах 270...600 А, а в профилактическом – в пределах 160...375 А.

Метод термического воздействия током ультранизкой частоты формируется трехфазным автономным инвертором напряжения. При этом эффективный ток плавки задается и поддерживается на должном уровне с помощью изменения величины напряжения питания.

Когда частота выходного напряжения автономного инвертора имеет значение в десятые доли герца, величина тока в проводах линии может ограничиваться только активным сопротивлением. В этом случае может быть увеличена длина ВЛ с сравнении с длиной линий, прогреваемых методом плавки переменным током промышленной частоты. При плавке током низкой частоты упрощается организация плавки, сокращается время плавки гололеда и уменьшается количество дополнительного коммутационного оборудования.

При методе термического воздействия током высокой частоты, без отключения ВЛ от потребителей, на фазные провода от генератора через согласующее устройство и высоковольтные конденсаторы связи подается ток частотой 50...500 МГц. В проводнике, имеющем однородную структуру, переменный ток концентрируется в поверхностном слое. Утончение с ростом частоты этого поверхностного слоя приводит к увеличению сопротивления той части проводника, по которой проходит ток. В результате, при одинаковой величине тока, чем выше значение частоты сигнала, тем больше рассеиваемая на проводнике тепловая мощность.

Таким образом, при мощности высокочастотного генератора в несколько десятков кВт возможен нагрев провода на 10...20 °С, что и предотвращает образование на проводе гололеда. Для полного устранения уже образовавшегося гололеда необходим нагрев провода до температуры 100...180 °С.

Электромеханический метод удаления льда с проводов линий электропередачи заключается в использовании принципа, когда при пропускании тока параллельные провода либо притягиваются, либо отталкиваются из-за действия возникающей между ними силы Ампера. Периодически пропуская импульсы

тока по проводам, последние будут совершать механические колебания, которые будут разрушать гололедно-изморозевые отложения. При этом частота импульсов тока должна быть близка к механическому резонансу и иметь амплитуду, достаточную для преодоления внешних и внутренних сил трения. Пропускаемый импульсный ток должен иметь качающуюся частоту, изменяться по гармоническому закону, иметь форму пачек импульсов с заданными законами изменения частоты, амплитуды и скважности.

При использовании данного способа необходимо исключить ошибки при расчете величины и частоты импульсов тока, чтобы избежать негативных последствий резонанса. При пропускании импульсов тока по проводам, лежащим на разных уровнях, значительно повышается эффективность разрушения гололеда, так как используется инерция льда и сила тяжести как дополнительный разрушающий фактор.

При использовании данного способа требуется отключение ВЛ, но время механического разрушения льда гораздо меньше времени, затрачиваемого на плавку и поэтому затраты электроэнергии ниже, чем при плавке гололедных отложений [2].

Метод удаления гололеда механическим способом – сбивание льда с помощью длинных шестов с автовышек или с земли. Данный способ применяется на непротяженных участках ЛЭП, но он требует доступа к ЛЭП, что нарушает нормальную работу участка. Для применения данного способа могут использоваться шесты, длинные палки, веревки и другой подручный инструмент. При удалении гололедных отложений без отключения ВЛ необходимо применять шесты из стеклопластика, бакелита и других аналогичных изолирующих материалов.

Для удаления гололеда с проводов шестами требуется привлечение большого количества рабочих. Этот метод требует больших затрат по времени и применяется в том случае, когда плавка электрическим током экономически нецелесообразна или технически невыполнима [4].

Метод удаления гололеда с помощью роликов-ледорезов, которые перемещаясь по проводам ЛЭП, выгибают их, переламывая тем самым образовавшуюся гололедную муфту. Вышеуказанные ролики установлены на штанге, которая, в свою очередь, установлена на гусеничном транспортном средстве. Количество штанг равно количеству проводов ЛЭП.

Гусеничное транспортное средство располагается под очищаемым проводом и с помощью груза устанавливает требуемую высоту штанги. Когда планка устанавливается в вертикальное положение, провод зажимается между роликами с ребордами. Зубья, имеющиеся на роликах, начинают разрушать лед, который при перегибе провода, опадает на землю.

Недостатком данного способа является невысокие производительность и эффективность удаления льда, а также существующая возможность повреждения и деформации проводов.

Физико-химические методы борьбы с гололедом

Специалистами Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН для снижения возможности обледенения алюминиевых проводов были разработаны специальные супергидрофобные покрытия. Такое покрытие на основе нановолокон оксида алюминия может выдержать несколько десятков заморозок-разморозок без изменения своей структуры при благоприятной для образования гололеда температуры и скорости ветра. На проводе без покрытия через непродолжительное время начинается образование ледяной «шубы», а на проводе с супергидрофобным покрытием – нет.

В Байкальском институте природопользования разработан способ нанесения на провода ЛЭП фторопластовых композитов, при использовании которых предотвращается не только обледенение, но и возможность короткого замыкания. Фторопласт термостоек, не боится самых низких температур, экологически безопасен и может применяться при больших механических нагрузках.

Недостатками данных покрытия является недолгий срок действия и невозможность наносить его на протяженные линии электропередачи регулярно [3].

Применение высоковольтных неизолированных проводов типа Z и композитных проводов повышенной прочности, улучшенной проводимости, обладающих повышенной стойкостью к снегоналипанию и намерзанию льда

Так, при производстве высоковольтных неизолированных проводов типа Z применяются Z-образные и трапециевидные проволоки из современных материалов, имеющих повышенную прочность и пропускную способность. Провод марки АААСZ изготавливается из прочного алюминиевого сплава, в котором внешние слои выполняются из проволок Z-образного сечения. Дополнительную прочность проводу марки ААСRZ добавляет стальной сердечник.

Провода данного типа имеют идеально гладкий верхний слой, плотную компоновку, сниженное аэродинамическое сопротивление, благодаря чему они выдерживают значительные механические напряжения при шквалистых ветрах и образовании гололеда. При этом благодаря эффективному сечению провода повышается пропускная способность ЛЭП.

Применение современных композитных материалов в производстве проводов также улучшает их прочностные характеристики. Провода, имеющие несущий сердечник из композитных материалов, в отличие от провода АС, гораздо лучше выдерживают гололедные нагрузки. Также сердечник из композитных материалов, в отличие от стального, менее подвержен тепловому расширению, соответственно, данный провод будет иметь гораздо меньшую величину провисания.

Недостатком применения усовершенствованных проводов является их высокая стоимость, что при реконструкции ЛЭП затруднительно.

Таким образом, поиск новых и усовершенствование старых методов борьбы с образованием гололеда на проводах при продолжающемся снижении механической прочности проводов является одним из направлений улучшения сложившейся ситуации. В настоящее время все вышеперечисленные методы

являются действенными, но обладают рядом недостатков, тем самым не решая до конца проблему с обледенением. Наиболее перспективным методом борьбы с обледенением является создание новых проводов, оснащенных анализом окружающей среды с использованием композитных материалов, которые позволяют подстраиваться под климатические условия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматическая система удаления льда с проводов линий электропередачи [Электронный ресурс] // Sworld.com. URL: <https://sworld.com.ua/simpoz2/72.pdf> (дата обращения: 09.12.2021).
2. Борьба с обледенением проводов на линиях электропередачи [Электронный ресурс] // Science.kuzstu.ru. URL: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference> (дата обращения: 09.12.2021).
3. Проблемы обледенения электрических и контактных сетей [Электронный ресурс] // kpfu.ru. URL: <https://kpfu.ru/portal/docs/F83065962/Sanakulov.pdf> (дата обращения: 10.12.2021).
4. Федяй, О.В. Плавка гололеда на воздушных линиях электропередачи напряжением 6-10 кВ в сельской местности: магистер. дис.: 13.04.02 / О.В. Федяй. – Тольятти, 2019. – 85 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ В СЕТЯХ 0,4 КВ

Герасимов А.С. – магистрант

Зенина Е.Г. – канд. техн. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье представлена актуальность существующей проблемы цифровизации линий связи удаленных населенных пунктов с помощью волоконно-оптических линий связи, а также предложен вариант решения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: комбинированный провод, передача электроэнергии и интернет-сигнала, линии связи для передачи интернет-сигналов, ВОЛС.

ABSTRACT. The article presents the relevance of the existing problem of digitalization of private sectors and settlements of the present time, as well as a solution option.

KEYWORDS: combined wire, transmission and internet signal, communication lines for transmission of internet signals, fiber-optic lines.

ЕЭС России за столетия набрала огромные масштабы по регенерации и транспортировке электрической энергии по всей территории Российской Федерации. Но в XXI веке, веке цифровых технологий, не у всех имеется качественный и, самое главное, доступный Интернет.

Речь идет не о крупных мегаполисах и городах, а о частном секторе и поселках страны. Это связано со многими проблемами как со стороны потребителей, так и со стороны интернет-провайдеров.

В современном мире возможность пользоваться быстрым и качественным Интернетом уже далеко не прихоть, а жизненная необходимость. Как правило, качественное высокоскоростное интернет-соединение обеспечивается за счет волоконно-оптических линий связи (далее ВОЛС). Основные проблемы, связанные с предоставлением услуг интернет-провайдеров:

- дороговизна монтажа ВОЛС;
- согласование технических условий для возведения ВОЛС на действующих опорах воздушных линий электропередач (ВЛ);
- значительная стоимость обслуживания ВОЛС.

Рассмотрим эти проблемы подробнее. В большинстве случаев для прокладки ВОЛС используется монтаж оптоволоконных линий на действующие опоры ВЛ электропередачи. Для официального использования опор ВЛ требуется получить в сетевой организации технические условия, согласовать техническую документацию и заключить договор о предоставлении права доступа к объектам электросетевого хозяйства. Однако не все провайдеры готовы нести достаточно большие временные и материальные затраты на оплату этой услуги и оформление технической документации, поэтому они прибегают к методу незаконного монтажа ВОЛС. В результате интернет-провайдеры в первую очередь ставят под удар не только себя, но и ничего не знающих клиентов, которые оплатили услуги данной компании.

Стоит отметить, что компания принимает заказ на выполнение подключения Интернета в частных секторах только при количестве заявок не менее 20, и стоимость оказания услуг для одного дома примерно составляет 5 тыс. руб. Цена может варьироваться в зависимости от региона и компаний, предоставляющих свои услуги. В большинстве случаев трасса оптоволокна берет свое начало от местности, где кабельный Интернет уже имеется. При этом расстояние ВОЛС от точки присоединения и до крайнего потребителя в линии может составлять десятки километров, что уже само по себе является ненадежным соединением и экономически нецелесообразным [2].

В случае обрыва оптоволокна требуется быстрое восстановление его целостности, а это может занимать не один час, в то время как клиент уже потеряет доверие к данному провайдеру, и объяснить, что провайдер в этом не виноват, будет уже не так значимо.

Исправить эти недостатки возможно при создании и внедрении комбинированных проводов. Конструктивная особенность комбинированного провода заключается в совместном использовании провода, передающего силовой электрический сигнал, и провода, передающего качественный интернет-сигнал. Монтаж данного провода может осуществляться на действующих опорах воздушных линий электропередачи 0,4 кВ. Конструктивно данный провод может быть помещен в единую защитную оболочку с возможностью разделения

проводов друг от друга, для удобства прокладки до потребителя интернет-соединения.

В конструкцию комбинированных проводов входят: провод, передающий электроэнергию напряжением 0,4 кВ, и провод, передающий интернет-сигнал. В основном для передачи электроэнергии используют провода марки СИП-1, СИП-2, СИП-1А, СИП-2А. Отличительной особенностью СИП-1А, СИП-2А от СИП-1, СИП-2 является применение изолированной несущей нулевой жилы.

Для передачи интернет-сигналов используют провода следующих марок:

- FTP – обозначает изделия с фольгированным единым экраном;
- F2TP – кабельная продукция защищена экраном из двух слоев фольги;
- S/FTP – в изделиях выполнено экранирование каждой жилы с использованием фольги, для наружного слоя применяется сетка из медных сплавов;
- STP – жилы имеют защиту из фольги, предусмотрено внешнее экранирование конструкции провода;
- U/STP – выполнена защита жил с помощью фольги, внешней изоляции не предусмотрено;
- SF/UTP – изделия с двойным внешним экранированием, оплеткой из меди и листов фольги, витая пара по характеристикам наиболее прочная и защищенная от воздействия атмосферных осадков.

Этот способ позволит обеспечить доступ всем территориально удаленным населенным пунктам страны к Интернету, где есть действующие опоры воздушных линий электропередачи. Таким образом, интернет-провайдерам достаточно будет предоставить и установить необходимое оборудование для подключения своих клиентов, что будет выгоднее и целесообразнее [1].

Данное нововведение позволит ускорить внедрение указа Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы», который отражает приоритетное направление развития коммуникационных средств связи и является первостепенной задачей в век высоких технологий и инноваций. Однако это будет возможно внедрить в повседневную практику только при внесении необходимых изменений в нормативные документы, связанных с техническими условиями, касающимися всех этапов жизненного цикла комбинированных проводов, и разделении материальной и/или технической ответственности за их монтаж, обслуживание и эксплуатацию.

Подводя итоги вышесказанного, можно сделать вывод, что использование комбинированных проводов позволит минимизировать монтажные работы интернет-компаний, снизить затраты на монтаж проводов, сократить затраты на обслуживание ВОЛС, что, безусловно, приведет к масштабным темпам развития коммуникационных средств связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галкин, В.А., Григорьев, Ю.А. Телекоммуникации и сети / В.А. Галкин, Ю.А. Григорьев. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 607 с.
2. Барроу, К. Курс выживания интернет-компаний / К. Барроу. – М.: Альпина-Паблицер, 2018. – 341 с.
3. Саммерс, Ч., Дюнц, Б. Высокоскоростное цифровое соединение с сетью Интернет / How to get a high-speed connection to the Internet / Ч. Саммерс, Б. Дюнц. – М.: Радио и связь, 2017. – 232 с.

БЫСТРАЯ ЗАРЯДНАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Коробов К.А., Крылов А.Д. – студенты
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрен вариант выполнения быстрой зарядной станции для электромобилей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электротранспорт, электричество, система, станция, зарядка, быстрая.

ABSTRACT. The article discusses an option for performing a fast charging station for electric vehicles.

KEYWORDS: electric transport, electricity, system, station, charging, fast.

Рынок электромобилей развивается довольно динамично, а вместе с ним развиваются и способы их зарядки. В мире появляется все больше зарядных станций. В данной статье речь пойдет о нашем опыте создания зарядной станции.

Необходимо отметить, что станция будет быстрозарядной, а значит, процесс зарядки будет происходить постоянным током. За это отвечает программируемый, согласно МЭК 61131, зарядный контроллер для зарядки электромобилей переменным током и постоянным током в комбинированных зарядных системах. Таким образом, в критических ситуациях клиент сможет подзарядиться зарядкой переменного тока.

Защищенный панельный ПК позволит без риска повреждения устройства управлять зарядной станцией и настраивать ее под нужные опции.

Использование охлаждаемого зарядного кабеля постоянного тока High Power Charging от phoenix-contact обеспечит нашей станции более быстрый и безопасный процесс зарядки. High Power Charging (HPC) – это разработанная Phoenix Contact технология зарядки, позволяющая за 3–5 минут зарядить батарею электромобиля до уровня, достаточного для преодоления 100 км. Также, помимо самого зарядного кабеля, к станции прилагается переходник для зарядного устройства электромобиля, который позволит заряжать транспорт, имеющий входы типа 1 и типа 2.

Встроенный в станцию модуль дифференциальной защиты серии EV-RCM обнаруживает с помощью измерительного датчика постоянный и переменный ток утечки. Опциональное подключение к зарядному контроллеру Phoenix Contact обеспечит возможность удобного контроля состояния, а также автоматического сброса при возврате в исправное состояние без тока утечки. Это позволяет сократить число затратных операций по обслуживанию и обеспечивает немедленную готовность пункта зарядки для дальнейшей работы.

Двунаправленные преобразователи в основном используются в устройствах, где требуется гальваническая развязка источника от нагрузки. Гальваническая развязка в бортовой системе электромобиля необходима для обеспечения электробезопасности, так как аккумуляторная батарея с напряжением, являющаяся источником энергии, представляет опасность для человека. В двунаправленном преобразователе постоянного напряжения электрическая развязка обеспечивается высокочастотным трансформатором (ВТ). Данный тип преобразователя может быть применен для электроснабжения бортовых потребителей напряжением 12 В.

Одной из ключевых особенностей нашей станции можно считать блокчейн Ethereum для зарядки электромобилей от энергетического гиганта RWE. Он представляет из себя приложение на смартфоне под названием Share&Charge и смарт-контракты на блокчейне Ethereum, интегрированные в зарядные станции, которые дадут пользователям без участия третьей стороны предоплачивать услуги, заряжать электромобиль, возвращать свой депозит, наблюдать за процессом зарядки в реальном времени, контролировать затраты, отслеживать ближайшие заправки и т. д.

Кроме того, новое решение сможет выполнять такие функции, как идентификация пользователя, обработка платежа и начисление бонусных очков по программе лояльности. Умный контракт оптимизирует все эти операции, упрощая процедуру биллинга и делая процессы прозрачными и безопасными.

Целью проекта являлась, конечно, разработка быстрозарядной станции для электромобилей, но немаловажным фактором при разработке являлась защита человека от поражения электрическим током при использовании зарядной станции. Предложенная зарядная станция для электротранспорта обладает рядом преимуществ:

- совместимость с различными видами зарядных устройств электрокаров;
- управление – интуитивно понятный интерфейс, личный кабинет и мобильное приложение максимально упрощают процесс зарядки.
- автономность – зарядная станция полностью автономна и не требует вмешательства специалистов. А облачный сервис позволяет контролировать состояние станции в режиме реального времени.
- высокий уровень защиты от всех видов внешних воздействий (климатические факторы, механическое воздействие и пр.).

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИЗА РАСТВОРЕННЫХ В МАСЛЕ ГАЗОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Бекметов Т.И. – магистрант
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье представлена общая информация о хроматографическом анализе газов в масле трансформаторов, приведены значения граничных концентраций газов для силовых трансформаторов, показаны различия между существующими его разновидностями, применяемыми в разных странах. Также показаны результаты определения концентраций газов в маслonaполненных измерительных трансформаторах и сделаны выводы о применимости существующих в России РД и отраслевых стандартов к оценке их состояния.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: изоляция, трансформатор, ХАРГ, диагностика, старение, дефекты, частичные разряды, трансформаторное масло, РД, трансформатор тока, трансформатор напряжения.

ABSTRACT. The article provides general information on the dissolved gas analysis (DGA) in transformer oil, gives the values of the boundary gas concentrations for power transformers, shows the differences between its existing varieties used in different countries. It also shows the results of determining the concentration of gases in oil-filled instrument transformers and draws conclusions about the applicability of existing Russian industry standards to assess their condition.

KEYWORDS: insulation, transformer, DGA, diagnostics, age hardening, defects, partial discharges, transformer oil, current transformer, voltage transformer.

Метод ХАРГ основывается на определении отношений концентраций различных пар газов, содержащихся в трансформаторном масле. Для каждого из этих отношений определены так называемые граничные концентрации, или диапазоны типовых значений, превышение которых свидетельствует о развитии определенного вида дефекта электрической и (или) тепловой природы, развивающегося в трансформаторе, а также критерии скорости нарастания газов, указывающие на наличие быстроразвивающегося дефекта [1, с. 148]. Однако существующие его разновидности имеют недостатки. Получаемые в ходе оценки состояния результаты несут лишь условную смысловую нагрузку, так как определение вида прогрессирующего дефекта (тепловой или электрический) возможно только при росте концентраций углеводородного газа или водорода сверх граничных значений, определенных в нормативах [2, с. 11]. На это влияют такие факторы, как снижение концентраций газов в масле в негерметичном оборудовании и в случае протекания в различных внутренних химических реакциях, возникающих при наличии дефекта. На текущий момент не определены

единые граничные концентрации для фурановых газов. К тому же методики контроля, применяемые в разных странах, сильно отличаются друг от друга по критериям определения дефектов трансформатора и величинам граничных концентраций, что, в свою очередь, может привести к получению разных результатов для одного трансформатора.

Что же касается методики, применяемой в России, то требования к ее применению для измерительных трансформаторов (ИТ) тока и напряжения не прописаны в нормативных документах. К тому же в России не определены граничные концентрации газов в масле для ИТ, в связи с чем очень часто при подведении итогов оценки состояния руководствуются Стандартом ИЕС 60599 (МЭК) или нормами, включенными в РД для силовых трансформаторов и вводов. Данный подход является в корне неверным. Также при анализе величин содержания газов за длительные периоды эксплуатации трансформаторов на энергопредприятиях выявлено существенное различие этих величин для ИТ разного исполнения и классов напряжения. И все эти значения значительно ниже, чем величины, определенные в Стандарте ИЕС 60599 для измерительных трансформаторов и РД для силовых трансформаторов.

Хроматографический анализ растворенных в масле газов (ХАРГ)

Верные признаки развивающегося дефекта – это выделение водорода, монооксида углерода и влаги. Любой дефект электрической или тепловой природы сопровождается выделением водорода в том или ином количестве. На рис. 1 отображена зависимость выработки газов от температуры масла, а также концентрации газов, образующихся при возникновении частичных разрядов независимо от температуры (столбец слева). Как видно на графике, при температуре, превышающей 150 °С, начинается выделение водорода, а выделение остальных газов начинается при температуре 350–500 °С. Также при температуре свыше 900 °С прекращается эмиссия метана и этана. Рост концентрации ацетилена является признаком очень опасных дефектов, сопровождающихся искрением в масле, и требует немедленного вывода оборудования в ремонт во избежание аварии. Угарный газ выделяется при разложении твердой изоляции (дефект тепловой природы), для которого он является ключевым (рис. 2).

В табл. 1 показаны особенности применяемых на сегодняшний день в разных странах разновидностей метода ХАРГ. Они различаются между собой по контролируемым газам и граничным концентрациям, значениям соотношений концентраций, по которым определяют вид дефекта, и типам повреждений, обнаруживаемых путем их применения.

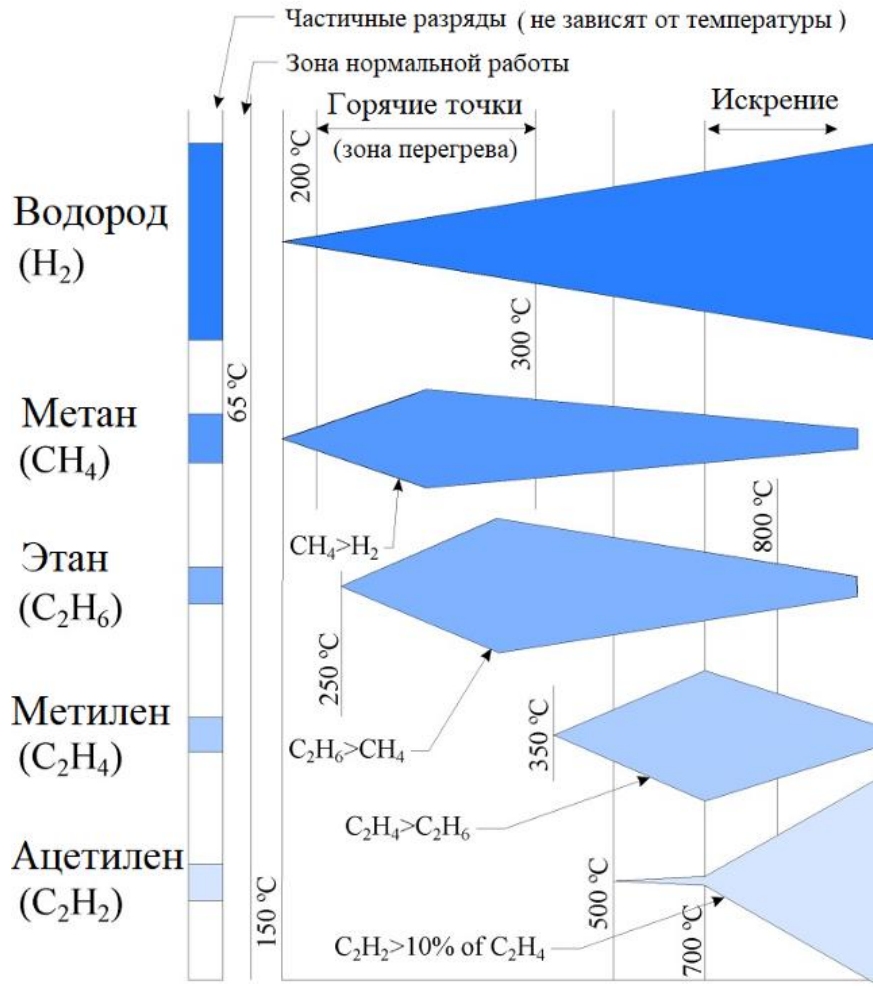


Рис. 1. Выработка газа в зависимости от температуры

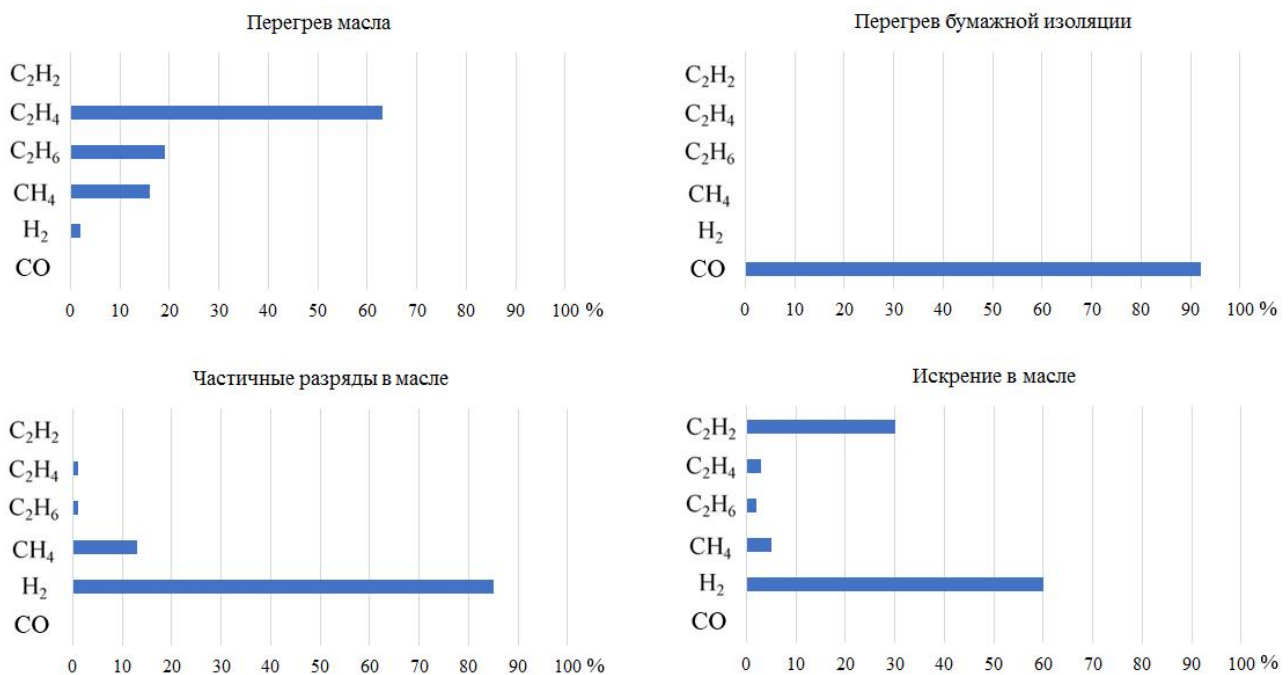


Рис. 2. Определение неисправности по соотношению ключевых газов

Таблица 1

Основные характеристики методов ХАРГ

Метод	Путь определения дефекта	Определяемые дефекты	Используемые газы
Ключевой газ Key Gas Method (KGM)	По значениям концентраций газов	ЧР, искрение, превышение температуры масла, перегрев бумажной изоляции	CO, H ₂ , C ₂ H ₂ , C ₂ H ₄
Соотношения Дорненбурга Doernenburg Ratio Method (DRM)	По соотношениям между концентрациями четырех пар газов	Термическое разложение, ЧР, искрение	H ₂ , C ₂ H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄
Соотношения Роджерса SEGB/Rogers Ratios Method (RRM)	Определение соотношений между концентрациями трех пар газов	Естественное старение, ЧР, искрение, тепловые дефекты в диапазонах t < 300° С, 300–700 °С и при t > 700 °С	H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄
Соотношения МЭК IEC 60599 Ratio Method (IRM)		Разряды низких и высоких энергий, ЧР, тепловые дефекты в диапазонах t < 300 °С, 300–700 °С и при t > 700° С	H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄
Треугольник Дюваля Duval Triangle Method (DTM)	По концентрациям трех газов, свидетельствующих о росте энергии или температуры деградации масла	То же, что и в предыдущем методе, плюс естественное старение изоляции	CH ₄ , C ₂ H ₂ , C ₂ H ₄
Пятиугольник Дюваля Duval Pentagon Method (DPM)	По концентрациям пяти газов, свидетельствующих о росте энергии или температуры деградации масла	То же, что и в предыдущем методе, плюс естественное старение изоляции	H ₂ , C ₂ H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄

Практический опыт применения ХАРГ показал, что метод треугольника Дюваля дает наиболее достоверные сведения о неполадках в изоляции трансформатора и поэтому является лучшим. Для метода пятиугольника Дюваля, хотя он и показывает более полную картину и принимает во внимание естественное старение изоляции, необходимы дальнейшие исследования и уточнения. На рис. 3 показан график, используемый для определения вида дефекта по сочетанию значений концентраций ацетилена, метана и этилена. Данные концентрации рассчитываются по следующим формулам:

$$\% \text{C}_2\text{H}_2 = 100 \cdot xx + y + z;$$

$$\% \text{C}_2\text{H}_4 = 100 \cdot yx + y + z; \quad (1)$$

$$\% \text{CH}_4 = 100 \cdot zx + y + z,$$

где x , y и z — концентрации газа в ppm (ацетилена, этилена и метана соответственно) [3, р. 6].

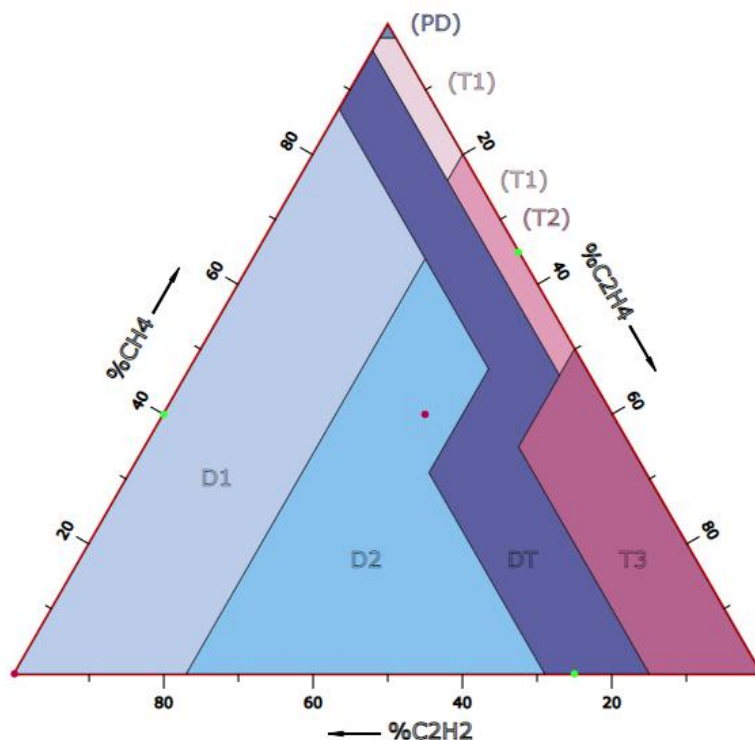


Рис. 3. Треугольник Дюваля

Применение существующей методики для оценки состояния маслонаполненных измерительных трансформаторов

В данном разделе представлены результаты ХАРГ при профилактическом контроле ИТ, работающих в регионах с различными климатическими условиями (Центрального, Сибирского, Южного и Уральского округов). Число расчетных интервалов принято равным 50 вместо 10–15, рекомендуемых по РД 153-34.0-46.302-00 [4, с. 7], отобраны как граничные концентрации значения, для которых интегральная функция распределения составляет $F = 0,90–0,95$. Это означает, что у 90–95 % проанализированных ИТ содержание газов оказалось ниже величин, отобранных как граничные. Газы, содержание которых выше определенных граничных, названы характерными, основным газом обозначен газ с максимальным относительным превышением. Характер прогрессирующей неисправности выявлялся по комбинациям основного и характерного газов. Эти данные сверялись с данными, полученными при измерении других параметров изоляции и внутреннем осмотре трансформатора.

Трансформаторы тока (ТТ) ТФЗМ

Значения концентраций газов были рассчитаны для выборки 528 единиц ТТ 220 и 500 кВ и 467 единиц ТТ 110 кВ. Результаты расчета представлены в табл. 2–3.

Таблица 2

Граничные значения содержания газов в масле ТФЗМ 220-500 кВ

Класс напряжения (кол-во ИТ)	Уровень	Содержание газов в масле, мкл/л						
	F	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆
220 кВ (344 ед.)	0,90	6	75	670	3,0	0,3	2,0	2,0
	0,95	23	115	880	7,0	0,5	4,0	2,0
500 кВ (184 ед.)	0,90	10	125	1070	2,0	0,5	5,0	2,0
	0,95	33	140	1400	10,5	2,8	21,0	1,5
220 и 500 кВ (528 ед.)	0,90	7	100	850	3,0	0,5	2,0	1,0
	0,95	25	130	1040	9,0	0,6	5,5	2,7

Таблица 3

Граничные значения содержания газов в масле ТФЗМ 110 кВ

Объем выборки	Уровень	Содержание газов в масле, мкл/л						
	F	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆
467 ед.	0,90	400	100	700	400	1	5	160
	0,95	880	110	1050	640	1	6	240

Результаты расчета для ТФЗМ 220 и 500 кВ отличаются слабо; значения граничных концентраций водорода H₂, метана CH₄ и этана C₂H₆ у ТФЗМ напряжением 110 кВ оказались на два порядка выше, чем у ТФЗМ классов напряжения 220 и 500 кВ, а граничные концентрации других газов (этилена C₂H₄, угарного CO и углекислого CO₂ газов) примерно те же, что у ТФЗМ других классов напряжения. Вероятно, это связано с тем, что в ТФЗМ 220 кВ объем масла в 7 раз выше, чем в ТФЗМ 110 кВ. В любом случае полученные граничные значения можно рекомендовать как справочные.

Трансформаторы напряжения (ТН) типа НКФ

Граничные значения были определены для выборок ТН типа НКФ на напряжение 110, 220, 330 и 500 кВ.

Таблица 4

Граничные значения содержания газов в масле работающих ТН 110-500 кВ

Класс напряжения (кол-во ИТ)	Уро-вень	Содержание газов в масле, мкл/л						
	F	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆
1	2	3	4	5	6	7	8	9
110 кВ (477 ед.)	0,90	4	70	1300	2	0,4	5	3
	0,95	5	100	1600	4	0,5	9	6
220 кВ (215 ед.)	0,90	26	100	1200	6	0,4	5	5
	0,95	30	300	1500	20	0,5	9	10
330 кВ (75 ед.)	0,90	4	120	1100	2	0,5	6	2
	0,95	7	180	1400	5	0,7	10	5

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
500 кВ (47 ед)	0,90	36	100	1000	22	0,5	2	2
	0,95	48	100	1100	26	0,5	4	3
110-500 (814 ед)	0,90	11	83	1050	4	0,4	5	3
	0,95	30	120	1100	10	0,5	10	6

Как видно из табл. 4, значения для ТН разных классов напряжения различаются между собой слабо, что позволяет рассматривать их как единую группу. При этом расчетные значения концентраций при интегральной функции распределения $F = 0,9$ и $F = 0,95$ отличаются примерно в 2–3 раза. Также определенные в РД значения граничных концентраций для силовых трансформаторов (при $F = 0,9$) заметно их превышают. В качестве граничных значений рекомендуется принять значения, рассчитанные при $F = 0,95$, по причине того, что расчетные значения концентраций для ИТ (кроме ТФЗМ 110 кВ) составляют менее 10 мкл/л при интегральной функции распределения $F = 0,9$. Согласно РД, при таком содержании газа в масле погрешность анализа составляет более 50 %. Оценка состояния при такой высокой погрешности недопустима, так как может привести к отказу оборудования.

Заключение

В ходе проведенного исследования были проанализированы выборки трансформаторов тока и напряжения класса 110-500 кВ и сделаны следующие выводы.

1. Рекомендованные для российских измерительных трансформаторов значения концентраций не соответствуют зафиксированным стандартом МЭК IEC 60599 (для измерительных трансформаторов) и РД 153-34.0-46.302-00 (для силовых трансформаторов).

2. Величины, отобранные как граничные, для водорода H_2 , метана CH_4 и этана C_2H_6 у ТФЗМ напряжением 110 кВ превышают таковые у ТФЗМ классов напряжения 220 и 500 кВ на два порядка и были определены при значении интегральной функции распределения $F = 0,90$. Данные значения имеют справочный характер и необходимы дальнейшие исследования данного вопроса.

3. ТН типа НКФ 110-500 кВ и ТТ типа ТФЗМ 220 и 500 кВ можно объединить в одну категорию и ввести для нее один норматив значений типовых концентраций (при $F = 0,95$), так как данные выборок этого оборудования различаются слабо.

4. Проведен анализ ИТ, эксплуатируемых на различных объектах с учетом влияния климатических условий, однако на результаты расчета это не повлияло.

Необходимы дальнейшие изыскания в вопросе анализа растворенных газов в масле измерительных трансформаторов, в том числе:

– определение критерия скорости опасного нарастания газов, частоты проводимых снятий проб масла в зависимости как от концентрации газов, так и скорости их роста;

– определение мероприятий, включающих ремонтные работы и частые профилактические замеры концентраций, которые должны проводиться для каждого вида неисправности;

– выявление соответствия между дефектами, обнаруженными при разборке ИТ, и значениями концентраций после снятия пробы масла для определения характерных признаков каждого из дефектов. Решение данных проблем необходимо для разработки РД для измерительных трансформаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжкина, А.Ю. Анализ хроматографических методов диагностики маслonaполненного электрооборудования / А.Ю. Рыжкина // Сборник научных трудов НГТУ. – 2009. – № 2 (56). – С. 147–156.

2. Львов, М.Ю., Кутлер, П.П. Физико-химические методы в практике оценки состояния силовых трансформаторов в условиях эксплуатации: учеб.-метод. пособие / М.Ю. Львов, П.П. Кутлер. – М.: ИУЭ ГУУ, ВИПК-энерго, ИПК госслужбы, 2003. – 20 с.

3. Dyval, M., de Pablo, A. Интерпретация результатов анализа газов в масле с использованием новой редакции Публикации МЭК 60599, 1999 / M. Dyval, A. de Pablo // IEC Publication 599, 1978.

4. РД 153–34.0–46.302–00. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов, растворенных в трансформаторном масле. – М., 2001. – С. 7 – 10.

5. IEC 60599(1999) / Amd.1(2007). Mineral oil-impregnated electrical equipment in service Guide to the interpretation of dissolved and free gases analysis. Amendment.

6. IEC TS 61464:1998. Insulated bushings – Guide for the interpretation of dissolved gas analysis (DGA) in bushings where oil is the impregnating medium of the main insulation (generally paper).

7. Виноградова, Л.В., Хроматографический анализ растворенных газов в диагностике трансформаторов / Л.В. Виноградова, Е.Б. Игнатьев, Ю.М. Овсянников, Г.В. Попов. – Иваново: ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2013. – 104 с.

СЕКЦИЯ «ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ»

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ
НА СОВРЕМЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

Мещеряков Д.А. – магистрант

Курьянов В.Н. – канд. техн. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. Данная статья посвящена исследованию эффективности функционирования программных комплексов на современном предприятии. Проведен анализ действующих программных комплексов на Волжской ТЭЦ. По результатам анализа предложены варианты усовершенствования комплексов для оптимизации производственного процесса предприятия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оптимизация рабочего процесса, программный комплекс, мобильное приложение, мобильность, рабочий персонал.

ABSTRACT. This article is devoted to the study of the effectiveness of the functioning of software systems in a modern enterprise. The analysis of the operating software systems at the Volzhskaya CHPP is carried out. Based on the results of the analysis, options for improving the complexes are proposed to optimize the production process of the enterprise.

KEYWORDS: workflow optimization, software package, mobile application, mobility, working personnel.

В настоящее время в связи с быстрым темпом развития технологий на производственных предприятиях возникают проблемы с распределением, управлением, контролем поставленных задач, поэтому возникает необходимость в использовании программных комплексов (ПК).

Для оптимизации рабочего процесса на предприятии уже создано огромное множество ПК, таких как система электронного документооборота, которая позволяет делегировать необходимые задачи, программа «1С» различного направления, внутренняя почта. Все эти комплексы разработаны в основном для упрощения рабочего процесса офисного сотрудника. В свою очередь, рабочий персонал продолжает составлять отчеты, вести документооборот «по старинке» – на бумаге. Это большое количество журналов, бланков, форм, инструкций, положений, схем и т. д., которые необходимо заполнять и, самое главное, знать, где находятся.

Если на предприятии не устроена правильно структурированная система бумажного документооборота, а с этой проблемой сейчас сталкиваются многие из-за большого объема информации, поставленных задач и нехватки персонала, то заполнение, актуализация, изучение таких документов вызывают трудности. Также следует отметить человеческий фактор, из-за которого происходят частые нарушения правил, инструкций при выполнении рутинных процессов. Поэтому возникает необходимость в разработке программного продукта, который бы облегчил труд рабочего.

На Волжской ТЭЦ на данный момент имеются ПК, разработанные для оптимизации производственного процесса оперативного персонала. Данные комплексы используются на станции несколько лет, и по результатам эксплуатации будет проведен их анализ.

Программно-инструментальный комплекс «Мобильные инспекции» позволяет проводить мониторинг оборудования с использованием мобильного приложения в процессе обходов, осмотров оборудования.

В начале рабочей смены дежурного работника происходит вход в приложение и получение заданий на смену. Вход на мобильное устройство происходит по персональной учетной записи, дежурный работник вводит свои фамилию и пароль, затем он получает маршруты обходов, осмотров и испытаний оборудования на свое персональное мобильное устройство в начале смены. Далее дежурный работник осуществляет обход оборудования, включенного в маршрут. Для измерения параметров температуры и вибрации в дополнение к планшетному компьютеру применяется МФУ SmartBox – устройство, позволяющее производить замеры параметров оборудования с дальнейшей передачей данных в ПК посредством USB-кабеля. Идентификация происходит с помощью считывания RFID-меток.

При обнаружении дефекта на оборудовании, входящем в маршрут, его необходимо ввести сразу же или после завершения маршрута. В случае если на оборудовании имеются параметры, требующие особого контроля, то дежурный работник вручную вносит в мобильное устройство значения наблюдений и параметров. Также имеется возможность прикреплять фотографию дефекта.

После завершения маршрута дежурный работник может проверить выполнение маршрута. Затем все маркеры по оборудованию, входящему в него, отмечаются следующими цветами: зеленый цвет – нет замечаний, желтый цвет – незначительные замечания, красный цвет – есть отклонения от нормы. После того как все оборудование осмотрено, на мобильном устройстве появляется кнопка «Выгрузить» для отправки данных на сервер. Если не все оборудование осмотрено, то фиксируется причина неполноценности выполненного маршрута, и после этого появляется кнопка для отправления данных на сервер.

Данный комплекс разработан с целью оптимизации рабочего процесса дежурного персонала. В него включены необходимые функции по фиксации параметров оборудования при проведении обхода с дальнейшей возможностью формирования отчетной формы. Для фиксации дефекта на конкретном

оборудовании в базе данных имеется возможность выбора оборудования, при использовании одного из трех способов: по координатам, по кодам RFID-меток, по названию оборудования. После завершения обхода, внесения и сохранения необходимых данных производится выгрузка обхода с планшета на сервер. Таким образом, обход будет выгружен с планшета на сервер и станет недоступным для редактирования. Также в ПК имеется возможность просмотра технологических схем и документов, сохраненных на планшетном компьютере.

По результатам практического применения данного ПК были выявлены следующие недостатки: отсутствие навигации в цехе и онлайн-связи между ПК и сервером, использование дополнительного устройства для проведения замеров. В связи с тем что замеры данных с оборудования производятся посредством считывания RFID-меток, затрачивается большее количество времени по поиску необходимого оборудования. Отсутствие онлайн-доступа создает также временные трудности для передачи информации. Применение двух различных устройств по замеру температуры и вибрации является неудобством использования.

Система управления эксплуатацией, техническим обслуживанием и ремонтами (СУЭТОР Maximo) – этот комплекс предназначен для сотрудников, отвечающих за эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт оборудования электростанций, которым в рамках своих обязанностей требуется доступ к корпоративному информационному ресурсу СУЭТОР Maximo, включающему в себя такие функции, как ведение оперативного журнала, журнала дефекта, журнала заявок, составление наряда-допуска (наряд), распоряжения.

Приложение «Наряды-допуски» содержит электронную базу всех нарядов/распоряжений, выдаваемых на станции, и позволяет осуществлять мониторинг текущих работ по состояниям записей, вести базу данных шаблонов нарядов/распоряжений, распечатывать бланки и журналы учета нарядов и распоряжений разных видов.

Составлять наряды в ПК может пользователь, обладающий соответствующей группой прав согласно утвержденному приказу. Наряд-допуск можно создать как заново, так и скопировать предыдущий, с корректировкой по необходимым данным. Сохраненному наряду присваивается номер, выставляется статус «Готово». После подготовки рабочего места и допуска бригады к работе статус наряда меняется на «Рабочее место готово» – «Бригада допущена». После оформления окончания работ по наряду/распоряжению статус меняется на «Закрыто». При необходимости имеется возможность приостановить действие наряда с установкой статуса «Прикрыт».

Функционал «Журнал заявок» (ЖЗ) СУЭТОР Maximo позволяет создавать местные и диспетчерские заявки. Сотрудники имеют возможность отслеживать каждую заявку до ее закрытия. При необходимости подачи местной заявки работник станции, имеющий право на создание местных заявок, открывает приложение, создает новую запись либо дублирует предыдущую с последующей корректировкой.

После создания заявки в ЖЗ документ имеет статус «Не рассмотрена», затем документ отправляется начальнику смены на согласование. Просмотрев заявку и присвоив ей внутренний номер, начальник смены меняет статус заявки на «Рассмотрена». Руководство станции также просматривает и согласовывает заявку, изменяя статус документа на «Разрешена». После фактического вывода оборудования начальник смены указывает дату и время в заявке и переводит ее на статус «Открыта». Также заявку возможно продлить, установив необходимый срок. Ответственный докладывает начальнику смены об окончании работ по заявке, после чего начальник смены заполняет поле «Ввод оборудования» и переводит запись ЖЗ в состояние «Закрывается».

Приложение «Оперативный журнал» системы управления эксплуатацией, техническим обслуживанием (СУЭи ТОР) представляет собой электронный журнал электростанции. Он предназначен для регистрации в хронологическом порядке различных событий, отклонений, дефектов, обходов и т. д., произошедших на электростанции. Запись оперативного журнала не имеет состояний и появляется в журнале сразу после ее сохранения. Сохраненную запись оперативного журнала невозможно скорректировать или исправить. В случае наличия ошибочных записей оперативного журнала их возможно «зачеркнуть». Запись оперативного журнала возможно связать с записью дефекта, рабочего задания, записью из оперативного журнала и наряда-допуска.

Функционал «Журнал: Контроль. Усовершенствование. Безопасность» (КУБ) используется для фиксации результатов проверок, создания записей, проводимых в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации. Также в приложении осуществляется последующее отслеживание своевременного устранения выявленных нарушений. В данном приложении имеется функционал «предложение по улучшению», в котором каждый работник может оформить запись с предложением по улучшению условий труда, производственного процесса.

СУЭТОР Maximo является адаптированным информационным продуктом для контроля производственной деятельности, система развернута с использованием серверной и сетевой инфраструктуры ООО «ЛУКОЙЛ-Информ».

Несмотря на многочисленные преимущества, на практике у приложения СУЭТОР Maximo были выявлены следующие недочеты: доступ к функционалу только с помощью браузера, ограниченный и сложный функционал, доступ только для административного персонала. В связи с отсутствием доступа к приложению рабочего персонала возрастает нагрузка на начальников смены по анализу и занесению данных в ПК.

Система автоматического управления «АМАКС» предназначена для автоматизации котла работающего на газо-мазутном топливе. Система рассчитана на реконструкцию газопровода котла с применением газовых блоков БГ-8. Реконструкция заключается в установке перед каждой горелкой газового блока БГ-8, установке перед каждой горелкой заслонок газа и шиберов воздуха для обеспечения регулирования расхода газа и воздуха на горелках в заданном в режимной

карте соотношении давлений «газ – воздух». Обеспечение управления этим оборудованием, реализованного на серийных программно-технических комплексах (ПТК АМАКС) и состоящего из шкафов управления горелками ШГУ-1Р (6 шт.), шкафа управления котлом (шкаф координатор) ШУК-ЭК16 и верхнего уровня управления (компьютер).

Данный комплекс на практике вызывает множество трудностей, таких как частые сбои, которые проявляются в долгой загрузке функционала либо несохранении данных, что впоследствии приводит к повторной ревизии оборудования и настройке программы, тем самым возникает сложность в эксплуатации. ПК устанавливается и работает только с горелочным оборудованием организацией изготовителя. Все эти недостатки значительно влияют на рабочий процесс.

В связи с вышеизложенным необходимо разработать ПК, который учтет все недостатки и позволит оптимизировать производственный процесс на станции. Основное требование заключается в том, что целесообразнее разработать и внедрить мобильное приложение (МП), потому что рабочий персонал мобилен. МП будет установлено на корпоративный телефон или планшет. Данное устройство будет передаваться по смене, что позволит сотруднику зайти под своей учетной записью в систему. У каждого сотрудника будет представлен лишь тот функционал, который ему необходим для работы согласно должностной инструкции. Например, обходчик станции будет иметь возможность только просматривать оперативные схемы без возможности их корректировки.

В МП необходим функционал, позволяющий отображать технологические схемы с расширенными возможностями просмотра элементов оборудования, таких как двух-трехмерные проекции всей арматуры, трубопроводов с возможностью поиска арматуры по навигации, просмотр и изменение в рабочей схеме положения запорной и регулирующей арматуры (открыто, закрыто), какая арматура находится в дефекте или ремонте, в каком состоянии вращающиеся механизмы (в работе, резерве, ремонте). Возможность оперативного указания дефектов и замечаний как на участке схемы, так и на отдельном элементе, с добавлением фотографии. Также в МП будет возможность просмотра журнала истории, то есть возможность «увидеть», когда участок, механизм или арматура были в работе, открыты, закрыты и т. п. Одним из основных функционалов должен быть комплекс, позволяющий составить наряд-допуск на различный вид работы с использованием готовых шаблонов, а именно: отображение, какую арматуру закрыть или открыть, разобрать электрическую схему, какие плакаты вывешивать (все согласно правилам охраны труда).

Также следует отметить то, что МП должно настроиться таким образом, чтобы позволить минимизировать человеческий фактор в проведении мониторинга производственных мощностей, производственного процесса, ведения нарядов на работы, обслуживания оборудования с помощью навигации по станции, QR-кода или штрихкода и т. д.

Для достижения поставленных задач и улучшения качества работы предприятия корпоративное МП должно соответствовать следующим требованиям:

высокая скорость работы, сохранение данных, безопасность, централизованное управление, интеграция с уже существующими корпоративными системами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мещеряков, Д.А. Актуальность внедрения мобильного приложения для ведения работы на современном предприятии [Электронный ресурс] / Д.А. Мещеряков // Современные научные исследования и инновации. – 2021. – № 12. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2021/12/97144>.

2. Ахмадиев, Ф.Г. Современные программные комплексы в инженерной практике: метод. указания к лабораторным и самостоятельным работам по курсам «Информатика», «Вычислительная математика», «Математическое моделирование», «Теория принятия решений», «Численные методы», «Прикладная математика» / Ф.Г. Ахмадиев, Ф.Г. Габбасов, И.В. Маланичев. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2014. – Ч. 1. – 47 с.

ВНЕДРЕНИЕ ПЕРЕДОВЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ОТРАСЛЬ РОССИИ

Баймурзин А.Х. – студент

Богданова Н.В. – канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрено влияние цифровых технологий на энергетику России и ее дальнейшее развитие. Обзор внедрения интеллектуальных платформ в крупные компании России, а также оценка влияния энергетического комплекса будущего SmartGrid и IIoT-технологий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электроэнергетика, электрические сети, цифровая среда, интернет вещей (IIoT), SmartGrid.

ABSTRACT. The article examines the impact of digital technologies on the energy sector in Russia and its further development. Overview of the implementation of intelligent platforms in large companies in Russia. They also assessed the impact of the energy complex of the future Smart Grid and IIoT technologies.

KEY WORDS: electricity, electrical networks, digital environment, Internet of Things (IIoT), Smart Grid.

Будущее энергетики России определяют цифровые технологии, которые позволят объединить мировые энергетические системы и сформировать единую энергосистему, которая, в свою очередь, позволит оптимизировать и контролировать производство и распределение энергии, стать экологичнее, надежнее и энергоэффективнее. Внушительные достижения в области сбора и хранения больших данных, проведение их анализа с помощью компьютерных программ позволят сделать целый ряд новых цифровых продуктов на основе Industrial Internet of Things (IIoT) [1].

Цифровые продукты и услуги станут доступнее для широкого круга потребителей, повысится скорость их передачи и доставки. Цифровизация энергетики не является исключением. Промышленный IoT оцифровывает большую часть мировых промышленных процессов, включая базовую физическую инфраструктуру, такую как производство, передача и распределение электроэнергии. К примеру, сейчас около 60 % промышленных предприятий в России используют или тестируют IoT-технологии. Ожидается, что в ближайшие 2–3 года оборот рынка интернета вещей в России увеличится в три раза: с 93 млрд до 270 млрд рублей. Основным драйвером развития станет масштабный запуск сетей пятого поколения (5G), которые наиболее подходят для передачи больших данных в облачных системах.

Мы можем наблюдать, как стремительно меняется рынок электроэнергии. Предпочтения потребителей меняются на фоне развития энергетических технологий, что приводит к резкому росту использования накопителей энергии, микросетей, солнечной энергии, электромобилей и других технологий [2]. Следовательно, для новых технологий разрабатываются и внедряются инновационные модели управления энергопотреблением потребителем, сетевой инфраструктуры и проектирования комплекса электроэнергии. Цифровизация электроэнергетики в России началась с программы «Цифровая экономика РФ» 2018 г., где были предложены новые пути развития, трансформации и внедрения цифровых технологий. Были выделены:

- снижение продолжительности перерывов электроснабжения и средней частоты технологических нарушений на 5 %;
- повышение уровня технического состояния производственных фондов электроэнергетики для объектов на 5 % без повышения затрат на поддержание технического состояния;
- снижение на 20 % аварийности на объектах электроэнергетики, связанной с техническим состоянием производственных фондов.

Одной из первых компаний, которая разработала программу цифровой трансформации до 2030 г., стала ПАО «Россети». Концепция определяет целевую модель, инструменты управления BigData, цифровое управление компанией, а также предполагаемые эффекты от внедрения цифровых технологий [3]. На данный момент были внедрены следующие технологии:

- приборы интеллектуального учета;
- SmartGrid – умные сети электроснабжения;
- автоматизированные цифровые подстанции.

Благодаря внедрению данных технологий компания «Россети» обеспечила повышение надежности функционирования энергосистем и электроснабжения потребителей, снизила потерю энергоресурсов, а также увеличила экономическую эффективность за счет минимизации потерь в распределительных сетях группы компаний.

Чтобы сделать электрическую сеть подготовленной к быстроразвивающейся цифровизации, необходимо внедрить систему SmartGrid – умная энергосеть

(см. рисунок). Это модернизированные сети электроснабжения, которые используют информационные и коммуникационные сети и технологии для сбора информации об энергопроизводстве и энергопотреблении, позволяющей автоматически повышать устойчивость производства и распределения электроэнергии. Источниками первичной информации в такой сети служат интеллектуальные счетчики и датчики, объединенные в сеть интернет вещей (IoT), внедряется повсеместно использование цифрового двойника, одно из направлений Индустрии 4.0, а именно: дополненная и виртуальная реальность (AR/VR), благодаря которой моделируются различные ситуации на производстве и наглядно представляют внутреннее устройство сложных систем [4, 5].

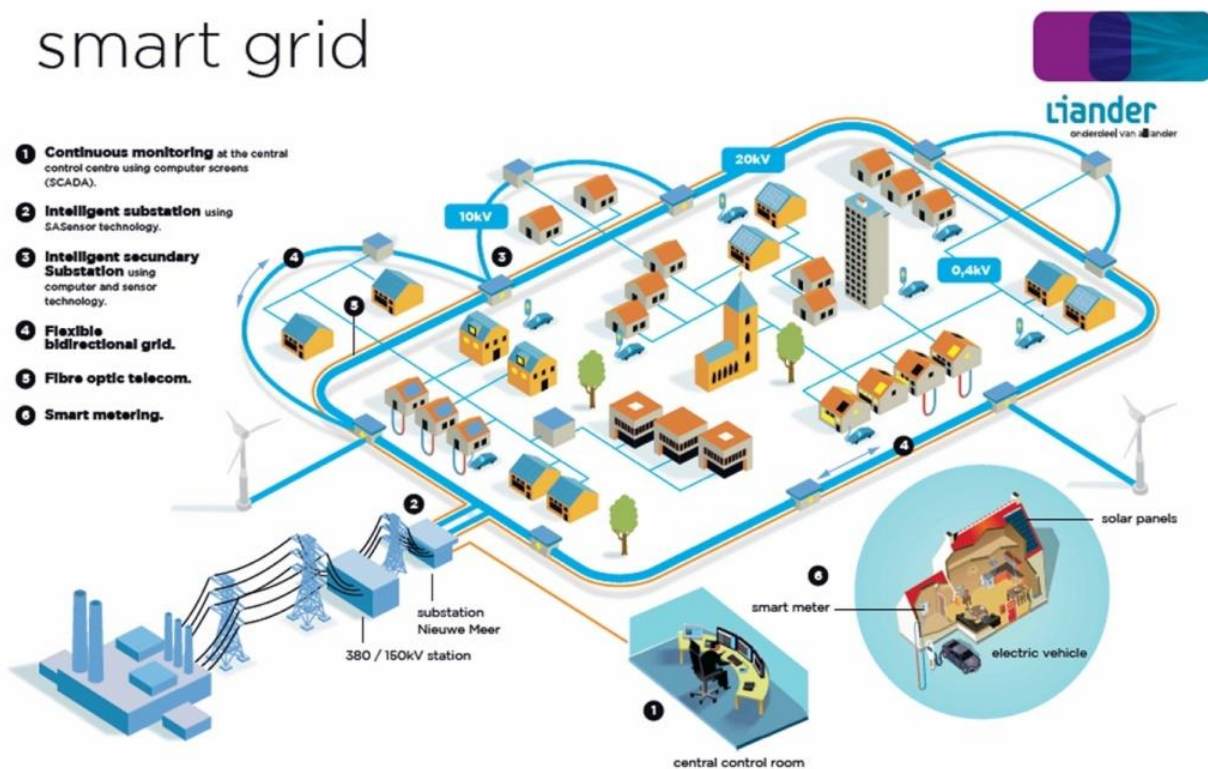


Рисунок. Схема SmartGrid

Как и Интернет, интеллектуальная сеть будет состоять из элементов управления, измерительных приборов и устройств, интегрированных интерфейсов и методов поддержки принятия решений, автоматизированных систем измерения протекающих процессов, а также новых методов планирования и проектирования как развития, так и функционирования энергосистемы и ее элементов, интегрированных средств коммуникации.

Таким образом, мы можем сделать следующие выводы: эффективность энергетических комплексов и доходность повышают передовые решения системы интеллектуального учета и аналитики, IoT-системы и решения передовой технологии SmartGrid.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлычков, В.В. Об отдельных аспектах процесса цифровизации и определении понятия «цифровая экономика» / В.В. Шлычков // Вестник экономики, права и социологии. – 2018. – № 4. – С. 95–99.
2. Юсупова, И.В. Стратегические основы инновационного развития Республики Татарстан / И.В. Юсупова, Л.Ф. Нугуманова, Д.К. Селезнев // Вестник КГЭУ. – 2018. – Т. 10. – № 1 (37). – С. 133–139.
3. Россети: цифровая трансформация. Разбор основных положений программы [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tadviser.ru/index.php/>.
4. МЭФ: будущее энергетики [Электронный ресурс]. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Electricity_2017.pdf.
5. Pingkuo, L.M. Strategic analysis and development plan design on digital transformation in the energy industry: A global perspective / L.M. Pingkuo // International Journal of Energy Research. – 2021. – С. 4–5.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ MES-СИСТЕМЫ

Казиханов А.Р., Мавлеев Р.Р. – студенты
Богданова Н.В. – канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

АННОТАЦИЯ. В статье проведен анализ повышения эффективности управления производственными процессами с помощью MES-систем. Описаны основные функции MES-системы, и продемонстрированы примеры внедрения на отечественных предприятиях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: оптимизация, производственный процесс, система управления производственными процессами, MES-система, функции MES, диспетчеризация, оперативное управление.

ABSTRACT. The article provides an analysis of improving the efficiency of production process management using MES systems. The main functions of the MES system are described.

KEYWORDS: optimization, production process, production process control system, MES system, MES functions, dispatching, operational management.

Информационные технологии в последние десятилетия стали одним из ключевых источников инноваций в мировой и российской промышленности, они решают такие проблемы, как нерациональное использование возможностей производства и человеческих ресурсов, несвоевременное техобслуживание, перегруженность производственных линий, что, в свою очередь, негативно сказывается на показателях компании.

Для того чтобы решить весь перечень проблем, компании внедряют систему управления производством MES (от англ. manufacturing execution system). Это

программа автоматизации производства, которая включает в себя программное обеспечение для планирования работы цехов и контроля их работы, а также решения для обеспечения контроля над качеством и производительностью цехов.

Основные функции MES: оперативное внутрицеховое планирование, сбор данных о выполнении операций и сменных заданий, анализ эффективности использования ресурсов, управление персоналом, управление качеством продукции, управление производственными процессами.

Алгоритмы работы MES-системы находят решение проблем, принимая во внимание все особенности производственного процесса, повышая эффективность управления и планирования. Оптимизация осуществляется путем составления точного графика работы оборудования и сотрудников для выполнения заказов точно в срок и обеспечения надлежащих экономических показателей.

На российском рынке разработчиков MES-систем одним из лидеров является компания «Галактика», с их MES-системой «Галактика MES». Данная система обладает следующими преимуществами: сквозное решение от одного поставщика по управлению производством на всех уровнях – от холдинга до рабочего места; наличие интерфейса для сбора данных в электронном виде непосредственно с технологического оборудования – систем мониторинга оборудования, промышленных контроллеров, датчиков; возможность локального применения системы без взаимодействия с системами верхнего уровня – для производственных предприятий с небольшой номенклатурой и объемом производственных заказов; функциональные и технические возможности системы соответствуют уровню признанных мировых лидеров в отрасли. На рисунке приведена техническая архитектура MES-системы «Галактика MES».

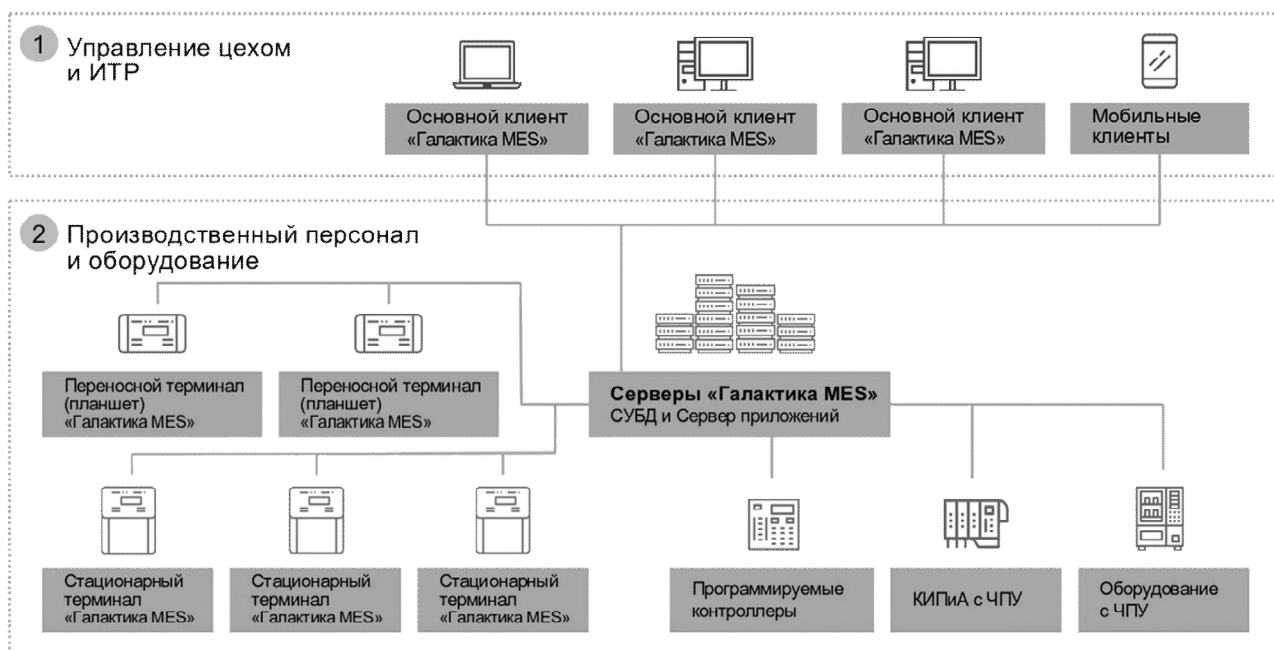


Рисунок. Техническая архитектура MES-системы «Галактика MES»

Приведем реальные кейсы компаний, которые внедрили MES-систему «Галактика MES». Компания «Авиастар-СП», занимающаяся производством транспортных самолетов, нуждалась в повышении производительности оборудования для соблюдения сроков и уменьшения брака. Проблема была решена комплексом действий MES-системы «Галактика MES». Была произведена наладка контроля энергопотребления станков, настроена система оповещения о нештатных ситуациях, оптимизирован процесс хранения и передачи на станки управляющих программ. В общем итоге было подключено 76 единиц оборудования различного типа. Итогом стало достижение показателя загрузки станков – 46,6 %, 1 час – резерв рабочего времени за смену, полученный при автоматизации передачи программ на станки с УЧПУ, 18 млн руб. – экономия на одном производственном участке в год.

Внедрение MES-системы несет значительный экономический эффект на производственных предприятиях: уменьшение вероятности выхода оборудования из строя – до 7 %; увеличение срока эксплуатации оборудования – до 8 %; уменьшение времени простоя оборудования – до 16 %; сокращение трудовых затрат за счет автоматизации процессов планирования, контроля и оценки качества проведенных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юсупова, И.В. Стратегические основы инновационного развития Республики Татарстан / И.В. Юсупова, Л.Ф. Нугуманова, Д.К. Селезнев // Вестник КГЭУ. – 2018. – Т. 10. – № 1 (37). – С. 133–139.
2. Леньшин, В.Н. Производственные исполнительные системы (MES) – путь к эффективному предприятию / В.Н. Леньшин, В.В. Куминов, Е.Б. Фролов, Р.А. Будник // САПР и графика. – 2003. – № 6.
3. Загидуллин, Р.Р. Вопросы синтеза математических моделей оперативно-календарного планирования / Р.Р. Загидуллин // Технология машиностроения. – 2006. – № 1. – С. 76–78.
4. Загидуллин, Р.Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP / Р.Р. Загидуллин. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 372 с.
5. Фролов, Е.Б., Загидуллин, Р.Р. MES-системы как они есть, или Эволюция систем планирования производства / Е.Б. Фролов, Р.Р. Загидуллин // Металлообрабатывающее оборудование. – 2008. – № 10. – С. 31–37.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Варганова А.М. – студент

Закирова И.А. – канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

АННОТАЦИЯ. Статья посвящена анализу основных тенденций цифровизации теплоэнергетической отрасли Российской Федерации. В рамках статьи рассмотрены теоретические аспекты понятия «цифровизация». Перечислены основные актуальные методы энергосбережения. Описана реализация программы «Умный город», который предполагает широкое внедрение передовых цифровых и инженерных решений в городской и коммунальной инфраструктуре. Основная идея «Умного города» состоит в цифровой трансформации и автоматизации процессов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: теплоэнергетика, цифровизация, теплоснабжение, энергосбережение, умный город, индекс «IQ городов».

ABSTRACT. The article is devoted to the analysis of the main trends in digitalization of the heat and power industry of the Russian Federation. The article examines the theoretical aspects of the concept of "digitalization". The main current methods of energy saving are listed. The implementation of the "Smart City" program is described, which involves the widespread introduction of advanced digital and engineering solutions in the city and municipal infrastructure. The main idea of the Smart City is digital transformation and process automation.

KEYWORDS: heat power engineering, digitalization, heat supply, energy saving, smart city, "IQ cities" index.

В настоящее время инновационное развитие теплоэнергетики направлено на создание интеллектуальной теплоэнергетической системы в условиях цифровизации, которая должна обладать такими свойствами, как гибкость, надежность, безопасность, комплексность, доступность, обоснованность, актуальность и простота.

Теплоэнергетика является одним из факторов размещения экономики, поскольку ее комплексы располагаются в непосредственной близости от источников энергии, мощных электростанций. Как следствие, вокруг топливно-энергетического комплекса (ТЭК) вырастают крупные промышленные районы, создаются поселки и города.

Инновационное развитие отраслей ТЭК является основой решения стратегических задач энергетики. Минэнерго России ведет планомерную политику по стимулированию разработки и внедрению в ТЭК новейших отечественных технологий и материалов [1]. Проблема повышения эффективности систем

теплоснабжения является весьма актуальной для государства, региональных властей, коммунальных служб и населения.

Примечателен тот факт, что Президент Республики Татарстан Рустам Нургалиевич Минниханов 8 октября 2021 года обратился с посланием к Государственному совету Республики Татарстан шестого созыва и объявил 2022-й годом цифровизации.

Таким образом, целью данной работы является разработка способа повышения эффективности систем теплоснабжения с применением инновационных технологий в условиях цифровизации энергетики.

Основными задачами цифровизации в энергетике Российской Федерации являются: модернизация производственных мощностей, внедрение информационных и цифровых технологий, совершенствующих операционный цикл производства при управлении энергоэффективностью объектов жилищно-коммунального комплекса, что может снизить объемы потребления тепловой и электрической энергии населения страны.

Система теплоснабжения представляет собой совокупность источников тепловой энергии и теплопотребляющих установок, технологически соединенных тепловыми сетями [2]. В данной статье рассматривается современная система теплоснабжения в условиях цифровизации.

Цифровизация в системе теплоснабжения началась с цифровизации экономики. В середине 2017 г. была утверждена программа «Цифровая экономика России», намеренная внедрить электронный обмен данными во все отрасли России, в том числе и в отрасль энергетики. С этого шага началось быстрое развитие инновационных систем управления технологическими процессами, а также всеобщая автоматизация и цифровизация разного рода процессов, что привело к их широкой интеграции в повседневную жизнь общества.

Процесс цифровизации в энергетике, в первую очередь, обусловлен развитием системы управления энергоэффективностью, которая является одним из ключевых направлений совершенствования производственной деятельности предприятий энергетической отрасли Российской Федерации [3].

Архитектура цифровых технологий отечественной энергетики формируется исходя из следующих мировых тенденций:

- создание информационных платформ для потребителей;
- сокращение издержек на производство и управление путем мониторинга;
- повышение эффективности производственной деятельности;
- сокращение размера себестоимости производства энергии;
- использование широкого спектра внешних данных вместе с данными энергопотребления для повышения энергоэффективности [3].

Использование методов и механизмов энергосбережения в современных условиях учитывается при проектировании энергетических объектов благодаря программным продуктам различного назначения. В частности, для расчета и проектирования инженерных систем используют программное обеспечение автоматизированного проектирования – AutoCAD; системы отопления, вентиляции

и кондиционирования воздуха проектируются при помощи программного комплекса, реализующего принцип информационного моделирования зданий, – Revit. Использование различных программных продуктов позволяет не только сэкономить время на расчетах, но и быстро провести перерасчет при изменении исходных данных.

Среди наиболее актуальных методов энергосбережения выделяются следующие инновационные технологии в теплоснабжении:

- внедрение умных инженерных систем в энергетику жилищно-коммунального хозяйства;
- активное развитие систем централизованного теплоснабжения с преимущественным использованием комбинированной выработки электрической и тепловой энергии;
- переход от центральных тепловых пунктов на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты;
- установка погодного регулирования системы отопления;
- внедрение систем автоматического сбора и обработки данных о потреблении энергоресурсов для осуществления контроля работы системы отопления;
- внедрение систем мониторинга объектов жилищно-коммунального хозяйства для оперативного реагирования в случае аварий;
- использование альтернативных источников энергии для обеспечения энергоснабжения жилых домов при неэффективном радиусе использования централизованного теплоснабжения.

Сочетание вышеуказанных мероприятий позволит получить идеальную систему теплоснабжения с минимальными затратами на транспорт, ремонт и эксплуатацию. Перечисленные методы требуют эффективной системы управления городским жилищно-коммунальным хозяйством, которая в большей степени реализуется в проекте «Умный город».

Умный город – это город, который увеличивает темпы достижения социальной, экономической и экологической устойчивости и реагирует на такие проблемы, как изменение климата, быстрый рост населения, политическая и экономическая нестабильность путем фундаментального улучшения взаимодействия с обществом, применения методов совместного лидерства, работы в разных дисциплинах и городских системах, использования информации и современных технологий для предоставления более качественных услуг и качества жизни тем, кто живет в городе, сейчас и в обозримом будущем без несправедливого и неблагоприятного воздействия или ухудшения состояния окружающей среды [4].

Проект «Умный город» реализуется в рамках национального проекта «Жилье и городская среда» и национальной программы «Цифровая экономика». В рамках ведомственного проекта «Умный город» в 2019 г. Минстроем России совместно с МГУ им. М.В. Ломоносова разработан интегральный индекс оценки хода и эффективности цифровой трансформации городского хозяйства

(«IQ городов»), который служит для оценки эффективности мероприятий, реализуемых в рамках определенного проекта и всего проекта целиком.

Индекс цифровизации «IQ городов» рассчитывается для 203 городов, которые участвуют в ведомственном проекте Минстроя России «Умный город». Каждый из них оценивается по 47 показателям, которые разделены на 10 направлений [5]:

- 1) городское управление;
- 2) умное жилищно-коммунальное хозяйство;
- 3) инновации для городской среды;
- 4) умный городской транспорт;
- 5) интеллектуальные системы общественной безопасности;
- 6) интеллектуальные системы экологической безопасности;
- 7) туризм и сервис;
- 8) интеллектуальные системы социальных услуг;
- 9) экономическое состояние и инвестиционный климат;
- 10) инфраструктура сетей связи.

Типовая структура расчета интегрального индекса в соответствии с рекомендациями организации экономического сотрудничества и развития представлена на рис. 1.



Рис. 1. Типовая структура рейтингов умных городов

Основная задача индекса «IQ городов» – это оценка того, насколько эффективно российские города проводят цифровую трансформацию городского хозяйства, как работают выбранные ими решения «Умного города».

Индекс «IQ городов» формируется на основе индикаторов, показателей, характеризующих уровень развития умных городов, которые выражаются в цифровом значении.

Минстрой России представляет данные Индекса цифровизации городского хозяйства в городах страны по итогам каждого года. Динамика «IQ городов» для пяти крупнейших городов Российской Федерации представлена в таблице и в виде диаграммы на рис. 2.

**Динамика интегрального индекса оценки хода и эффективности
цифровой трансформации городского хозяйства
для пяти крупнейших городов Российской Федерации**

Крупнейшие города	2018 г.	2019 г.	2020 г.	Динамика, %
Москва	81,19	89,65	103,25	21
Воронеж	22,48	52,39	63,38	65
Екатеринбург	17,35	55,05	56,55	69
Казань	52,58	53,91	60,93	14
Санкт-Петербург	50,37	53,62	55,81	10

Важным показателем эффективности является не само значение индекса, а величина изменений от года к году, динамика индекса. Самым прогрессивным городом по динамике «IQ городов» в 2020 году по сравнению с первым годом разработки является Екатеринбург, а самым цифровизованным продолжает оставаться Москва.

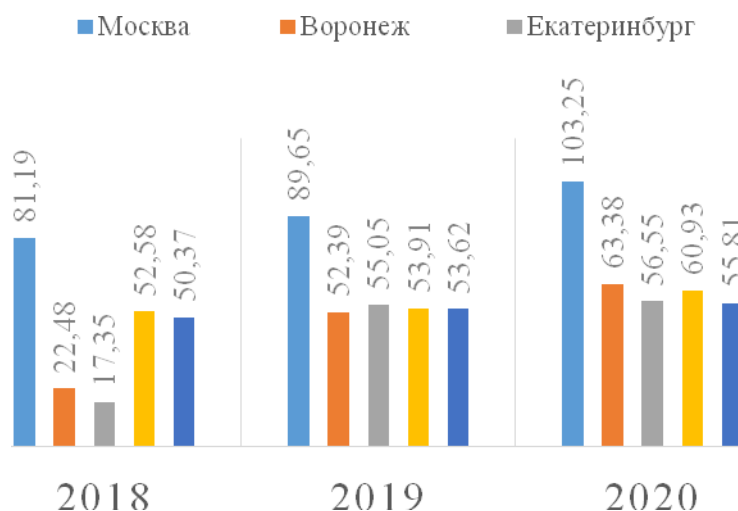


Рис. 2. Значения интегрального индекса оценки хода и эффективности цифровой трансформации городского хозяйства

Среднее значение индекса за 2020 год достигло 44,17 балла из 120 возможных, что на 8,44 % выше, чем в 2019 году, и на 33,35 % выше, чем в 2018 году. Наиболее эффективные мероприятия по внедрению технологий умного города были зафиксированы в крупнейших городах с населением от 1 млн человек и в малых городах с населением до 100 тыс. человек.

Положительная динамика была зафиксирована у всех 16 участников крупнейших городов (от 1 млн человек), а средний балл по отношению к 2019 году вырос на 14,1 % и достиг 55,27 балла [5].

Прогнозируется повышение доли многоквартирных домов, подключенных к автоматизированным системам учета потребления коммунальных ресурсов с

возможностью дистанционной передачи данных в режиме онлайн в 2020 году – 5 %; в 2022 – 30 %; в 2024 – 80 % [6].

Процедура цифровизации теплоэнергетики основана на тенденции принятия решения об использовании методов и механизмов энергосбережения путем применения инновационных технологий и моделей. Цифровое усовершенствование систем жизнеобеспечения, создание цифровой городской инфраструктуры, обеспечивающей эффективное использование ресурсов и управление всеми системами из единого центра, а также прозрачный потребительский контроль и вовлеченность жителей во взаимодействие с городскими системами подразумевает проект «Умный город». Под «умным» понимается инновационный город, который внедряет комплекс технических решений и организационных мероприятий, направленных на достижение максимального качества жизни человека. Положительная динамика «IQ городов» свидетельствует об успешной реализации проекта.

Проект «Умный город» направлен на повышение конкурентоспособности российских городов, формирование эффективной системы управления городским хозяйством, создание безопасных и комфортных условий для жизни горожан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инновационное развитие отраслей ТЭК [Электронный ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/4844> (дата обращения: 05.12.2021).
2. Федеральный закон от 27.07.2010 № 190-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «О теплоснабжении» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2021).
3. Абрамов, В.И. Цифровая трансформация экономики: учебное пособие / В.И. Абрамов, Н.Л. Акулова, Е.В. Анисов, Н.В. Головин, О.Л. Головин, Н.С. Жерноклева, И.А. Иванов, А.Н. Матягина, М.А. Морозова, Н.И. Разепова, Д.Ю. Сверчков, А.Р. Фахрутдинов; под общ. ред. В.И. Абрамова, О.Л. Головина. – М.: Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2020. – 142 с.
4. Шитов, Е.А. Умные города: мировая практика оценки уровня интеллекта [Электронный ресурс]. URL: <https://docplayer.com/215844430-Umnye-goroda-mirovaya-praktika-ocenki-urovnya-intellekta.html> (дата обращения: 06.12.2021).
5. Представлен Индекс IQ российских городов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.giprogor.ru/news/1243-predstavlen-indeks-iq-rossijskikh-gorodov> (дата обращения: 06.12.2021).
6. Приказ Минстроя России от 31 октября 2018 г. № 695-пр «Об утверждении паспорта ведомственного проекта Цифровизации городского хозяйства «Умный город».

ОБРАБОТКА ПОГРАММНЫМИ СРЕДСТВАМИ РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ИЗУЧЕНИИ РАБОТЫ МОДЕЛИ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОГО ВЕТРОДВИГАТЕЛЯ

Пономаренко Д.Д. – магистрант

Гришин С.С. – доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье описан алгоритм работы программы для расчета коэффициентов уравнения автоколебаний по полученным исходным данным модели автоколебательного ветродвигателя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инновационные ветродвигатели, автоколебательный ветродвигатель, уравнение автоколебаний, микромеханический акселерометр высокого разрешения, массив данных, аппаратно-вычислительная платформа «Arduino», программный расчет.

ABSTRACT. The article describes the algorithm of the program for calculating the coefficients of the self-oscillation equation based on the obtained initial data of the self-oscillating wind turbine model.

KEYWORDS: innovative wind turbines, self-oscillating wind turbine, self-oscillation equation, high-resolution micromechanical accelerometer, data array, hardware-computing platform "Arduino", software calculation.

Несмотря на все специфические особенности ветра как источника энергии, во всем мире продолжается рост числа установок, использующих его энергию. В качестве наиболее мощных устройств, используемых для этого, в настоящее время, как правило, выступают горизонтально-осевые лопастные ветродвигатели (ВД). Несмотря на присущие им экологические недостатки, это самый распространенный тип ВД. За последние 100 лет их конструкции достигли высокой степени совершенства, а технологии их производства хорошо отработаны.

В качестве ветроэнергетических установок (ВЭУ) средней и малой мощности также нашли применение ортогональные ВД. Этому классу устройств присущи свои достоинства и недостатки.

Изобретательская мысль не стоит на месте, тем более что, несмотря на более чем вековую историю, создать идеальный ВД так и не удалось, да и едва ли это возможно в принципе. Конструкции новых инновационных ВД, работа которых основана на новых оригинальных принципах, появляются с завидной регулярностью [1–3]. Их преимущества и недостатки еще предстоит выявить, но, несомненно, при этом они могут обладать определенными достоинствами.

К новым оригинальным ВД можно отнести и автоколебательные ВД, идея создания которых впервые родилась на волгоградской земле [4–8]. В этих ветродвигателях реализуется периодический колебательный процесс за счет непериодического источника энергии в виде энергии потока воды или ветра [9].

Принципы работы и математическая модель автоколебательного ВД изложены в [10, 11], а уравнение, описывающее его работу, имеет вид

$$\varepsilon + 2h\omega + \omega_0^2\alpha = A \cdot Q(t), \quad (1)$$

где α – угловая координата; ω – угловая скорость; ε – угловое ускорение элементов конструкции ВД в месте установки датчика.

Чтобы описать уравнением (1) конкретный ВД, необходимо знать значения коэффициентов A , $2h$ и ω_0^2 , а также вид обобщенной вынуждающей силы $Q(t)$. Для этого была построена модель автоколебательного ВД, на качающемся коромысле которого был закреплен датчик ADXL 345, представляющий собой микромощный 3-осевой микромеханический акселерометр высокого разрешения, работающий на базе аппаратно-вычислительной платформы «Arduino» [15].

Измеренные по трем координатным осям значения ускорений и угловых скоростей с шагом 10^{-2} сек., экспортировались в Excel, где по полученным массивам данных строились временные графические зависимости угловой координаты, скорости и ускорения. Один из примеров показан на рис. 1.



Рис. 1. График угловой скорости $\omega = \omega(t)$ колебаний коромысла ветродвигателя

Определение коэффициентов уравнения можно осуществить ручным способом по полученному массиву данных, однако этот способ требует тщательного отбора данных из большого массива по специальным критериям и весьма трудоемок. В тоже время оптимально организованный программный способ определения коэффициентов более универсален и позволяет существенно снизить трудоемкость процесса.

В результате анализа критериев отбора данных для ручного вычисления коэффициентов была написана программа, работу которой можно разделить на следующие этапы:

- запуск приложения, запрос исходных данных у пользователя;
- расчет:

- загрузка исходных данных,
- поиск в массиве данных интервалов, на которых данные меняются монотонно,
- выбор данных из выбранных интервалов,
- расчет и вывод результатов вычислений;
- визуализация отчета.

Запуск программы осуществляется пользователем вручную при открытии исполняемого файла «Расчет коэффициентов уравнения автоколебания.exe», рис. 2.

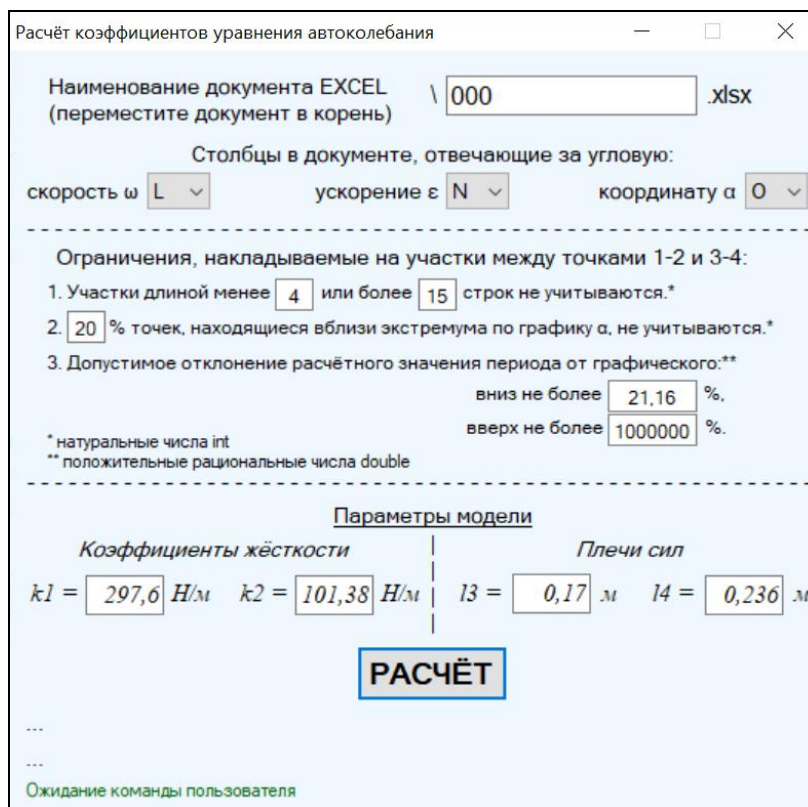


Рис. 2. Интерфейс программы при запуске

Для начала работы необходимо переместить файл Excel с исходными данными в корень и написать наименование документа в окне программы. Далее в окне программы пользователю предлагается установить литеры столбцов в документе Excel, которые содержат входные данные угловой скорости, ускорения и координаты (рис. 2).

Для определения коэффициентов уравнения программе необходимо выбрать из исходного массива данных четыре строки, каждая из которых содержит значения угловой координаты, скорости и ускорения. Несколько строк, ограниченные строками 1 и 2 или 3 и 4, – участок.

Для получения более точных выходных значений пользователю предлагается определить ограничения (*a*, *b*, *v*), накладываемые на участки между точками 1–2 и 3–4:

- а) максимальный и минимальный размеры участка. Данное ограничение

необходимо для фильтрации колебаний значений исходных данных. По умолчанию установлены значения 4 и 15. Соответственно, при расчете программа не будет устанавливать расстояние между точками 1 и 2 или 3 и 4 менее 4 и более 15 строк;

б) анализ получаемых на выходе результатов показал, что использование значений точек, расположенных вблизи экстремумов графика угловой координаты, дает большую погрешность, и для расчетов такие точки не пригодны (пользователю предлагается возможность изменять количество точек, которые не будут учитываться при расчете, по умолчанию данное значение равняется 20 % строк, находящихся между экстремумом и нулевым значением);

в) при расчете программа определяет значение периода колебаний двумя способами: один раз по графику (среднее значение периода при переходе значений угловой скорости через 0) и аналитически для каждой комбинации точек 1, 2, 3, 4, при этом значение, определенное по графику, считается идеальным, и если аналитическое значение периода находится далеко от идеального значения, то данная комбинация исходных точек считается неподходящей для расчета.

От каждого из ограничений пользователь может отказаться, введя нужные значения в соответствующие поля. Далее пользователю предлагается ввести параметры модели: коэффициенты жесткости и плечи сил. После введения всех исходных данных можно нажать кнопку «Расчет», затем происходит загрузка исходных данных и внизу окна программы отражается зеленая строка состояния программы. В эту строку вносится информация о том, в какой части кода находится программа.

Вначале загружается документ Excel, и из него считываются данные в одномерные массивы $masW$, $masE$, $masA$. Обращение каждый раз к данным в Excel замедляет программу, поэтому данные копируются один раз и документ Excel закрывается. Если в корне нет файла Excel, который называется так, как указано в программе, то она выдаст предупреждение и приостановит работу (рис. 3).

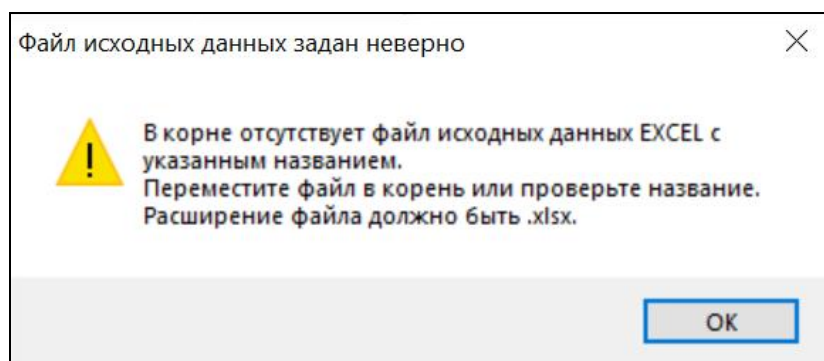


Рис. 3. Файл исходных данных задан неверно

Далее производится считывание исходных данных об ограничениях, накладываемых на участки между точками 1–2 и 3–4.

Если исходные данные не соответствуют заданному формату (не являются натуральными числами), то программа выдаст предупреждение и продолжит работу после нажатия на кнопку ОК (рис. 4).



Рис. 4. Формат исходных данных неверный

Для определения коэффициентов уравнения автоколебания необходимо выбрать из исходного массива данных четыре строки, каждая из которых содержит значения угловой координаты, скорости и ускорения: $\alpha_1, \omega_1, \varepsilon_1$; $\alpha_2, \omega_2, \varepsilon_2$; $\alpha_3, \omega_3, \varepsilon_3$; $\alpha_4, \omega_4, \varepsilon_4$. Выбор производится при одновременном соблюдении следующих условий:

- α_1 и α_2 находятся на участке, в пределах которого значения α монотонно изменяются (на графике зависимости угловой координаты от времени между точками, содержащими значения α_1 и α_2 , у α нет экстремума или смены знака);
- ω_1 и ω_2 находятся на участке, в пределах которого значения ω монотонно изменяются;
- ε_1 и ε_2 находятся на участке, в пределах которого значения ε монотонно изменяются;
- α_3 и α_4 находятся на участке, в пределах которого значения α монотонно изменяются;
- ω_3 и ω_4 находятся на участке, в пределах которого значения ω монотонно изменяются;
- ε_3 и ε_4 находятся на участке, в пределах которого значения ε монотонно изменяются.

При поиске монотонно изменяющихся участков по данным угловой скорости каждую следующую строку сравнивают с предыдущей, и если при этом имеет место смена знака или смена направления (раньше график убывал, а теперь возрастает, что означает переход через экстремум), то предыдущая строка определяется как конец участка, а последующая – как начало следующего участка. Точка экстремума входит в оба участка.

В результате поиска монотонных участков формируются два массива, один из которых (`masbegW`) содержит номера строк начала таких участков, а другой (`masendW`) – их концов. Размерности массивов `masbegW` и `masendW` одинаковы и равны количеству монотонных участков.

На данном этапе по графику угловой скорости определяется средний период колебаний. Для этого определяется количество строк, находящихся между одним и другим переходом через ноль. Данное значение умножается на 2 и на 0,01, поскольку каждая запись проводится с шагом 0,01 с.

Монотонные участки для угловой координаты находятся по тому же алгоритму, что и для угловой скорости. При окончании поиска вблизи максимумов и минимумов каждый участок ограничивается на ту величину, которую указал пользователь в окне программы.

Монотонные участки для углового ускорения не могут быть найдены по алгоритму для угловой скорости, поскольку график углового ускорения испытывает заметные корреляции. Например, на участке от нуля до максимума не каждая последующая точка больше предыдущей (рис. 5).



Рис. 5. Участок графика углового ускорения

Поэтому при поиске монотонных участков для углового ускорения вначале ищутся две соседние точки перехода через ноль, а затем между ними находится значение экстремума. Если это положительный участок, то считается, что до экстремума график равномерно возрастает, а после него – равномерно убывает. Если это участок с отрицательными значениями, то наоборот.

Для расчетов было бы неверным взять, например, на возрастающем участке две точки, последующая из которых меньше предыдущей, поэтому значения углового ускорения нуждаются в дополнительной фильтрации. В качестве критерия принимается тот факт, что на возрастающих участках каждое последующее значение должно быть больше предыдущего, а на убывающих – наоборот. Таким образом, формируется массив, содержащий лишь номера подходящих строк. Например, на рис. 6 крестом отмечены только те точки, номера строк которых будут записаны в массив допустимых строк `masstrokE`.

После того как сформированы массивы из участков `masbegW-masendW`, `masbegA-masendA`, `masbegE-masendE`, производится их «наложение» друг на друга. В результате находятся такие участки, которые монотонны на всех трех графиках.

В результате поиска монотонных участков формируется массив с началами участков `masbeg`, массив с концами участков `masend` и массив с допустимыми строками по ускорению `masstrokE`.

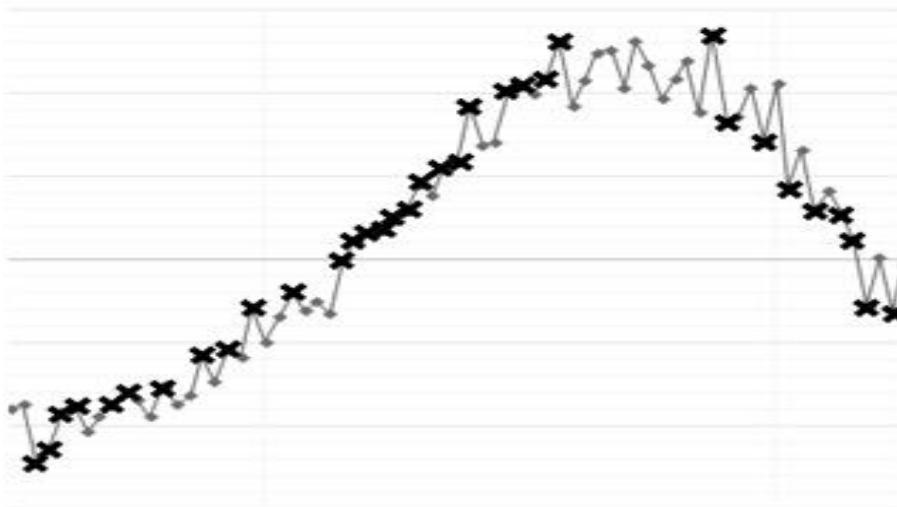


Рис. 6. Точки, отмеченные как участвующие в дальнейшем расчете

Каждая из тех строк, которые находятся между `masbeg[i]` и `masend[i]`, а также принадлежит `masstrokE`, может участвовать в расчете. Дальнейший расчет проводится для всех возможных комбинаций таких строк.

Строки 1 и 2 должны принадлежать к одному участку. Строки 3 и 4 могут принадлежать к этому же участку, а могут и к другому. Но они также должны находиться в пределах одного участка. Каждая из строк 1, 2, 3, 4 должна находиться в массиве `masstrokE`.

Дополнительно проводится проверка на количество строк между точками 1 и 2 и между точками 3 и 4. Это количество должно соответствовать пределам, установленным пользователем в окне программы.

После того как строки 1, 2, 3, 4 выбраны и в переменные записаны значения угловых скоростей, координат и ускорений, проводится расчет. При этом учитываются следующие условия [10, 11]:

- $\omega_1 - \omega_2 \neq 0$;
- $2h < 0$;
- $\omega_0^2 > 0$;
- $\omega_0^2 > h^2$.

Если при данной комбинации строк 1, 2, 3, 4 результат не удовлетворяет этим условиям, то такая комбинация и результаты ее расчета игнорируются. Переменная `potkomb` предназначена для счета количества успешных комбинаций.

Для каждой комбинации проводится расчет ω_0^2 , $2h$. Далее рассчитываются их средние значения, и по ним определяется коэффициент A и период колебаний.

Вывод данных в окне программы производится в виде, представленном на рис. 7.

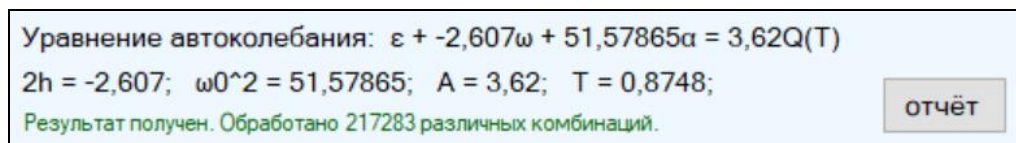


Рис. 7. Вывод данных в окне программы

При окончании работы программы становится видимой кнопка «Отчет». По ходу работы программы в отчет (textBox7) собираются данные. Первой строкой в отчете отражается значение периода, рассчитанное по графику угловой скорости. Далее в отчет заносятся исходные данные и результаты расчета для каждой тысячной комбинации. Размер textBox не позволяет производить запись чаще. Отчет необходим для иллюстрации и возможности проверки работы программы вручную.

В результате работы программа определяет вид уравнения автоколебаний для заданных исходных данных (рис. 8). Сочетание двух условий: большого количества обработанных комбинаций и соответствия значения периода, рассчитанного по графику, и периода, определенного аналитически, дают гарантию верной работы программы и максимально точного результата для значений коэффициентов уравнения автоколебания.

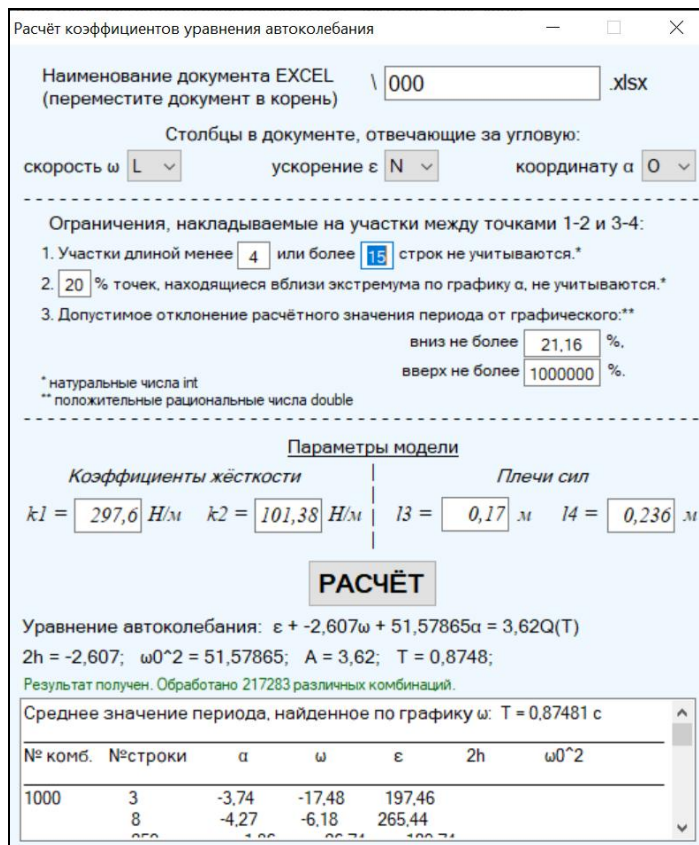


Рис. 8. Иллюстрация отчета при окончании работы программы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Les tours solaires [Электронный ресурс]. URL: <http://denis.weyer.free.fr/tp/un/sol.html>.
2. Испанцы создали ветряки без лопастей [Электронный ресурс]. URL: <http://ourspain.ru/economic/news2962.html>.
3. Инновационный ветряной генератор Dual Wing Generator [Электронный ресурс]. URL: <http://www.facte.eu/tecnologii/dual-wing-generator-festo>.
4. А. с. 1240949 СССР, МПК F03D5. Ветродвижитель / С.Д. Стрекалов (СССР); опубл. 30.06.86; бюлл. № 24.
5. Пат. 2293212 Российская Федерация, МПК F03D5. Устройство для преобразования возобновляемой энергии / С.Д. Стрекалов, Г.М. Мишарев, Л.П. Стрекалова, А.Н. Тарасов. – № 2005124839; заявл. 04.08.2005; опубл. 2007.
6. Пат. 2447320 Российская Федерация, МПК F03D5. Устройство для преобразования возобновляемой энергии / П.Р. Андронов, С.В. Гувернюк, М.З. Досаев, Г.Я. Дынникова, М.М. Симоненко, С.Д. Стрекалов, Е.С. Стрекалова. – № 2010107256; заявл. 27.02.201.
7. Пат. на полезную модель 101102 Российская Федерация, МПК F03D5. Устройство преобразования ветровой энергии / С.Д. Стрекалов, Л.П. Стрекалова, В.А. Поляков, А.Л. Бормотов. – № 2010111068/06; заявл. 23.03.2010; опубл. 10.01.2011.
8. Пат. на полезную модель 143620 Российская Федерация, МПК F03D5. Устройство для преобразования ветровой энергии / С.Д. Стрекалов, С.С. Гришин, А.В. Пивченко, А.С. Стрекалова. – № 20104110577/06; заявл. 19.03.2014; опубл. 27.07.2014.
9. Стрекалов, С.Д. К вопросу создания экологически эффективного волнового автоколебательного ветродвигателя / С.Д. Стрекалов, С.С. Гришин, А.В. Пивченко, А.С. Стрекалова // Альтернативная энергетика и экология. – 2014. – № 04 (144). – С. 26–31.
10. Гришин, С.С., Стрекалова, Л.П. Математическая модель автоколебательного волнового ветродвигателя / С.С. Гришин, Л.П. Стрекалова // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Экология, промышленная и энергетическая безопасность – 2018», Севастополь, сентябрь 2018 г. – Севастополь: СевГУ. – С. 311–315.
11. Grishin, S.S. Theoretical and Experimental Aspects of Building a Model of the Self-Oscillatory Wave Wind Turbine / S.S. Grishin, L.P. Strekalova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Yurga, 2018. – V. 224. – № 1.
12. Магнус, К. Колебания. Введение в исследования колебательных систем / К. Магнус. – М.: Мир, 1982. – 304 с.
13. Бутенин, Н. В. Элементы теории нелинейных колебаний / Н. В. Бутенин. – Л.: Судпромгиз, 1962. – 196 с.
14. Андронов, А.А. Теория колебаний / А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин. – М.: Наука, 1981. – 918 с.
15. Сычёв, Г. 3-осевые микромеханические акселерометры ADXL345 и ADXL346 с микропотреблением и детектором событий / Г. Сычёв // Электронные компоненты. – 2010. – № 2. – С. 67–71.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Чернобаева Л.А. – студент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье представлен анализ нейросетевого применения в энергетической системе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: нейросеть, потребление, электроэнергия, прогнозирование.

ABSTRACT. This article presents an analysis of neural network application in the energy system.

KEYWORDS: neural network, consumption, electricity, forecasting.

С довольно быстрым развитием электронно-вычислительных машин и надлежащих программных комплексов стало вероятным делать и воплотить в жизнь математические способы и модели оперативной оптимизации режимов функционирования электроэнергетических систем. Внедрение этих способов дает вероятность понизить фактические издержки в энергосистемах, и в связи с этим возрастает надежность, стабильность и качество функционирования электротехнических и электроэнергетических систем [1].

Искусственная нейросеть (ИНС) – метод обработки информации, базирующийся на сравнении систем искусственного происхождения с человеческим мозгом. ИНС состоит из искусственного происхождения нейронов: программных структур для обработки информации и связей меж ними – синапсов.

О способности сотворения искусственной нейросети научные работники заговорили 80 лет назад. В 1957 г. американский нейрофизиолог Фрэнк Розенблатт предложил модель первой ИНС и именовал ее перцептроном. Тремя годами позднее он сделал на ее основе первый нейрокомпьютер.

Несмотря на то что первые попытки использования искусственной нейросети были еще в середине XX в., и с тех пор прошло достаточно много времени, за последние 10 лет численность научных работ и публикаций по теме применения искусственных нейронных сетей для всевозможных программных обработок массивов данных выросло в разы, поскольку с поддержкой искусственных нейронных сетей возможно решать различные задачи систематизации и экстраполяции данных в различных проблемных областях.

Необходимость использования адаптивных систем управления электро-энергетическими объектами на современном рубеже становления энергетики растет по причине изменения критериев их функционирования. Структурная перестройка и внедрение энергетического рынка сочетаются не только лишь с наращиванием количества решаемых технологических задач управления, но и динамичностью ситуаций и связью технологических задач различных групп.

Для обеспечения надежности функционирования электроэнергетических объектов есть настоятельная необходимость улучшения систем управления, тем более диспетчерского, методом разработки новых подходов, в том числе основанных на способах искусственного происхождения разума и принципах адаптивного управления.

Нейросетевые вычислительные модели подают большие надежды для совершенствования всевозможных операций на электрических станциях. Они включают прогноз нагрузки, управление безопасностью, оптимизацию оборотного давления турбин и моделирование процессов. Тут используется способность нейронных сетей обучаться сложному отображению обучающих данных, которая также применяется для выставления оценок или же прогнозов интересующих свойств.

Использование нейронных сетей дает возможность получить точность прогнозирования электропотребления на уровне 96–97 %, собственно, что выделяет вероятность увеличить эффективность энергосбытовых фирм.

Тестирование иностранных компаний, занимающихся разработкой в данной области, показало, что в реальное время увеличение быстродействия адаптивных систем управления систем гарантируется за счет:

- создания и применения многопроцессорных систем параллельной архитектуры;
- разработки и реализации алгоритмов параллельных вычислений на соответствующем аппаратном обеспечении (нейрочипах);
- комбинированного применения генетических алгоритмов и способов минимизации, для которых свойственна сверхлинейная скорость сходимости. Под этим подразумевается, что соотношение последовательных остатков в методе стремится к нулю по мере того, как число итераций уходит в бесконечность, без предоставления каких-либо конкретных ограничений на соответствующую скорость сходимости. При данном алгоритме применяются облегченные математические модели (в первую очередь линеаризованные), а выполнение задач производится, как правило, в онлайн-режиме;
- обеспечения применения к решению задачи разных методов;
- применения робастных способов, стойких к наличию ошибок в начальной информации;
- изучения нейронной сети за пределами реального времени, но при обеспечении учета сложной функции свойства и привыкания к переменам топологии электронной сети и изменению режима;
- применения рекуррентных нейронных сетей наподобие Хопфилда – Лагранжа, в которых четкие измерения предусматриваются в облике ограничений по принципу равенств и имеющих несколько слоев рекуррентных нейронных сетей, в которых реализуется распараллеливание вычислительного процесса и применяется большей частью аналоговая или же аналого-цифровая элементная основа с высочайшим быстродействием.

Главные задачи, решаемые адаптивными регуляторами на базе нейронных сетей в передовых энергетических системах:

- прорицание нагрузки;
- прогнозирование температуры, находящейся вокруг среды с целью прогнозирования нагрузки;
- управление потоками электричества в сетях;
- обеспечение наибольшей мощности;
- регулировка напряжения;
- диагностика энергосистем с целью определения неисправностей;
- оптимизация размещения датчиков для контроля защищенности энергосистем;
- прогноз защищенности энергосистем;
- обеспечение защиты трансформаторов;
- обеспечение стойкости, оценка динамического состояния и диагностика генераторов;
- управление турбогенераторами;
- управление сетью генераторов;
- управление сильными переключательными системами [3].

Список задач использования адаптивных регуляторов на базе нейронных сетей в системах управления энергетическими системами каждый день увеличивается.

Точность оперативного и кратковременного прогнозирования нагрузок потребления электричества разрешает значимо воздействовать на финансирование объектов электросетевого хозяйства и систем генерации электроэнергии.

В настоящее время при составлении мониторинга электрической нагрузки энергосистемы предусматривают такие моменты, как диспетчерский график электрических нагрузок текущего дня, метеорологические мониторинги, предложенные события электросетевых и генерирующих фирм по обеспечению подачи электроэнергии потребителям, режимы работы градообразующих компаний и еще более больших потребителей.

Качество и точность получения спрогнозированных данных во многом находится в зависимости от выбора верной математической модели и ее метода. Искусственная нейронная сеть имеет возможность состоять из нескольких слоев нейронов (уровней). Но облегченная конструкция может состоять как минимум из трех слоев: входные характеристики, скрытый слой, выходные данные. ИНС имеет возможность ставить сколь угодно трудные пропорции между входными и выходными данными на уровне скрытых нейронов, а еще беспрерывно изменяющимися начальными и практически сразу вводимыми данными.

Способ искусственных нейронных сетей довольно конкурентоспособен по сравнению с традиционными и имеющимися на нынешний день способами оперативного и кратковременного прогнозирования электрической нагрузки. Нужно подключать способы нейросетевого анализа в создание комплексных моделей оптимизации электрического режима.

Электросетевая компания «Россети» учитывает переход к интеллектуальным сетям (Smart Grid), которые владеют качественными чертами надежности, производительности, доступности, маневренности и дают возможность принимать во внимание определенные требования покупателей в любой момент времени. Для реализации данной программы фирме потребуется, в частности, учитывать среднемировые характеристики всех данных. Одна из методик их заслуги – четкое прогнозирование потребления электричества и требований покупателей, что воздействует и на технологические процессы фирмы, и на ее финансовую эффективность.

Прогнозирование играет главную роль при формировании баланса электроэнергетики в энергосистеме, воздействуя на выбор режимных характеристик и расчетных электрических нагрузок. Баланс изготовления и потребления электричества – это база технологической стойкости энергосистемы, его несоблюдение воздействует на качество электричества (происходит деградация частоты и напряжения в сети), что, собственно, понижает эффективность работы электрооборудования. Правильный прогноз гарантирует распределение нагрузки между объектами энергосистемы и тем самым дает возможность управлять стоимостью покупки электроэнергии путем регулирования загрузки оборудования [2].

Особенную актуальность задача прогнозирования потребления электричества приобрела в результате возникновения оптового рынка электроэнергии в РФ: стоимость ошибки в мониторингах может оказаться довольно высокой, а в результате понижается управляемость электроснабжением и снижается экономичность сложных режимов энергосистемы.

Для прогнозирования электропотребления и возведения профилей покупателей применяются всевозможные способы, базирующиеся, как правило, на анализе ретроспективной динамики электропотребления и действующих на него моментов, выявлении статистической связи между признаками и построении моделей. До недавнего времени наиболее распространенными способами прогнозирования были однофакторные прогнозы по временным рядам, базирующиеся на регрессионных способах. Впрочем, эти мониторинги не способны принимать во внимание воздействие на потребление электричества таких нерегулярных моментов, как погодные явления, частоты изменения тарифов на горючее, неисправности оборудования. Вследствие этого на практике следует использовать многофакторное прогнозирование, позволяющее давать прогнозы с точностью по времени.

В заключение можно отметить, что, применяя ИНС, можно добиться достоверных прогнозов по потерям электроэнергии, снижению стоимости и ускоренному мониторингу объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возможности применения нейросетевых технологий для прогнозирования электроснабжения [Электронный ресурс] // NovaInfo. URL: <https://novainfo.ru/article/13548> (дата обращения: 03.12.12).
2. Нейронные сети на службе энергетиков [Электронный ресурс] // OSP – Гид по технологиям цифровой трансформации. URL: <https://www.osp.ru/os/2016/04/13050997> (дата обращения: 04.12.12).
3. Применение адаптивных регуляторов на основе нейронных сетей в энергетике [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-adaptivn> (дата обращения: 05.12.12).

АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОГО ВНЕДРЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЗИА В СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Попова М.В., Юрина В.Ю. – студенты

Зенина Е.Г. – канд. тех. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В данной статье рассмотрены основные проблемы, связанные с внедрением микропроцессорных устройств релейной защиты в современные энергосистемы и предложены возможные варианты их устранения. Актуальность работы обусловлена все большим распространением микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматизированных систем управления технологическим процессом на современных электростанциях и подстанциях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: микропроцессорные устройства релейной защиты, электромеханические реле, электромагнитная совместимость, надежность, ложные срабатывания.

ABSTRACT. This article discusses the main problems of the introduction of microprocessor-based relay protection devices in modern power systems and possible options for overcoming them. The relevance of the work is due to the increasing spread of microprocessor-based relay protection devices and automated process control systems at modern power plants and substations.

KEYWORDS: microprocessor-based relay protection devices, electromechanical relays, electromagnetic compatibility, reliability, false alarms.

Около 15 лет назад на смену электромеханическим устройствам релейной защиты пришли устройства на новой элементной базе – микропроцессорных платах. Несмотря на то что механические реле полностью соответствовали всем требованиям, предъявляемым к средствам РЗИА, – имели хорошие показатели селективности, чувствительности, быстроты срабатывания и надежности, – будущее энергосистем связано именно с внедрением микропроцессорных

устройств релейной защиты (МУРЗ). Это обусловлено рядом преимуществ, которыми характеризуются данные устройства:

- непрерывный контроль присоединения и возможность самодиагностики;
- повышенные технические характеристики;
- компактность;
- низкая потребляемая мощность в цепях переменного тока;
- совмещение в одном устройстве функций различных защит, управления, измерения, регистрации событий (аварийных режимов и т. д.), то есть возможность многократного расширения функционала;
- возможность интеграции в АСУ ТП.

Если ввести некий показатель – коэффициент функциональности микропроцессорных устройств релейной защиты, характеризующий степень функциональной насыщенности, приходящейся на единицу объема МУРЗ, – то можно констатировать, что этот показатель из года в год растет: физические размеры МУРЗ остаются неизменными (или даже уменьшаются), а их функциональные возможности постоянно расширяются.

Однако на всем пути производства, внедрения и эксплуатации до сих пор присутствуют весомые проблемы и преграды [1]. Так, оснащение и дальнейшая работа с данными устройствами обусловили необходимость наличия более обширных компетенций у персонала предприятия. Помимо знаний принципов работы, требуются познания о цифровой обработке сигналов, алгоритмах сложного функционирования SCADA-систем, интеграции интеллектуально-электронных устройств в SmartGrid и т. д. С ростом функционала устройств микропроцессорной релейной защиты возросло количество параметров настройки и отладки, что и влечет за собой усложнение обслуживания и повышение необходимого уровня квалификации персонала.

Несмотря на отсутствие в конструкции подвижных элементов, к сожалению, нельзя говорить об улучшенных ремонтных и эксплуатационных характеристиках МУРЗ по сравнению с традиционными электромеханическими реле.

Третьим проблемным аспектом внедрения и эксплуатации микропроцессорной базы релейной защиты является несовместимость различных компонентов. На сегодняшний день существует несколько десятков российских компаний-производителей: НТЦ «Механотроника», НПП «Экра», «РЗА-Системз» и т. д., а также зарубежные компании, такие как немецкая компания Siemens, французская компания Schneider Electric, Woodward и другие. Каждый производитель устанавливает собственные размерные, конструктивные и программные параметры конкретной изготавливаемой модели. Как следствие, абсолютное большинство представленных на рынке МУРЗ различных производителей, а иногда даже одного производителя, но разных моделей, несовместимы между собой по техническим и программным характеристикам.

Из-за ряда причин, таких как практика тендерных закупок, в одной энергосистеме постепенно накопились десятки различных моделей микропроцессорных релейных защит, каждая – со своими требованиями к обслуживанию и

наполнением, из-за чего резко возросла нагрузка на персонал и увеличилось число ошибок на всех стадиях – от расчета до ввода уставок [2].

Кроме вышеперечисленного, микропроцессорные устройства релейной защиты, особенно производства зарубежных компаний, более дорогостоящие, по сравнению с релейной защитой на электромеханической базе, и продолжают дорожать.

Отдельно стоит рассмотреть проблему электромагнитной совместимости оборудования. Взаимное влияние узлов – приемников излучения и узлов – источников излучения, а также внешние излучения приводят к сбоям работы, ложным срабатываниям [3, с. 6]. Под воздействием таких факторов, как удары молний, дугообразование при коммутациях, влияние пусковых токов и т. п. на исходный сигнал накладываются помехи, как правило, содержащие гармоники высших порядков, кратные и некратные основной частоте, а также дополнительные составляющие. Влияние таких помех обуславливает ложные срабатывания устройств РЗ, а также неадекватную их работу.

Также, в отличие от электромеханических реле, способных работать в широком диапазоне температур, для обеспечения корректной работы МУРЗ необходим монтаж дополнительного климатического оборудования.

Современное развитие релейной защиты направлено в сторону усложнения и функционального насыщения защитных устройств. На стадии проектирования решаются проблемы надежности путем дублирования или использования двух защит, которые выполнены на разных принципах. Для предотвращения ложных срабатываний защиты применяются комплексные меры: от строгого соблюдения различных (температурных, электромагнитных и т. д.) эксплуатационных условий, до более частных методов искусственного «загрубления уставок», внедрения катушки Роговского в измерительную систему МПТ РЗА, применения герконовых или гибридных герконо-полупроводниковых элементов [4–5].

Требуется формирование доступной и максимально полной информационной базы с методическими указаниями по проектированию, расчету, установке, настройке, проверкам и обслуживанию микропроцессорной релейной защиты, создание улучшенных алгоритмов расчета уставок, корректировка существующего ПО.

Также стоит отметить актуальность развития комплексов адаптивной релейной защиты, которые позволят автоматизировать расчет уставок и корректировку режима работы устройств защиты на основании многостороннего анализа процессов, происходящих в энергосети. Особенно необходимо это станет в условиях развития распределенной генерации и ее интеграции в распределительную сеть.

Кибербезопасность – еще одна новая проблема для систем РЗА, возникающая вследствие перехода от электромеханической к микропроцессорной элементной базе и, таким образом, к перспективам создания интеллектуальных подстанций. Чтобы обеспечить безопасность связи на таких объектах,

Международная электротехническая комиссия (МЭК) разработала некоторые меры безопасности, опубликованные в МЭК 62351, однако зарубежные исследователи указывают на ряд несовершенств и слабых мест данного стандарта [6]. Основные проблемы – это требования реального времени и задержка обмена сертификатами.

Таким образом, перспектива развития интеллектуальных подстанций и в целом организации систем РЗА – это использование информационного подхода, основанного на моделировании процессов и статистической обработке результатов моделирования и данных о реальных процессах в энергосетях. Соответственно, становится целесообразным внедрение элементов искусственного интеллекта и машинного обучения для улучшения автоматического распознавания состояний энергосистемы и выявления аварийных (предаварийных) режимов, быстрого определения места локализации повреждения.

В связи с этим возрастет влияние на развитие систем релейной защиты стандартных для ИИ проблем: необходимость разработки системы оценки, позволяющей наиболее эффективно обучать нейросеть; закрепление положительных результатов и количественное измерение успеха; организация процесса самостоятельного обучения интеллектуальной системы в процессе ее работы. Так как искусственная нейронная сеть для управления такой динамичной, разветвленной системой, как энергетическая, – это сложный алгоритм, который должен характеризоваться одновременно гибкостью и надежностью функционирования, необходимы меры для решения вышеперечисленных проблем, а также тщательное и унифицированное определение круга задач, решение которых на том или ином этапе безопасно возложить на алгоритмы ИНС.

В заключение можно указать на масштабное и форсированное развитие отрасли эксплуатации МУРЗ, о чем свидетельствует объем публикаций на данную тему за последние 5–10 лет. Минимизация недостатков данного вида защиты может быть достигнута только двухэтапным подходом: комплексными мерами как на стадии проектирования устройств защиты, так и на стадии строительства эксплуатационных помещений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмин, И.Л. Микропроцессорные устройства релейной защиты: учеб. пособие / И.Л. Кузьмин, И.Ю. Иванов, Ю.В. Писковацкий. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. – 310 с.
2. Гуревич, В.И. Назрела необходимость стандартизации в области конструирования микропроцессорных устройств релейной защиты / В. И. Гуревич // Вести в электроэнергетике. – 2011. – № 4.
3. Голышев, А.В. Особенности и недостатки микропроцессорных комплексов релейной защиты / А.В. Голышев // Обслуживание и ремонт оборудования релейной защиты и автоматики: Студенческая конференция в рамках деловой программы корпоративного чемпионата Группы «РусГидро» по стандартам WordSkills, г. Волжский, 2019 г.: тезисы докладов. – Волжский: Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском. – 23 с.

4. Фесенко, М.Е. Проблема ложной работы устройств РЗА на подстанциях 110–750 кВ / М.Е. Фесенко, В.Г. Скорик // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – № 4 (25). – 2020.

5. Тасенко, А.А. Принципы построения микропроцессорных устройств / А.А. Тасенко, И.В. Игнатъев // Труды БрГУ. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2020.

6. Strobel, M. Новые недостатки в системах управления интеллектуальными сетями, защищенными IEC 62351.B / M. Strobel, N. Wiedermann, C. Eckert // Материалы международной конференции IEEE по коммуникациям в интеллектуальных сетях, Сидней, Австралия, 6–9 ноября 2016 г. – С. 266–270.

7. Матвиенко, Ю.А. Научно-технические проблемы применения технологий искусственного интеллекта и нейросетевых технологий обработки данных в автоматизированных системах Ракетных войск стратегического назначения / Ю.А. Матвиенко, А.В. Уваров // Военная мысль. – 2021. – № 4. – С. 113–118.

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МП РЗ

Попова М.В. – студент

Зенина Е.Г. – канд. тех. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В данной статье рассмотрены наиболее перспективные направления улучшения функционирования систем релейной защиты и автоматики. Рассматриваются примеры внедрения новых программных алгоритмов и применения известных ранее электромагнитных устройств для повышения точности и надежности работы РЗ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: микропроцессорные устройства релейной защиты, катушка Роговского, СВИ, надежность, ИНС.

ABSTRACT. This article discusses the most promising directions for improving the functioning of relay protection and automatic control systems. Examples of the introduction of new software algorithms and the use of previously known electromagnetic devices to improve the accuracy and reliability of the relay protection are considered.

KEYWORDS: microprocessor-based relay protection devices, electromechanical relays, Rogovsky coil, neural network, reliability, SVM.

В современном мире, в условиях динамичного роста энергопотребления, энергетические системы становятся все более разветвленными и сложно организованными. Это приводит к закономерному усложнению построения систем релейной защиты и автоматики, устройства которых необходимы на всех этапах генерации, передачи и распределения электроэнергии. За последние 15 лет основной элементной базой дистанционной защиты были признаны микропроцессорные устройства, позволяющие обеспечить более широкий функционал

систем РЗА, а также применять совершенно новые методологии и алгоритмы работы защит.

Устоявшийся метод расчета уставок дистанционной защиты подразумевает обеспечение такого режима работы, при котором РЗ должна срабатывать в зоне действия защищаемого элемента и не должна реагировать на процессы вне пределов этой зоны. На данном этапе появляются трудности с точностью измерения комплексного сопротивления. Ошибки возникают в результате насыщения трансформаторов тока, изменения сопротивления линии, перетока мощности, компенсации реактивной мощности и т. д. Модернизация алгоритмов работы РЗ в основной массе имеет целью преодоление перечисленных проблем, а также достижение целей по повышению эффективности и надежности систем РЗА.

Если говорить подробнее о погрешности, вызываемой ИТТ, то необходимо понимать, что при насыщении магнитопровода трансформатора тока апериодической составляющей тока КЗ возникает искажение сигнала, причем не только апериодической, но и синусоидальной его составляющей. В случае совпадения остаточного магнитного потока в сердечнике с магнитным потоком, создаваемым апериодической составляющей тока КЗ, ТТ начинает работать в режиме насыщения, ток ветви намагничивания возрастает гораздо быстрее рабочего магнитного потока. В результате возникает погрешность, величина которой может достигать значений, при которых релейная защита может ложно сработать или выйти из строя. Поскольку одновременно с токами намагничивания возникают также токи небаланса, наиболее резко выражено влияние данной погрешности на устройства дифференциальной защиты.

В качестве решения этой проблемы в настоящее время в основном прибегают к методу искусственного закругления уставки, а также установки промежуточных насыщающихся ТТ, однако более надежным способом является применение альтернативных измерительных приборов. Самым распространенным примером является катушка Роговского, состоящая из проводника, на который наматывается пара- или диамагнетный сердечник, либо же представляющая из себя печатную плату с впечатанными витками. Устройство размещается вокруг проводника с измеряемым током и позволяет обеспечить точность измерений, возможность проектирования РУ более компактных размеров, создание систем релейной защиты по методу бегущей волны (за счет точного преобразования высокочастотных сигналов), а также безопасность для персонала и окружающей среды. Данные факторы позволят повысить надежность функционирования систем МП РЗА [1].

Внедрение микропроцессорной элементной базы в систему релейной защиты позволяет осуществлять развитие не только за счет внедрения новых устройств, но и применяя новые программные алгоритмы обеспечения работы, как, например, интеграция технологии синхронизированных векторных измерений (СВИ). Наибольшую эффективность применение данного метода проявляет при условии использования современных датчиков тока и напряжения, о чем говорилось ранее. Перспективность данного направления обусловлена существенным

снижением объема требуемой памяти устройств за счет оптимизации принципа расчета параметров режима работы присоединения, основанной на передаче шести синхровекторов тока и напряжения. Базируясь на этих вводных данных, осуществляются расчет и анализ более 100 параметров с учетом высших гармоник.

В качестве обширного направления применения программных алгоритмов в целях повышения эффективности работы систем РЗ нельзя не отметить перспективность внедрения искусственных нейронных сетей (ИНС), функционирование которых, как правило, рассматривается в сочетании с технологиями искусственного интеллекта, BigData, применения нечеткой логики. Одним из ключевых свойств ИНС является способность к обучению и обобщению накопленных знаний, что позволяет со временем повышать характеристики функционирования систем защиты. В исследовании [3] рассматривается использование технологии ИНС для защиты коротких и длинных линий при различных режимах нагрузки. Результаты тестирования свидетельствуют о 10 % ошибок в условиях различных характеров повреждений и нагрузки тестируемой линии. Применение вышеперечисленных технологий позволит улучшить работу систем РЗ в направлениях определения локализации КЗ, адаптации к влиянию сопротивления дуги в момент КЗ, координации работы защиты в протяженных линиях [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фесенко, М.Е. Проблема ложной работы устройств РЗА на подстанциях 110-750 кВ / М.Е. Фесенко, В.Г. Скорик // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – 2020. – № 4 (25). – С. 79–83.
2. Мокеев, А.В. Повышение эффективности и надежности систем управления, релейной защиты и автоматики цифровых понизительных подстанций и цифровых РЭС / А.В. Мокеев, С.А. Пискунов, Д.Н. Ульянов, Е.И. Хромцов // 92-е заседание семинара «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики», г. Казань, 23 сентября 2020 г.
3. Ismail, M.M. Distance relay protection for short and long transmission line / M.M. Ismail, M.A. Moustafa Hassan // Proceedings of international conference on modelling, identification & control. – Cairo, Egypt, 2013. – pp. 204–211.
4. Филиппов, С.А. Тренды в развитии релейной защиты» / С.А. Филиппов, Р.С. Трифонов, О.А. Соловьёва // Вестник транспорта Поволжья. – 2020. – № 2 (80). – С. 36–42.

СЕКЦИЯ «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС»

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Варганова А.М. – магистрант
Закирова И.А. – канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

АННОТАЦИЯ. В данной статье рассматривается способ повышения эффективности систем теплоснабжения с применением инновационных технологий. Описывается цифровизация, которая предполагает оптимизацию и автоматизацию систем отопления. Приводится способ управления отоплением в многоквартирном доме, основанный на системе погодного регулирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цифровизация, автоматизация, теплоснабжение, система отопления, система погодного регулирования.

ABSTRACT. This article discusses a way to improve the efficiency of heat supply systems using innovative technologies. Describes digitalization, which involves the optimization and automation of heating systems. A method for controlling heating in an apartment building based on a weather regulation system is presented.

KEYWORDS: digitalization, automation, heat supply, heating system, weather regulation system.

В настоящее время инновационное развитие теплоэнергетики направлено на создание интеллектуальной теплоэнергетической системы в условиях цифровизации, которая должна обладать такими свойствами, как гибкость, надежность, безопасность и др.

Теплоэнергетика является одним из факторов размещения экономики, поскольку ее комплексы располагаются в непосредственной близости от источников энергии, мощных электростанций. Как следствие, вокруг топливно-энергетического комплекса (ТЭК) вырастают крупные промышленные районы, строятся поселки и города [1].

Инновационное развитие отраслей ТЭК является основой решения стратегических задач энергетики. Минэнерго России ведет планомерную политику по стимулированию разработки и внедрению в ТЭК новейших отечественных технологий и материалов. Проблема повышения эффективности систем теплоснабжения является весьма актуальной для государства, региональных властей, коммунальных служб и населения.

Примечателен тот факт, что Президент Республики Татарстан Рустам Нургалиевич Минниханов 8 октября 2021 года обратился с посланием к Государственному совету Республики Татарстан шестого созыва и объявил 2022-й годом цифровизации.

Таким образом, целью данной работы является разработка способа повышения эффективности систем отопления с применением инновационных технологий в условиях цифровизации энергетики.

Одной из важнейших задач теплоэнергетики является повышение эффективности использования энергоресурсов, бережная их экономия. Необходимо с умом использовать уголь, природный газ и нефть, поскольку данные природные ресурсы являются исчерпаемыми [1].

Основная часть

Система теплоснабжения представляет собой совокупность источников тепловой энергии и теплопотребляющих установок, технологически соединенных тепловыми сетями [2]. В данной статье рассматривается современная система теплоснабжения в условиях цифровизации.

Цифровые технологии представляют собой системы объединения данных и искусственный интеллект, который используется для отслеживания и диагностики проблем в системе теплоснабжения, а также для выполнения повседневных задач.

Цифровизация в системе теплоснабжения началась с цифровизации экономики. В середине 2017 года была утверждена программа «Цифровая экономика России», намеренная внедрить электронный обмен данными во все отрасли российской экономики, в том числе и в отрасль энергетики. С этого шага началось быстрое развитие инновационных систем управления технологическими процессами, а также всеобщая автоматизация и цифровизация разного рода процессов, что привело к их широкой интеграции в повседневную жизнь общества.

В современных условиях при проектировании энергетических объектов используются программные продукты различного назначения. В частности, для расчета и проектирования инженерных систем многоквартирных домов используют программное обеспечение AutoCAD. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха также проектируются при помощи специальной программы Revit, основанной на BIM-технологии. Использование различных программных продуктов позволяет не только сэкономить время на расчетах, но и быстро провести перерасчет, если изменились исходные данные.

Сегодня создается большое количество проектов в сфере теплоснабжения, направленных на увеличение комфортности и энергоэффективности среды обитания человека, в их число входит система «Умный дом».

Умный дом – это система управления, объединяющая инженерное оборудование зданий в единый, сложно работающий организм, который может самостоятельно и экономно использовать тепло, электроэнергию, воду, газ, создавая тем самым условия для максимального бытового комфорта.

Основной особенностью существующих систем отопления зданий и других объектов является то, что они рассчитаны на постоянный расход теплоносителя. Регулирование поступления теплоносителя в нагревательные приборы затруднено и может привести к нарушению гидравлического режима работы системы отопления [3].

Для обеспечения рационального использования тепловой энергии потребителями требуется не только установка теплосчетчиков, но также и индивидуальных средств автоматического регулирования.

Одним из способов регулирования систем теплоснабжения в многоквартирных домах является система погодного регулирования, которая выполняет следующие функции:

1) регулирование в системах отопления по отопительному графику зависимости температуры теплоносителя от температуры наружного воздуха;

2) программное снижение расхода теплоносителя на отопление в ночное время, выходные и праздничные дни;

3) ограничение температуры обратной сетевой воды по графику ее зависимости от температуры наружного воздуха в соответствии с требованиями теплоснабжающей организации в системах отопления;

4) поддержание температуры горячей воды в системах ГВС с возможностью снижения температуры на нерабочее время;

5) защита от замораживания системы отопления.

Система погодного регулирования отопления позволяет экономить до 35 % расхода тепловой энергии. Если учесть, что многоквартирный жилой дом несет расходы на тепловую энергию в отопительный сезон около 1 млн руб. в месяц, то экономию жильцы почувствуют уже через месяц.

Система погодного регулирования отопления реализуется при помощи датчиков температуры наружного воздуха, которые выводятся на теневую сторону улицы и измеряют уличную температуру. При этом два датчика на подающем и обратном трубопроводе измеряют температуру теплоносителя. Логический программируемый контроллер вычисляет разницу температур и регулирует скорость потока теплоносителя, управляя запорно-регулирующим клапаном. Если теплосеть не имеет необходимого перепада, то проблема устраняется установкой автоматического балансировочного клапана.

Для предотвращения застоя стояков (попадания воздуха) используется насос внутренней циркуляции, который циркулирует теплоноситель в системе отопления. В данной системе предусмотрен обратный клапан, предназначенный для недопущения изменения направления потока среды. Узел погодного регулирования оборудован автоматическим воздухоотводчиком. Если тепловая сеть не имеет необходимого перепада (что бывает редко), то необходима установка автоматического балансировочного клапана. Система имеет полнопроходной байпас и гарантирует отсутствие перебоев с теплоснабжением во время отопительного сезона.

В случае незапланированной остановки насоса и других аварийных ситуаций, влияющих на автоматическое погодное регулирование отопления, система оповещения отправляет SMS через GSM-модуль на мобильный телефон или пульт управления диспетчера.

На рис. 1 представлена структурно-графическая схема, описывающая данную систему [4].

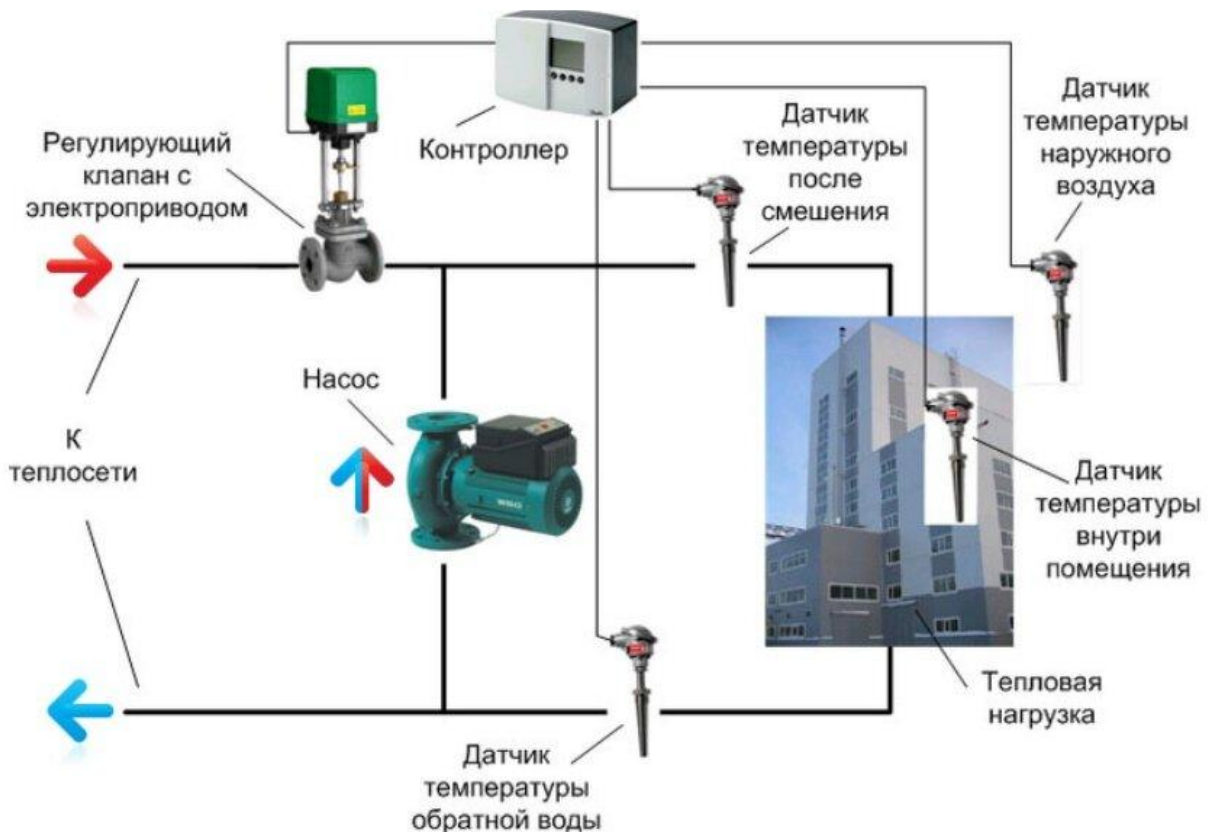


Рис. 1. Структурно-графическая схема управления отоплением в многоквартирном доме

Узел погодного регулирования состоит из регулирующего клапана с электроприводом, насоса циркуляции, обратного клапана, датчиков температуры, электрического шкафа управления (с программным контроллером), запорно-регулирующей арматуры, фильтров и др. Все элементы и трубопроводы в тепловом узле должны быть теплоизолированы.

Комплектующие подбираются опытным проектировщиком исходя из данных конкретного объекта, при этом должны учитываться тепловые нагрузки, скорость потока, гидравлическое сопротивление, перепады и многое другое.

В результате установки данного набора оборудования потребитель получает комфортный температурный режим: регулировать поступление теплоносителя можно будет в автоматическом режиме благодаря погодозависимой технике, а точный учет потребления тепловой энергии позволит получить выгоду от энергоэффективных мероприятий.

Цифровизация обеспечит прозрачность и эффективность сбора средств с управляющей компании и населения, что не только отразится в прибыли конкретных компаний, но и позволит остановить быстрый рост долга за коммунальные услуги.

Заключение

Повышение эффективности работы систем теплоснабжения с применением инновационных технологий заключается в функционировании системы контроля и управления параметрами энергопотребления, в основе чего лежит интеллектуальная программа, которая с помощью серии датчиков может регулировать систему отопления.

Внедрение цифровизации в систему теплоснабжения позволит:

- дистанционно собирать информацию;
- контролировать работу системы теплоснабжения;
- поддерживать комфортную температуру в помещении;
- значительно повысить экономию энергоресурсов;
- снизить расходы потребителей на тепловую энергию.

Экономия тепловой энергии в результате внедрения данной системы регулирования достигается за счет четкого поддержания требуемых параметров теплоносителя (температуры, расхода и давления) на вводе в многоквартирный дом и в контуре отопления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) [Электронный ресурс]. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/505736-toplivno-energeticheskiy-kompleks-tek> (дата обращения: 04.12.2021).
2. Федеральный закон от 27.07.2010 № 190-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «О теплоснабжении» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2021).
3. Ибрагимов, У.Х. Повышение эффективности систем отопления [Электронный ресурс] / У.Х. Ибрагимов, У.Х. Икромов, Б.И. Рашидов // Молодой ученый. – 2015. – № 4 (84). – С. 195–196. URL: <https://moluch.ru/archive/84/15540/> (дата обращения: 06.12.2021).
4. Система погодного регулирования многоквартирных домов [Электронный ресурс]. URL: <https://sovintervod-vnt.ru/avtomatizirovannye-teplovye-punkty/sistema-pogodnogo-klimaticheskogo-regulirovaniya-mnogokvartirnyh-mnogoetazhnyh-domov-zhkh.html> (дата обращения: 04.12.2021).
5. Зиганшин, А.М. Smart BIM в О и В. Информационное моделирование в отоплении и вентиляции: учеб.-метод. пособие. – изд. 2-е, перераб. и доп. / А.М. Зиганшин, М.Г. Зиганшин. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2019. – 349 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ГРАДИРЕН ТЭС ИСПАРИТЕЛЬНОГО ТИПА

Колтун Ю.А., Говорухина М.Б. – студенты
Иваницкий М.С. – д-р техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. Выполнен анализ основных параметров, влияющих на эффективность работы градирен испарительного типа. Определены технологические условия, на основе которых формируются нормативные характеристики охлаждающей способности градирен. Рассмотрены технологические условия и основные функциональные узлы и элементы, характеризующиеся значительным количеством технологических отказов градирен и определена основная характеристика надежности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: градирня, эффективность, надежность энергооборудования, теплоэлектростанция.

ABSTRACT. The main parameters affecting the efficiency of evaporative type cooling towers were analyzed. Process conditions are determined, on the basis of which normative characteristics of cooling capacity of cooling towers are formed. Process conditions and main functional units and elements characterized by a significant number of process failures of cooling towers are considered and the main reliability characteristic is determined.

KEYWORDS: cooling tower, efficiency, reliability of power equipment, thermal power plant.

Одним из важнейших элементов технологического процесса электростанции являются градирни. Их широкое применение обусловлено высокой эффективностью процессов тепломассообмена, протекающих при контакте охлаждаемой воды и атмосферного воздуха.

В эксплуатационных условиях проверка качества работы градирен испарительного типа гарантируется при наличии достаточно точных технологических данных. Контроль за работой градирни может осуществляться при проведении испытаний. Одним из важнейших типов испытаний являются балансовые испытания. Данным видом испытаний определяются параметры, их соотношения, которые формируют процессы охлаждения, тепломассообмена и их динамику при изменении внешних условий.

Построение нормативных характеристик осуществляется на основании итогов балансовых испытаний градирен. Они отображаются в виде графических зависимостей температуры охлажденной воды и температуры воздуха по влажному термометру от изменения тепловой нагрузки градирни [3].

Для построения нормативных характеристик необходимо знать исходные данные в виде измеряемых параметров, а также произвести расчет недостающих параметров.

Исходными данными для создания нормативных характеристик являются:

- барометрическое давление $P_б$;
- скорость ветра ω ;
- температура воздуха по сухому термометру θ ;
- относительная влажность воздуха ϕ ;
- расход охлаждающей воды (левый ввод) $W_л$;
- температура воды на входе в градирню $t_{л1}$;
- расход охлаждающей воды (правый ввод) $W_{пр}$;
- температура воды на входе в градирню $t_{л2}$;
- температура воды на выходе из градирни $t_{пр1}$;
- температура воды на выходе из градирни $t_{пр2}$;
- площадь орошения F .

Расчетными величинами являются:

- барометрическое давление $P_{б_абс}$;
- общий расход охлаждающей воды $W_{общ}$.

Данная величина представляет собой сумму расхода охлаждающей воды на правом и левом входах:

$$W_{общ} = W_л + W_{пр}. \quad (1)$$

Глубину охлаждения (левый ввод) обозначим $\Delta t_л$, глубину охлаждения (правый ввод) – $\Delta t_{пр}$. Глубина охлаждения определяется как разность температур воды на входе и выходе из градирни.

Средневзвешенную температуру воды на входе в градирню обозначим $t_{св1}$. Данная величина определяется по формуле

$$t_{св1} = \frac{1}{2}(t_{л1} + t_{л2}), \quad (2)$$

где $t_{л1}$ – температура воды на входе в градирню; $t_{л2}$ – температура воды на входе в градирню.

Средневзвешенную температуру воды на выходе из градирни обозначим $t_{св2}$, температурный перепад – $\Delta t_{св}$.

Температурный перепад представляет собой разность средневзвешенных температур воды на входе и выходе из градирни:

$$\Delta t_{св} = t_{св1} - t_{св2}. \quad (3)$$

Удельную гидравлическую нагрузку (плотность орошения) обозначим $q_{уд}$; удельную тепловую нагрузку – $q_{уд} \Delta t_{св}$. Удельная тепловая нагрузка определяется как отношение общего расхода охлаждающей воды $W_{общ}$ к площади орошения F :

$$q_{\text{уд}} \Delta t_{\text{св}} = \frac{W_{\text{общ}}}{F}. \quad (4)$$

Расчетную температуру охлажденной воды обозначим $t'_{2\text{рас}}$.

Нормативная характеристика охлаждения воды в градирне представляется в виде аналитической зависимости:

$$\tau = \frac{1}{2a} \left(ax + v\Delta t - \sqrt{\frac{3A}{\left(\frac{x}{54,4}\right)^2 + C}} \right), \quad (5)$$

где $A = \sqrt{\frac{\xi}{H_g} \frac{q\Delta t}{\psi}}$, $\psi = \sqrt{\frac{\varphi}{1+0,5\varphi}}$ – зависимости для построения поправочного

графика на влажность воздуха; τ – температура воздуха по мокрому термометру, °С; ξ – общий коэффициент сопротивления градирни; H_g – действующая высота тяги башни, м; φ – относительная влажность воздуха, %.

Результатом расчета является получение зависимости температуры охлажденной воды на выходе из градирни от температуры воздуха по влажному термометру, рис. 1. Для упрощения восприятия данные параметры символично представлены в блок-схеме на рис. 2.

Надежность – это один из главных технико-экономических показателей энергетического оборудования. Под надежностью градирни подразумевается ее свойство в период нормативного срока окупаемости капиталовложений обеспечивать заложенные в проекте технологические, экономические и экологические показатели при соблюдении норм эксплуатации.

Техническое состояние объектов сказывается на их надежности и эффективности работы. Градирням свойственны постепенные отказы составляющих элементов. Внезапный отказ градирни может быть вызван:

- выходом из строя механического или электрического оборудования вентилятора;
- дисбалансом крыльчатки вентилятора;
- обледенением входных окон и оросителя;
- разрывом трубопроводов [1].

Также на состояние элементов конструкции отрицательно влияет агрессивная среда, при этом на кинетику коррозионных процессов сильное влияние оказывает уровень напряжений. Коррозионный износ приводит к уменьшению сечения элементов конструкций, снижению механических характеристик материала и, соответственно, к увеличению уровня градиента напряжений. Большие нагрузки и влажность, агрессивная среда и перепады температур, а также

конструктивные несовершенства приводят к значительному износу строительных конструкций и способствуют их разрушению [2].

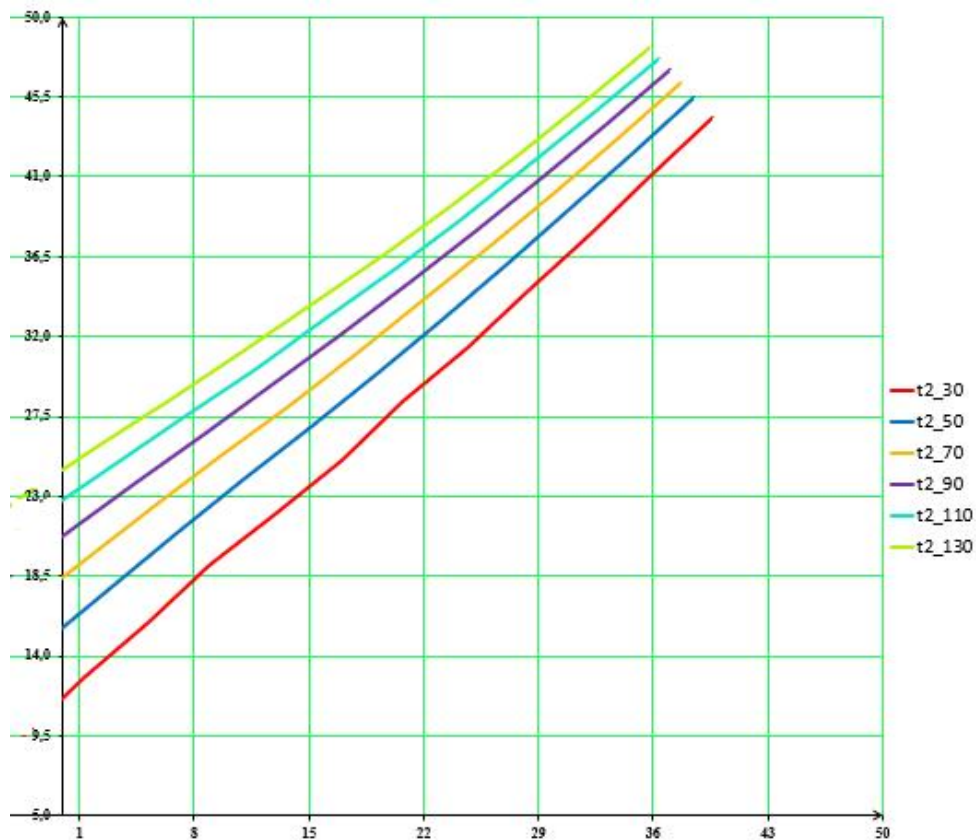


Рис. 1. График зависимости температуры охлажденной воды на выходе из градирни от температуры воздуха по влажному термометру

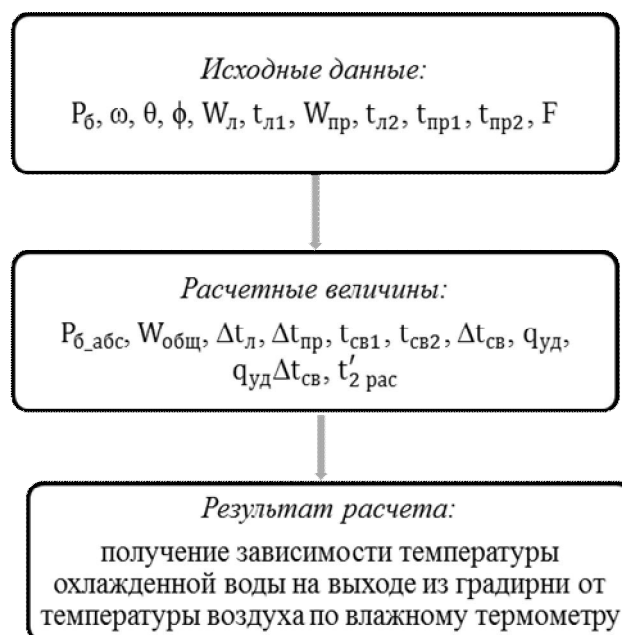


Рис. 2. Блок-схема построения нормативных характеристик градирен испарительного типа

Основной характеристикой надежности является вероятность безотказной работы $p(t)$, то есть вероятность того, что в планируемом интервале времени t при заданных режимах эксплуатации отказа оборудования не произойдет.

Вероятность безотказной работы градирни представляет собой функцию

$$p(t) = e^{-t \sum_{i=1}^n \lambda_i}, \quad (6)$$

где $\sum_{i=1}^n \lambda_i$ – интенсивность отказов элементов системы за время t [1].

Интенсивность отказов элементов градирен представлена в табл.

Интенсивность отказов элементов градирен

Элемент и материал	Интенсивность отказов $10^4, \text{ч}^{-1}$
Охлаждающие конструкции	0,05
Несущий каркас	0,06
Обшивка	0,09
Конфузор	0,07
Диффузор	0,07
Опорный каркас	0,06
Вентиляторы	0,45
Оросители и водоуловители	0,08
Система распределения воды	0,08
Водоразбрызгивающие устройства	0,19
Водосборный резервуар	0,04
Водосборный поддон	0,09

В работе проведен анализ нормативных характеристик охлаждающей способности градирен испарительного типа. В результате проделанной работы можно сделать вывод о том, что для определения отказа оборудования при заданных режимах эксплуатации необходимо рассчитывать вероятность безотказной работы градирни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арефьев, Ю.И. Градирни промышленных и энергетических предприятий: справочное пособие / Ю.И. Арефьев, В.С. Пономаренко. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 376 с.
2. Нуругалиев, А.Р. Решение проблемы безопасности конструкций градирен СК 1200 / А.Р. Нуругалиев, Н.М. Якупов, Р.Г. Нуруллин, С.Н. Якупов // Международная научно-практическая конференция «Инженерные системы – 2011». – Казань, 2011. – С. 61.
3. СО 34.22.302-2005. Методика построения нормативных характеристик градирен испарительного типа. – М.: Филиал ОАО «Инженерный центр ЕЭС» – «Фирма ОРГРЭС», 2005. – 9 с.

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВОВ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРУ ОТ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Васильев А.Р., Кострюков С.А. – студенты
Иваницкий М.С. – д-р техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. Выполнены анализ и оценка условий формирования нормативов экологических платежей за выбросы парниковых газов в атмосферу от объектов теплоэнергетики, а также проведен анализ технологий и нормативно-правовой документации в рамках внедрения новых принципов государственной политики в области охраны окружающей среды. Показано, что в рамках действующего природоохранного законодательства разработаны различные способы снижения выбросов парниковых газов при сжигании топлива на теплоэнергетических предприятиях. В свою очередь, действующее законодательство на современном этапе не обеспечивает эффективного внедрения технологических решений, способствующих снижению выбросов парниковых газов в окружающую среду.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: выбросы парниковых газов, экологические платежи, объекты теплоэнергетики.

ABSTRACT. The analysis and assessment of the conditions for the formation of standards for environmental payments for greenhouse gas emissions into the atmosphere from the heat power plant was carried out, as well as an analysis of technologies and regulatory documentation within the framework of the introduction of new principles of state policy in the field of environmental protection. It is shown that currently, within the framework of the current environmental legislation, various ways have been developed to reduce greenhouse gas emissions from fuel combustion at thermal power plants. In turn, the current legislation at the present stage does not ensure the effective implementation of technological solutions that contribute to reducing greenhouse gas emissions into the environment.

KEYWORDS: greenhouse gas emissions, environmental payments, thermal power facilities.

Изменение климата, обусловленное выбросами парниковых газов, становится все более острой глобальной проблемой. Ожидается, что к концу столетия концентрация углекислого газа может увеличиться примерно в два раза, что в современных условиях развития электроэнергетики России ограничивает использование традиционных технологий сжигания топлива для выработки электрической и тепловой энергии в виде горячей воды и пара. На рис. 1 представлены современные методы сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу [1, 2].

Необходимо отметить, что технологии улавливания и захоронения углерода признаны критически важными для сдерживания роста температуры на планете в пределах 1,5–2 °С к 2050 г. Применение этих технологий существенно снизит объем загрязняющих выбросов от промышленных предприятий [2–3].



Рис. 1. Методы сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу

На основе проведенных аналитических исследований установлено, что на данный момент отсутствуют малозатратные решения, направленные на снижение выбросов парниковых газов в окружающую среду от теплоэнергетических предприятий. При этом отметим, что средний уровень затрат на внедрение технологии улавливания и захоронения выбросов парниковых газов находится на уровне 60–65 евро/тонна CO_2 . В связи с этим значительно усложняется реализация требований природоохранного законодательства в соответствии с Федеральным законом РФ от 26.07.2019 г. № 195-ФЗ [4]. Инициативы по введению платы за выбросы парниковых газов получают все большее распространение в мире, что в дальнейшем будет способствовать продвижению идеи введения такой платы на международном уровне.

Предполагается, что начиная с 30 декабря 2021 года регулирование выбросов CO_2 в атмосферу будет осуществляться в соответствии с Федеральным законом РФ от 02.07.2021 г. № 296 «Об ограничении выбросов парниковых газов» [5]. Согласно новому законодательству, определены основные задачи, перечень мер для сокращения выбросов парниковых газов, а также технологические нормативы ограничения выбросов от промышленных и стационарных источников, даны рекомендации по разработке и воплощению проектов, направленных

на нормализацию баланса парниковых газов в российских экосистемах. В рамках соответствующего подхода устанавливаются углеродные единицы проекта, внесенные в единый информационный реестр. Новая концепция регулирования выбросов CO₂ в атмосферу предполагает изменение структуры выработки электрической энергии в стране за счет уменьшения доли теплоэлектростанций, государственных районных электрических станций, газотурбинных и парогазовых установок и большего распространения и увеличения установленной мощности возобновляемых источников энергии.

На рис. 2 представлены данные о среднем размере платы за выбросы CO₂ в некоторых странах Европейского союза.

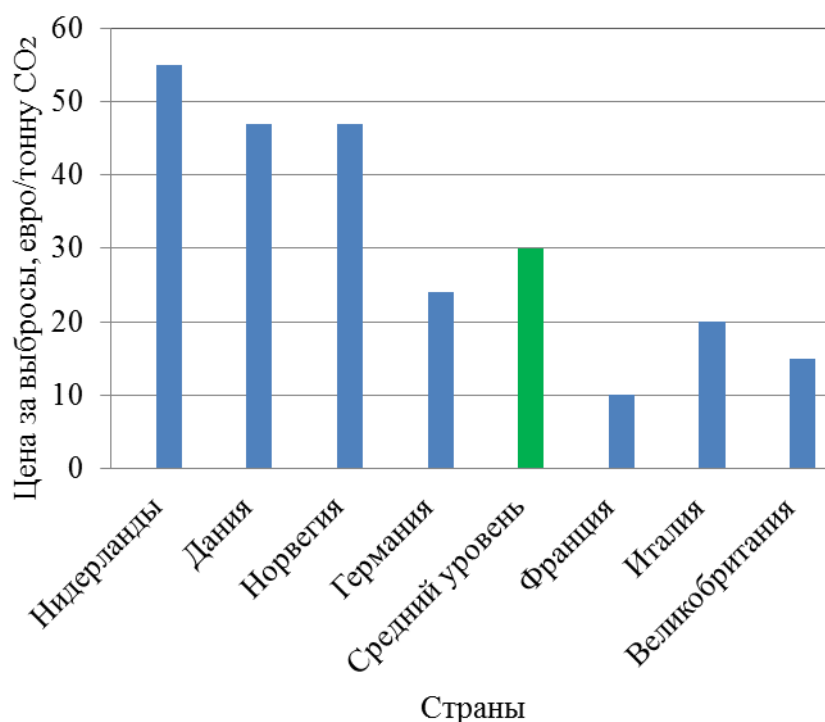


Рис. 2. Средний размер платы за выбросы CO₂ в некоторых странах Европейского союза

Страны принимают обязательства взимать высокую плату за выбросы углерода. По предварительным расчетам, страны с самыми большими выбросами углерода для выполнения своих обязательств по их сокращению должны будут к 2030 году взимать от 45 до 90 и больше евро за каждую тонну выбросов (в текущих ценах).

Наиболее эффективные и перспективные технологии использования топлива и твердых бытовых отходов с целью производства тепловой и электрической энергии представлены на рис. 3.

Следует отметить, что при факельном сжигании органического топлива объемное содержание углекислого газа в продуктах горения в зависимости от вида топлива и конкретных условий сжигания составляет от 10 до 16 %. Данное обстоятельство в значительной мере ограничивает использование традиционного

органического топлива для производства энергии во всем мире и должно способствовать развитию имеющихся способов сжигания топлива и разработке совершенных новых подходов для повышения энергетической эффективности российской экономики, несмотря на то что плата за выбросы CO_2 в России носит на сегодняшний день добровольный характер.



Рис. 3. Наиболее перспективные технологии использования топлива с целью производства тепловой и электрической энергии

Вышеуказанные организационно-технические меры позволят обеспечить оптимистический прогноз выбросов CO_2 в атмосферу с учетом поглощения CO_2 лесными массивами на уровне порядка 260 млн тонн. Однако достижение таких показателей возможно только лишь при введении платы за выбросы CO_2 в секторах экономики, характеризующихся наибольшим углеродным следом в технологическом цикле производства продукции и энергоресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябов, Г.А. Сепарация CO_2 с использованием химических циклов сжигания и газификации топлив / Г.А. Рябов, О.М. Фоломеев, Д.С. Литун, Д.А. Санкин // Теплоэнергетика. – 2009. – № 6. – С. 39 – 49.
2. ИТС 38-2017. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии. – Введ. 2018-07-01. – М.: Росстандарт, 2017.
3. Росляков, П.В. Методы защиты окружающей среды: учебник для вузов / П.В. Росляков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 336 с.: ил.
4. Федеральный закон РФ от 26.07.2019 г. № 195-ФЗ «О проведении эксперимента по квотированию выбросов загрязняющих веществ и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части снижения загрязнения атмосферного воздуха»

[Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_329955/ (дата обращения: 07.12.2021).

5. Федеральный закон от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/69967.html/> (дата обращения: 07.12.2021).

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И СОЗДАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Кострюков С.А., Васильев А.Р. – студенты
Гусева Ю.В. – канд. физ.-мат. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. Выполнено обоснование конструктивных параметров и создана физическая модель ветрогенератора на основе ротора Савониуса для комплексного исследования рабочих характеристик в лабораторных условиях. Рассмотрены подходы к оценке энергетической эффективности применения ветровых энергоустановок для выработки электрической энергии с учетом геометрии и ориентации посадки лопастей ветроколеса, а также фактической скорости ветра вблизи ветроколеса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ветрогенератор, ротор Савониуса, рабочие характеристики, эффективность.

ABSTRACT. The substantiation of design parameters was carried out and a physical model of a wind generator based on a Savonius rotor was created for a comprehensive study of performance characteristics in laboratory conditions. The approaches to the assessment of the energy efficiency of the use of wind power plants for generating electric energy are considered, taking into account the geometry and orientation of the landing of the blades of the wind wheel, as well as the actual wind speed near the wind wheel.

KEYWORDS: wind generator, Savonius rotor, performance characteristics, efficiency.

На сегодняшний день ветроэнергетика выступает в качестве наиболее развивающейся экологически чистой технологии получения энергии. Работа ветрогенератора основана на преобразовании кинетической энергии воздушного потока в иные виды энергии, например в электрическую [1, 2].

Актуальность развития ветроэнергетики в нашей стране и мире обусловлена в первую очередь наличием большого ветроэнергетического потенциала, наличием потребителей энергии, удаленных от централизованных сетей,

исполнением условий экологической программы развития регионов, научно-техническими и производственными разработками.

Существуют два основных типа ветроэнергетических установок: с горизонтальной и вертикальной осями вращения ротора. Для бытовых нужд выгодно использовать вертикально-осевые установки малой мощности, например с ротором Савониуса с S-образным профилем лопастей. Для данного типа ветрогенератора характерны большие пусковые крутящие моменты, работа при низких скоростях ветрового потока и высокая технологичность и простота исполнения. Основные недостатки ветрогенератора с ротором Савониуса – большой расход материала и низкий коэффициент использования энергии ветра.

Целью работы является обоснование конструктивных параметров и создание физической модели ветрогенератора для комплексного исследования рабочих характеристик в лабораторных условиях.

Задачи исследования:

- 1) выполнить теоретическое обоснование конструкции ветрогенератора на основе ротора Савониуса;
- 2) создать физическую модель ветрогенератора с ротором Савониуса для комплексного исследования рабочих характеристик генерирующей установки;
- 3) разработать подход к определению энергетической эффективности ветрогенератора с ротором Савониуса.

Для построения модели ветрогенератора с ротором Савониуса использован принцип математической спирали, который изображен на рис. 1.

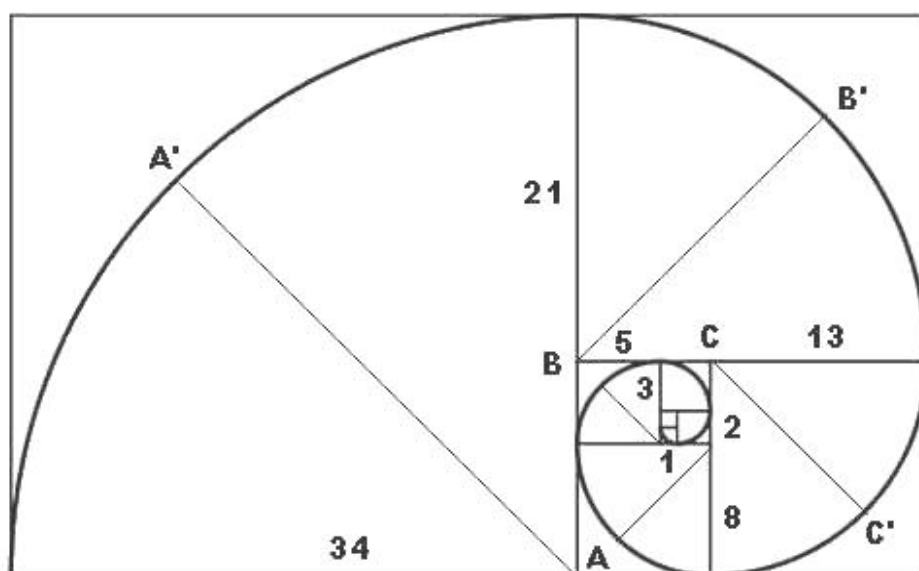


Рис. 1. Математическая спираль [2]

По дуге $A' - B'$ математической спирали строится каждая из двух лопастей крыльчатки, совместно они образуют поверхность, близкую к форме цилиндра. Спираль строится на основе «золотого» сечения, представленного на рис. 1, две лопасти образуют угол между осями в 180° (рис. 2).

Лопастей соединяются с зазором b , причем $b = (0,15 \div 0,3)d$, для обеспечения проникновения воздушных масс в межлопастное пространство с целью обеспечения стабильности крутящего момента [1]. Такой принцип действия позволяет ротору Савониуса работать даже при слабом ветре. Модель выполнена в программе Компас 19.0 и изготовлена на 3D-принтере из полимерного материала (рис. 3).

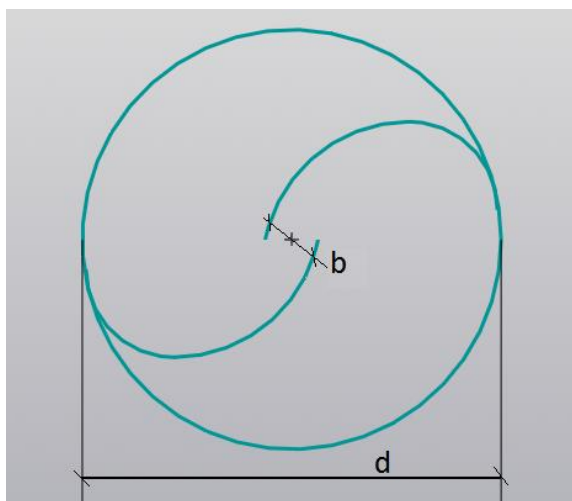


Рис. 2. Конфигурация расположения лопастей ветрогенератора:
 b – межлопастной зазор; d – диаметр ветроколеса

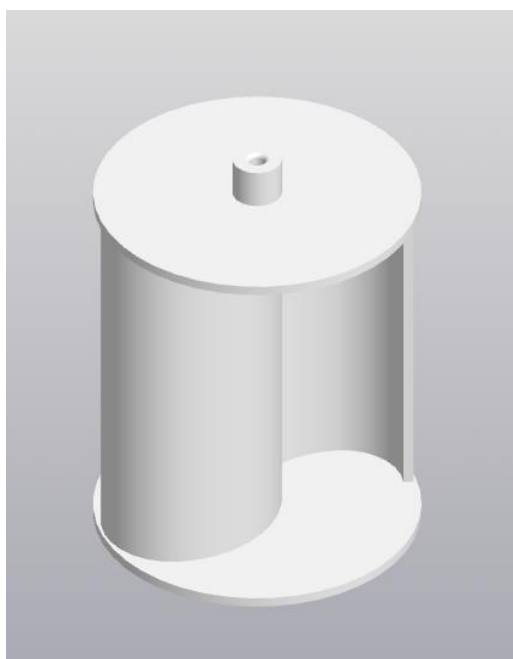


Рис. 3. Физическая модель ветрогенератора
на основе ротора Савониуса

На основании проведенных исследований предложена конструкция лабораторного стенда для исследования рабочих характеристик ветрогенератора в лабораторных условиях. Принимая за основу особенность климата степей

Нижнего Поволжья – активный ветровой режим в течение всего года со среднегодовой скоростью ветра от 3,3 м/с до 6,3 м/с, – в модельной установке используется нагнетатель воздуха с расходом 180 м³/ч. Весь нагнетаемый поток воздуха проходит через трубу диаметром 125 мм, что создает направленный поток ветра со скоростью 4,1 м/с.

Внутри трубы помещена разработанная авторами 3D-модель ветрогенератора с ротором Савониуса. Общий диаметр ветрогенератора 40 мм, высота 80 мм. Фиксация и центрирование модели ветроэнергетической установки осуществляется с помощью валов и радиально-упорных подшипников. Подшипники с внутренним диаметром 3 мм фиксируются в обводном хомуте аэродинамической трубы. Поэтому конструкция является мобильно заменяемой, что удобно для исследования различных параметров ветрогенераторов с другими профилями лопастей.

Для контроля частоты вращения на вал ветрогенератора прикреплен неодимовый магнит. Датчик Холла отслеживает изменение магнитного поля в определенной области и генерирует сигнал, который поступает на микроконтроллер, затем сигнал обрабатывается и передается на персональный компьютер.

Параметры энергетической эффективности ветрогенератора в рассмотренном случае определяются коэффициентом мощности C_p :

$$C_p = \frac{P_{\text{ном}}}{P_{\text{вет}}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность, Вт; $P_{\text{вет}}$ – ветровая (теоретическая) мощность, Вт.

Ветровая мощность рассчитывается с учетом плотности воздушного потока ρ , кг/м³; скорости ветра $V_{\text{вет}}$, м/с; площади лопасти ротора S , м²:

$$P_{\text{вет}} = 0,5 \cdot \rho \cdot S \cdot V_{\text{вет}}^3. \quad (2)$$

Номинальная мощность определяется аналогично, но по фактической скорости ветра вблизи лопастей V , м/с, которая ниже скорости ветра в потоке. Согласно экспериментальным данным [2], получим

$$P_{\text{ном}} = 0,5 \cdot \rho \cdot S \cdot V^3. \quad (3)$$

Скорость ветра вблизи лопастей ветрогенератора непосредственно связана с частотой вращения ротора следующей зависимостью:

$$V = R \cdot \pi \cdot \nu, \quad (4)$$

где R – радиус горизонтального сечения ротора Савониуса, м; ν – частота вращения, с⁻¹.

С учетом вышесказанного коэффициент мощности C_p ветрогенератора в рассмотренном случае определяется по выражению

$$C_p = \left(\frac{\pi R v}{V_{\text{вет}}} \right)^3.$$

В результате проведенного исследования выполнено теоретическое обоснование создания конструкции ветрогенератора на основе ротора Савониуса. Создана физическая модель ветрогенератора с ротором Савониуса для комплексного исследования рабочих характеристик генерирующей установки в лабораторных условиях. Разработан подход к определению энергетической эффективности предложенной конструкции ветрогенератора на основе коэффициента мощности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лагода, Ф.И. Методика (математическая модель) расчета энергетических характеристик ротора Савониуса / Ф.И. Лагода, С.В. Суков, Т.В. Бубенчикова // Молодой ученый. – № 22.3 (126.3). – 2016. – С. 34–40.
2. Templin, R. J. Aerodynamic performance theory for the NRC vertical-axis wind turbine / R.J. Templin // National Research Council of Canada. Rep. LTR 160. – 1974. – P. 185.

АНАЛИЗ ТЕПЛОЫДЕЛЯЮЩИХ СБОРОК ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Сорокин К.С. – студент
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены самые распространенные ядерные реакторы и их тепловыделяющие сборки (ТВС). Проведено сравнение и выявлены положительные и отрицательные параметры каждого типа. Рассмотрены технико-экономические и исторические предпосылки развития различных конфигураций ТВС. Выявлены положительные и отрицательные аспекты.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тепловыделяющие сборки, ядерный реактор, ВВЭР, PWR, сравнение, конструкция реактора.

ANNOTATION. The most common nuclear reactors and their fuel assemblies (fuel assemblies) are considered. A comparison was made and positive and negative parameters of each type were identified. The technical, economic and historical prerequisites for the development of various configurations of fuel assemblies are considered. Positive and negative aspects are revealed.

KEYWORDS: fuel assemblies, nuclear reactor, VVER, PWR, comparison, reactor design.

Ядерные реакторы, использующие в качестве теплоносителя воду, делятся на два основных типа: двухконтурные и одноконтурные. Именно на их примере сравним российские и зарубежные реакторы.

Конструкция ТВС одноконтурного реактора типа РБМК образована параллельным пучком стержневых твэлов, расположенных в поперечном сечении по двум concentрическим окружностям с фиксированным по радиусу шагом. Эта конструкция используется все реже, так как она является менее надежной и технически устаревшей.

Ее зарубежным аналогом является одноконтурный кипящий водо-водяной реактор (BWR). По принципу работы он очень похож на российский аналог, за исключением расположения и формы тепловыделяющих сборок: они имеют форму квадрата и разделены на четверти по диаметрам сечения цилиндрического корпуса. Такая форма и расположение уже больше соответствуют современным реакторам, что позволяет достаточно обширно пользоваться подобной схемой по всему миру.

Конструкция ТВС двухконтурного реактора типа ВВЭР имеет шестигранную форму и состоит из пучка твэлов, расположенных с шагом гексагональной решетки в цилиндрическом корпусе. Эта схема является основной и доминирующей на территории России и в ближнем зарубежье, где используются реакторы российского образца. Зарубежными аналогами является двухконтурный водо-водяной реактор (PWR). Его кассеты имеют квадратную форму и максимально заполняют площадь сечения цилиндрического корпуса аналогично реакторам типа ВВЭР. Реакторы этого типа и его модифицированные версии используются по всему миру и являются доминирующими на мировом рынке. С недавнего времени Россия также вышла на рынок производства ТВС квадратной формы [1].

Пока весь мир развивает энергию мирного атома, есть и такие страны, которые не видят будущего в этом направлении. Так, на данный момент в Германии подходит к концу программа по отказу от атомной энергетики. Имеется план, состоящий из пяти этапов, который предусматривает окончательный отказ от АЭС к 2022 году, но до принятия такого решения в Германии были реакторы как российского образца ВВЭР, так и зарубежные PWR и BWR. Помимо Германии, отказ от атомной энергетики приняли такие страны, как Австрия, Бельгия, Италия, Швеция и Швейцария.

Перейдем к главному вопросу: различие ТВС между российскими, американскими и французскими как самыми крупными представителями. Главным отличием является форма тепловыделяющей сборки и, как следствие, схема заполнения активной зоны реактора. Американские и французские реакторы, как уже было сказано, используют квадратную форму, а российские – форму шестигранника (рисунок). Каждая сборка имеет свое обоснование и преимущества, начиная от исторически сложившихся обстоятельств и заканчивая технико-экономическим обоснованием.

Немаловажную роль играют исторические факторы, так как расчеты первых реакторов проводились только на заре развития ЭВМ. И на то, что сегодня можно рассчитать за пару часов на компьютере, раньше уходили дни, а иногда и недели у целой рабочей группы. Из-за более простой геометрической формы и четырех плоскостей взаимодействия вместо шести расчет квадратной сетки занимал значительно меньше времени (так, расчет первого варианта реактора типа ВВЭР занял около двух лет с 1955 по 1957 гг.) [2]. Но выбор шестиугольной формы был больше необходимостью, так как, в отличие от большинства зарубежных стран транспортировка грузов, в которых чаще всего она осуществляется по воде на сухогрузах, в России исторически нишу транспортировки занимают железные дороги. Этот факт наложил ограничения на размеры перевозимых объектов по ширине железнодорожных путей не только в энергетике, но и в ракетостроении и других отраслях [3].

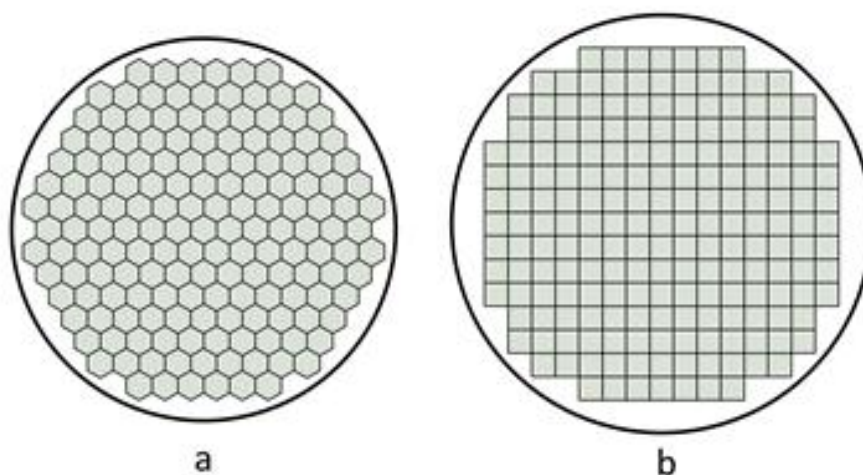


Рисунок. Схема расположения кассет в активной зоне реакторов:
a – ВВЭР-1000; b – Westinghouse4-loopPWR

Наиболее важное отличие – плотность заполнения активной зоны. Как мы только что заметили, из-за ограничений в размере корпус реактора имеет цилиндрическую форму. При заполнении круглого сечения активной зоны шестиугольная форма кассет, по сравнению с квадратной формой, позволяет достичь большей наполняемости и, как следствие, более эффективной работы реактора. Разница составляет около 7 % [4].

Возникает вопрос: почему подавляющее большинство зарубежных стран используют ТВС квадратной формы? Несмотря на преимущества шестиугольника, форма квадрата является более простой и дешевой в производстве и более унифицированной, что позволяет использовать одни и те же ТВС в различных структурах и обеспечивает совместимость сборок, произведенных на разных производствах и даже разных странах. Также простая форма обеспечивает высокую надежность таких сборок [5].

В совокупности всех факторов нельзя сказать, что какая-либо из ТВС имеет явное превосходство, так как на развитие в различных странах сильно повлияли не только технические характеристики, но и исторически сложившиеся обстоятельства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крамеров, А.Я. Вопросы конструирования атомных реакторов / А.Я. Крамеров. – М.: Атомиздат, 1971.
2. Сидоренко, В.А. Вопросы безопасной работы реакторов ВВЭР / В.А. Сидоренко. – М.: Атомиздат, 1977. – 216 с.
3. Шмелёв, В.Д. Активные зоны ВВЭР для атомных электростанций / В.Д. Шмелёв, Ю.Г. Драгунов, В.П. Денисов, И.Н. Васильченко. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 220 с.
4. Сидоренко, В.А. История атомной энергетики Советского Союза и России. Вып. 2. / В.А. Сидоренко. – М.: Атомиздат, 2002. – 432 с.
5. Крамеров, А.Я. Инженерные расчеты ядерных реакторов / А.Я. Крамеров, Я.В. Шевелев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Атомиздат, 1964. – 736 с.

ЛИЗИНГ И КРЕДИТ КАК СПОСОБЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ПЕРЕВОДА УЧЕБНОГО КОРПУСА КГЭУ НА ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Акберова Г.И. – магистрант
Зиганшин М.Г. – д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

АННОТАЦИЯ. Целью данной работы является исследование эффективности переключения учебного корпуса КГЭУ с централизованного теплоснабжения на децентрализованное с оптимизацией источников финансирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: централизованный, теплоснабжение, автономный, децентрализованный.

ABSTRACT. The purpose of this work is to study the efficiency of switching the educational building of KSPEU from centralized heat supply to decentralized with the optimization of funding sources.

KEYWORDS: centralized, heat supply, autonomous, decentralized.

Система теплоснабжения представляет собой сложную систему с многообразием составляющих ее элементов, в которых протекают различные по физической сущности процессы поглощения, превращения и переноса теплоты. Основное назначение любой системы теплоснабжения состоит в обеспечении потребителей необходимым количеством теплоты требуемого качества [1]. Система теплоснабжения – совокупность технических устройств, агрегатов и подсистем, обеспечивающих приготовление теплоносителя, его транспортировку

и распределение в соответствии со спросом на теплоту по отдельным потребителям. Последними являются системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения, а также технологии, установки промышленных предприятий [2].

Любая система теплоснабжения включает в себя три элемента: тепловой источник, тепловые сети (транспортировка тепла) и потребители тепловой энергии (радиаторы отопления и калориферы). Система теплоснабжения классифицируется на централизованные и децентрализованные источники тепла [3]. В централизованной системе источником тепла служит районная котельная или ТЭЦ, которая вырабатывает тепловую энергию для группы потребителей. При этом транспортировка тепловой энергии снижает эффективность ее применения за счет потерь тепловой энергии в теплотрассах [4]. В децентрализованных системах потребители имеют собственный источник теплоты, и расстояние от источника до теплоприемников существенно сокращается. Самое главное преимущество децентрализованного теплоснабжения – это возможность включить отопление в любой период, нет зависимости от отопительного периода, самостоятельное регулирование температуры, возможность экономии [5, 6].

Автономные источники обладают меньшей располагаемой мощностью, чем централизованные. Централизованные источники соответственно мощнее автономных и могут снабжать теплом несколько объектов. Но транспортировка тепловой энергии снижает эффективность их применения за счет потерь тепловой энергии в теплотрассах прямой и обратной подачи [7, 8].

Автономный источник теплоснабжения – это комплект оборудования системы децентрализованного теплоснабжения, вырабатывающий тепловую энергию, необходимую для теплоснабжения отдельного здания (сооружения) или группы зданий (сооружений). По своему расположению относительно обслуживаемого объекта автономные источники теплоснабжения подразделяются на пристроенные (примыкают к зданию минимум одной стеной), встроенные (размещены внутри ограждающих конструкций здания), крышные (размещены на верхнем перекрытии здания) [9, 10].

Децентрализованные системы теплоснабжения делятся на индивидуальные и местные. В индивидуальных системах теплоснабжения каждое помещение (участка цеха, комнаты, квартиры) обеспечивается теплом от отдельного источника. К таким системам, в частности, относятся печное и поквартирное отопление [11]. В местных системах теплоснабжения каждое здание обеспечивается от отдельного источника тепла, обычно от местной или индивидуальной котельной. К этой системе, в частности, относится так называемое центральное отопление зданий.

В зависимости от степени централизации системы централизованного теплоснабжения можно разделить на следующие четыре группы: групповое (теплоснабжение от одного источника группы зданий), районное (теплоснабжение от одного источника нескольких групп зданий), городское (теплоснабжение

от одного источника нескольких районов), межгородское (теплоснабжение от одного источника нескольких городов) [12, 13].

В работе проводится анализ возможности перевода системы теплоснабжения зданий корпуса «Е» КГЭУ на децентрализованное с автономным источником тепла – котельной на газовом топливе, обслуживающей четыре здания корпуса «Е» КГЭУ. Рассмотрены возможные способы оптимизации источников финансирования.

Оценка экономической эффективности проекта будет основана на методе сравнительной эффективности. Данный метод заключается в сопоставлении капитальных затрат и расходов эксплуатации, обслуживания на реализацию альтернативных вариантов систем теплоснабжения. Альтернативными вариантами для оснащения автономной котельной предприятия являются тепловые насосы, котлы на твердом топливе и электрический котел.

Эксплуатационные расходы, необходимые для нормального функционирования автономной котельной, включают в себя расходы на электроэнергию и обслуживание, также к эксплуатационным расходам относят амортизационные отчисления.

Реализация технического проекта невозможна без инвестиций. Так как данный автономный источник требует достаточно больших капиталовложений (около 20 млн руб.), в качестве источников финансирования будут сравниваться лизинг и кредит – с оценкой, какой из этих способов будет выгоден для заказчика.

Кредит представляет собой заемную сумму, которую выдают на определенный срок физическому или юридическому лицу. Это операция банка по предоставлению заемщику средств на условиях платности, возвратности, срочности и гарантированности. Кредит может предоставляться банками и иными кредитными организациями. Деньги предоставляются по кредитному договору. При этом заемщик обязуется вернуть их в установленный срок и уплатить проценты за пользование данными денежными средствами. Ключевые условия договора кредитования – сумма, срок и процентная ставка. Они отличаются в зависимости от политики банка, вида кредита, целевого назначения, характеристик заемщика [14]. Есть закономерность: чем дольше срок кредита, тем ниже процентная ставка, и наоборот. Заемщик должен гарантировать, что сможет вернуть деньги. Для этого он может использовать поручительство, выплату неустоек, залог и банковскую гарантию. Кредиты могут получить граждане, компании и даже страны. Требования к заемщику зависят от стратегии банка и вида кредита [15].

Лизинг является формой кредитования от производителя с правом выкупа и передачи в собственность арендуемого оборудования. Основное отличие лизинга состоит в том, что заказчик может начать осуществление проекта, располагая лишь частью средств, необходимых для приобретения помещений и оборудования (имущества). При этом необходима оценка величины прибыли за счет ускорения ввода объекта в эксплуатацию. Лизинг предполагает 100%-ное

финансирование и не требует быстрого возврата всей суммы долга. При использовании лизинга стоимость оборудования списывается с учетом амортизации и затрат в три раза быстрее. С учетом всех вышеперечисленных преимуществ можно говорить о том, что лизинг оборудования обходится на 22 % дешевле в сравнении с использованием собственных средств и на 24 % дешевле по отношению к приобретению в кредит [16].

Лизинговые схемы финансирования – это «современный» способ привлечения инвестиционных средств. Взять имущество в лизинг – значит заключить с лизинговой компанией (лизингодателем) сделку [17]. Лизинг является видом инвестиционной деятельности, при котором лизингодатель (лизинговая компания) приобретает у поставщика оборудование и затем сдает его в аренду за определенную плату, на определенный срок и на определенных условиях лизингополучателю с последующим переходом права собственности к лизингополучателю при условии выплаты всех лизинговых платежей. Это похоже на рассрочку, ведь выплаты, как правило, растянуты по времени, и клиент не ощущает на себе сильной нагрузки.

При лизинге лизинговая компания покупает необходимое клиенту имущество и передает его во временное владение и пользование на условиях договора лизинга. Таким образом, лизинг отличается от кредита тем, что при кредите в пользование передаются денежные средства, а при лизинге – конкретное имущество и менее жесткие требования к заемщику, чем при обычном кредитовании, можно приобрести оборудование без крупных первоначальных затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волынский, Б.Н. Конструктивные решения энергосберегающих зданий / Б.Н. Волынский // Энергосбережение. – 2014. – № 4. – С. 52–55.
2. Ельцов, В.А. Использование энергоэффективных технологий в Смоленской области / В.А. Ельцов // Энергосбережение. – 2016. – № 1. – С. 10–14.
3. Наумов, А.Л. Тенденции развития теплоснабжения в России / А.Л. Наумов // АВОК. – 2015. – № 6. – 208 с.
4. Табунщиков, Ю.А., Бродач, М.М. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач // АВОК. – 2015. – № 1. – С. 6–14.
5. Жак, С.В. Структура распределения тепловой энергии при анализе теплоснабжения отдельного помещения / С.В. Жак, В.И. Сидельников, С.Ю. Мирская // АВОК. – 2014. – № 4. – С. 66–70.
6. Батухтин, В.Д., Майборода, Л.А. Оптимизация разрывных функций / В.Д. Батухтин, Л.А. Майборода. – М.: Наука, 2014. – 208 с.
7. Ахметова, И.Г. Актуальные вопросы повышения энергоэффективности теплоснабжения организаций / И.Г. Ахметова, Л.Р. Мухаметова // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2015. – № 11. – С. 108–113.
8. Делюкин, А.С. Концепция реконструкции системы теплоснабжения Приморского района Санкт-Петербурга / А.С. Делюкин // Энергосбережение. – 2015. – № 6. – С. 42–45.
9. Волков, М.А. Эксплуатация газифицированных котельных / М.А. Волков, В.А. Волков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 2015. – 256 с.

10. Табунщиков, Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений / Ю.А. Табунщиков, Ю.А. Матросов, Ю.Д. Хромец. – М.: Стройиздат, 2016. – С. 5–10.
11. Грудзинский, М.М. Отопительно-вентиляционные системы зданий повышенной этажности / М.М. Грудзинский, В.И. Ливчак, М.Я. Поз. – М.: Стройиздат, 2014. – 65 с.
12. Валиев, Р.Н. Повышение теплоэнергетической эффективности тепловой схемы паровой котельной / Р.Н. Валиев, Ш.Г. Зиганшин, Е.Е. Костылева, Л.В. Плотникова, А.Р. Загретдинов, А.В. Маряшев // Вестник КГЭУ. – 2018. – Т. 10. – № 1. – С. 45–54.
13. Ливчак, В.И. Энергосбережение при строительстве и реконструкции жилых зданий в России / В.И. Ливчак // Энергосбережение. – 2015. – № 5. – С. 32–37.
14. Шабашев, В.А. Лизинг: основы теории и практики: учеб. пособие / В.А. Шабашев, Е.А. Федулова, А.В. Кошкин; под. ред. проф. Г.П. Подшиваленко. – 2-е изд. – М.: КНОРУС, 2008. – 123 с.
15. Чекмарева, Е. Экономическая сущность лизинга / Е. Чекмарева // Хозяйство и право. – 2004. – № 4. – С. 25.
16. Гребнева, Т.В. Лизинг в РФ: достоинства и недостатки лизинговых операций / Т.В. Гребнева // Новая наука: опыт, традиции, инновации. – 2016. – С. 78–81.
17. Кашкин, В. Антикризисные стратегии для лизинга / В. Кашкин // Банковское обозрение для бизнеса. – 2009. – № 1/3. – С. 10.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Кудрявцев А.Ю. – студент

Болдырев И.А. – канд. техн. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В работе представлены результаты сравнительного анализа различных материалов теплоизоляции трубопроводов. Представлен план экспериментальных исследований по сравнительной оценке эффективности теплоизоляционных материалов различного типа.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: теплоизоляция, тепловая сеть, трубопровод, теплопотери.

ABSTRACT. As part of the ongoing work, we provide a comparative analysis of various materials for thermal insulation of pipelines, as well as an experimental method for determining heat loss.

KEYWORDS: thermal insulation, heating network, pipeline, heat loss.

В настоящее время известно большое количество изоляционных материалов различного типа. В условиях работы тепловых сетей, согласно техническим характеристикам материалов, возможно применение таких теплоизоляционных материалов, как жидкая теплоизоляция, пенополиуретан, вспененный каучук, пенополистирол, стекловата.

Вводные данные эксперимента

Форма поверхности: цилиндрическая.

Длина: 1 метр.

Наружный диаметр трубы: 56 мм.

Температура жидкости внутри трубы: 115 °С.

Температура окружающей среды: 20 °С.

Необходимо провести расчет потерь тепла, которые происходят в течении перемещения теплоносителя от источника до конечного потребителя. В качестве образца используется труба из стали диаметром 56 мм и длиной 1 м. Для этого используется формула расчета теплопотерь трубопровода

$$Q = ((2\pi \times \lambda \times L \times (T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}})) / \ln (di / d)) \cdot k.$$

Сравнительный расчетный анализ характеристик материалов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительный расчетный анализ характеристик теплоизоляционных материалов

Материал	Теплопроводность, Вт/м·к	Потери тепла, Вт	Толщина слоя, мм	Диапазон допустимых температур, °С
Жидкая теплоизоляция	0,001	2,20	0,1	от -60 до 260
Пенополиуретан	0,025	21,85	40,0	от -100 до 150
Вспененный каучук	0,033	28,84	40,0	от -200 до 175
Пенополистирол	0,029	25,35	40,0	от -50 до 75
Стекловата	0,038	33,22	40,0	от -100 до 450

Из проведенных теоретических расчетов можно сделать вывод, что жидкая теплоизоляция – самая лучшая по характеристикам теплоизоляции при минимальной толщине слоя. Далее за ней идет пенополиуретан, пенополистирол, вспененный каучук и стекловата.

Для подтверждения теоретических расчетов будет создана экспериментальная установка, состоящая из пяти подобных труб с теплоизоляцией из представленных материалов. Внутри них будет установлен датчик температуры для снятия показаний. В качестве теплоносителя представлена кипящая вода, нагретая до температуры 100 °С.

Для рассматриваемой сферы применения материалы имеют определенные особенности.

Таблица 2

Особенности исследуемых материалов

Материал	Плюсы	Минусы
Жидкая теплоизоляция	Имеет минимальный слой теплоизоляции среди представителей, низкую теплопроводность и высокий температурный диапазон использования, простота эксплуатации, отсутствие стыков и швов, длительный срок эксплуатации	Высокая стоимость материала
Пенополиуретан	Универсальность, длительный срок эксплуатации, имеет чуть более низкую теплопроводность	Уязвим к солнечным лучам, тлеющий материал, высокая стоимость
Вспененный каучук	высокие защитные свойства, защита от конденсата и водяных паров, высокая температура эксплуатации	Высокая стоимость, фиксированные диаметры выпускаемой продукции
Пенополистирол	Влагостойкость, низкая стоимость	Горюч, восприимчив к растворителям, из-за листового выпуска сложность в монтаже
Стекловата	Устойчивость к биологическим факторам, устойчив к возгоранию, малый вес, очень низкая стоимость	Уязвим к влаге, неудобность монтажа, малый срок службы

Для магистральных тепловых сетей наиболее часто применяют стеклопату из-за ее высокого соотношения между ценой и качеством, а также пенополиуретан из-за его высокого срока службы и эффективности.

Для теплоизоляции участков трубопроводов и ИТП применяют вспененный каучук из-за его влагозащитных свойств и простоты монтажа.

Схема применяемой экспериментальной установки для сравнения скорости потерь тепла показана на рисунке.

Суть экспериментального метода состоит в том, что в цилиндрические сосуды (трубы, заваренные с одного конца) наливают воду, нагретую до температуры 100 °С, и производят замер температуры с одинаковым временным промежутком.

С помощью полученных данных производят расчет фактических потерь тепла и соотносят с теоретическими. По результатам делают вывод по целесообразности использования более дорогих теплоизоляций.

Порядок проведения эксперимента.

1. В пять одинаковых цилиндрических емкости наливают кипящую воду, нагретую до температуры 100 °С.

2. В них погружают нагретые (для уменьшения погрешности эксперимента) датчики температуры.
3. Производят замер температуры каждые 5 минут.
4. На основе полученных данных просчитывают фактические потери тепла.

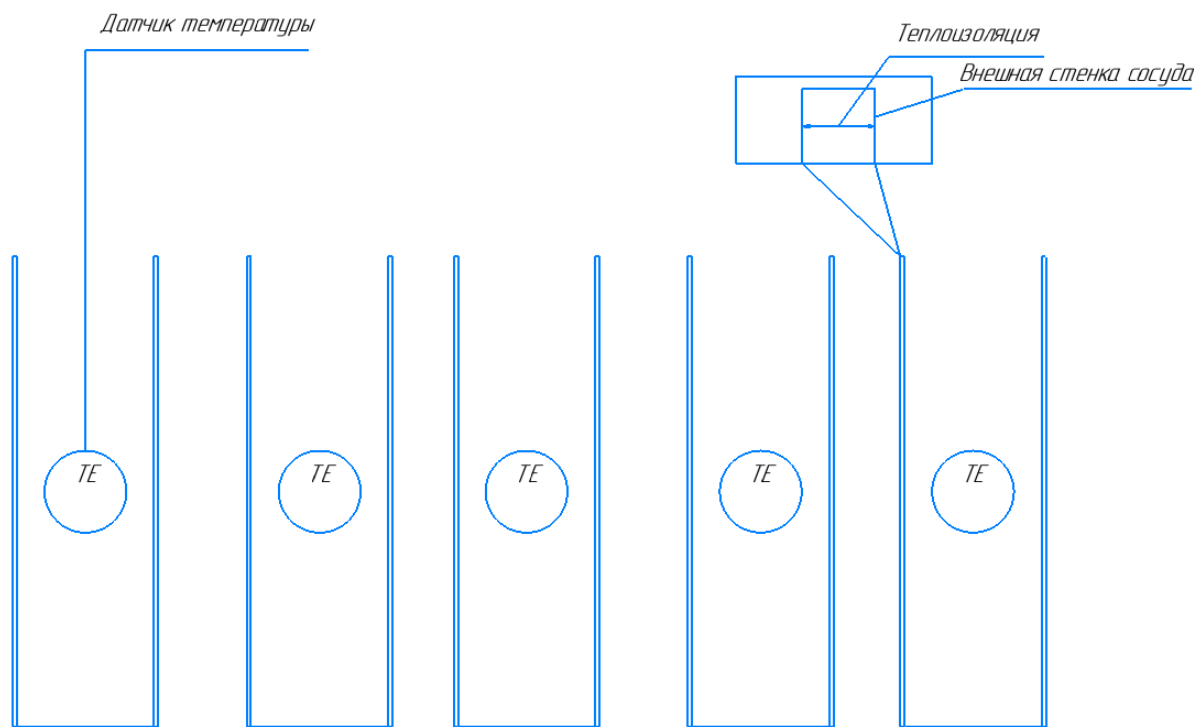


Рисунок. Схема экспериментальной установки

Выводы

Исходя из результатов проделанной работы, можно будет сравнить теоретические расчеты с фактическими, посчитать экономическую составляющую (стоимость монтажа, частота обслуживания и КПД), а также сделать выводы по целесообразности использования дорогих теплоизолирующих материалов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. № 325 «Об утверждении порядка определения нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии, теплоносителя». Расчет потерь тепла в трубопроводе.
2. ГОСТ Р 56590-2015. Технические условия ППУ.
3. ГОСТ СП 41-103-2000. Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.
4. СП 50.13330.2010. Тепловая защита зданий.
5. СП 124.13330.2012. Тепловые сети.
6. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.
7. СП 131.13330.2018. Строительная климатология.
8. ГОСТ Р 56779-2015. Системы распределения бытового горячего водоснабжения.

ТЕХНОЛОГИИ УЛАВЛИВАНИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ РАБОТЕ ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА

Камалиева Р.Ф. – студент
Филимонова А.А. – канд. мед. наук, доцент
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

АННОТАЦИЯ. Выбросы парниковых газов, производимые энергоустановками, являются причиной изменения климата. Эффективным подходом к ограничению такого рода выбросов является принятие современных технологий улавливания оксида углерода, а также использование топливных элементов. Таким образом, можно сократить выбросы углекислого газа в атмосферу на 90 %. Спрос на электроэнергию растет, а вместе с этим обязательства по контролю загрязняющих атмосферу выбросов становятся более строгими. К наступлению 2030 года Европа планирует полностью перейти на безуглеродные технологии. Сжигание угля, нефти и природного газа глобально влияет на выбросы углекислого газа в атмосферу. За 2020 год выбросы составили 37 млрд тонн. На долю сожженного топлива приходится 86 % выбросов. Основной целью улавливания и хранения диоксида углерода является сокращение выбросов углекислого газа от использования ископаемого топлива. Основные концепции улавливания углекислого газа – улавливание до или после сжигания топлива и сжигание с обогащением топлива кислородом. Они обеспечивают сокращение концентрации углекислого газа почти на 90 %, однако являются дорогостоящими – €20–60 за тонну собранного газа. Поэтому необходимо рассматривать наиболее экономичные технологии, которые при этом увеличат эффективность работы энергетических установок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: улавливание, выбросы, углекислый газ, топливный элемент.

ABSTRACT. Greenhouse gas emissions from power plants are the cause of climate change. An effective approach to limiting these types of emissions is to adopt modern carbon monoxide capture technologies, as well as the use of fuel cells. In this way, it is possible to reduce carbon dioxide emissions into the atmosphere by 90%. The demand for electricity is growing, and with it the obligations to control air pollutant emissions are becoming stricter. By 2030, Europe plans to be completely carbon-free. The burning of coal, oil, and natural gas has a global impact on carbon dioxide emissions. For 2020, emissions were 37 billion tons. Combusted fuel accounts for 86 % of emissions. The main purpose of carbon dioxide capture and storage is to reduce carbon dioxide emissions from the use of fossil fuels. The basic concepts of carbon dioxide capture are pre-combustion or post-combustion capture and combustion with oxygen enrichment. They reduce the concentration of carbon dioxide by almost 90 %, but they are expensive – 20–60€ per ton of gas collected. Therefore, it is necessary to consider the most cost-effective technologies that will increase the efficiency of power plant.

KEYWORDS: capture, emissions, carbon dioxide, fuel cell.

Одной из важнейших характеристик в энергетических процессах является «углеродный след» – суммарный объем всех парниковых газов, образующихся в результате человеческой деятельности и попадающих в атмосферу. В соответствии с этим показателем в Европе будет введен таможенный сбор с импортных товаров. В первую очередь такое нововведение коснется электроэнергетики. Данные обстоятельства привели к исследованиям экологически эффективных источников энергии. На сегодняшний день за водородными топливными элементами признается лидирующая роль в декарбонизации экономики и повышении энергетической эффективности производства.

Топливные элементы – это высокоэффективные системы, электрохимически преобразующие энергию взаимодействия водорода и кислорода с участием катализаторов непосредственно в электрическую и тепловую энергию. Они были разработаны и широко исследованы как многообещающие экологически чистые и продуктивные средства производства энергии для различных сфер промышленности и высоких технологий. Основными направлениями использования топливных элементов являются большая и распределенная энергетика, транспортная сфера (поезда, теплоходы, большегрузы, легковые автомобили, беспилотники и т. д.), а также космонавтика и электроника [1].

Получаемый для работы топливных элементов водород классифицируют по степени его экологичности. Этот критерий зависит от количества и концентрации образования оксидов углерода при производстве водорода. Чем меньше оксидов углерода выделяется при производстве водорода, тем более он экологичен. Каждый способ производства водорода обозначается цветом: зеленый, желтый, бирюзовый, серый, голубой и бурый.

«Зеленый» водород подразумевает самую чистую технологию производства водорода. Его получают методом электролиза. В качестве источника энергии выступают возобновляемые источники энергии, такие как ветер, солнечная энергия и гидроэнергия, поэтому выбросы углекислого газа отсутствуют. «Зеленый» водород также называют возобновляемым или чистым водородом.

«Желтый» водород также получают путем электролиза, однако источником энергии являются атомные электрические станции. Хотя выбросы оксидов углерода и отсутствуют, сторонники «зеленой» энергетики не считают данный метод абсолютно экологичным.

«Голубой» водород производится за счет паровой конверсии метана из природного газа или после газификации угля. Главным отличием этого метода является улавливание и хранение полученного углерода, что позволяет сократить выбросы примерно в два раза. Такой вид получения водорода является весьма дорогостоящим.

«Серый» водород получают газификацией угля, риформингом метана, а также пиролизом природного газа или угля. При протекании химической реакции выделяется углекислота, причем в тех же объемах, что и при сгорании природного газа. Паровая конверсия метана приводит к большому выбросу углекислого газа. По массе оксид углерода превышает полученный водород примерно

в 10 раз. Данный процесс распространен в промышленности, главным образом за счет своей низкой себестоимости [2].

Для производства «бурого» водорода в качестве исходного сырья используется бурый уголь. Вследствие газификации бурого угля образуется синтез-газ. Он включает в себя смесь углекислого газа, угарного газа, метана, водорода и незначительное количество других газов. Таким образом, «серый» и «бурый» водород нельзя отнести к методам, способствующим декарбонизации промышленности. Данные по способам получения водорода, его чистоте и себестоимости представлены в табл.

Сравнительная характеристика способов получения водорода

Цвет водорода	Источник энергии	Чистота водорода, %	Себестоимость процесса, \$
Зеленый	ВИЭ	99,98	9–10
Желтый	АЭС	99,98	7–10
Голубой	Природный газ, уголь	95–98,50	2–5
Серый	Природный газ, уголь, метан	95–98,50	2–2,5
Бурый	Бурый уголь	90,00	2

Использование «серого» и «бурого» водорода не выгодно, так как в их производстве используются углеводороды, что не соответствует мировым экологическим тенденциям, что, в свою очередь, может привести к санкциям и потерям перспективных рынков сбыта. А производство чистого «зеленого» водорода из-за слаборазвитых возобновляемых источников энергии не рассматривается как перспективное. Однако имеется альтернатива, заключающаяся в том, чтобы производить «серый» водород совместно с технологиями по улавливанию и хранению углекислого газа. По итогу мы получаем «голубой» водород, который является более экологичным, а Россия может быть лидером на мировых рынках по его производству, так как она до сих пор возглавляет рейтинг стран по запасам природного газа (19,8 % мировых запасов на 2020 год) [2].

На сегодняшний день главным способом получения водорода является паровая конверсия метана из природного газа или вследствие газификации угля. Данный метод является одним из самых экономичных в промышленности. Однако производство водорода таким способом является одним из самых неэкологичных и характеризуется большими выбросами в атмосферу. Сегодня в мире всего 2 % от общего объема водорода составляет производство «зеленого» водорода. По прогнозу Минэнерго, к 2050 году экспорт экологически чистого водорода из России достигнет \$100 млрд в год, а по данным Bloomberg NEF, к этому времени 24 % мировых потребностей в энергии будет обеспечивать «зеленый» водород.

Сжигание угля, нефти и природного газа, то есть ископаемого топлива, глобально влияет на выбросы углекислого газа в атмосферу. За 2020 год выбросы

составили 37 млрд тонн. На долю сожженного топлива приходится 86 % выбросов антропогенных парниковых газов, что приводит к изменению климата и является глобальной проблемой человечества [4].

Основной целью улавливания и хранения диоксида углерода является сокращение выбросов углекислого газа. При улавливании CO_2 необходимо создать концентрированный поток углекислого газа высокого давления, который можно без затруднений экспортировать на место хранения.

При работе топливных элементов можно выделить две основные концепции улавливания углекислого газа. Первая технология заключается в отделении углекислого газа после подачи водорода. В таких системах используют жидкий растворитель, производящий захват небольшой доли углекислого газа, присутствующего в потоке газовой смеси. Главной составляющей жидкого растворителя является жидкий азот. Использование более эффективных и надежных химических растворителей или мембран для отделения углекислого газа от азота, а также материалов для снижения капитальных затрат на большие сепарационные сосуды и контакторы необходимо для захвата в больших промышленных масштабах [5–6].

Улавливание до подачи водорода на топливный элемент может предложить более низкие затраты и более высокую эффективность. При данном методе осуществляется обработка первичного топлива в реакторе с потоком, насыщенным воздухом или кислородом [6]. Исходное топливо газифицируется для производства синтез-газа – смесь водорода и окиси углерода. В процессе газификации образуется почти чистый поток углекислого газа. Если весь CO далее преобразуется в CO_2 , в результате реакции конверсии воды в газ, то образуется чистый поток водорода, который выделяет только воду.

Газификация – это хорошо зарекомендовавшая себя технология в химической промышленности и нефтеперерабатывающей отрасли, но есть только ограниченный опыт газификации в сочетании с выработкой электроэнергии. Стоимость улавливания углекислого газа данной технологией оценивается примерно в \$20 за одну тонну, но необходимо намного больше опыта для экономической оценки [5]. При условии хранения выделившегося углекислого газа, концентрация которого составляет от 15 % до 60 % по объему на сухой основе, полученный водород называется безуглеродным. Его можно сжигать для получения тепловой и электрической энергии [6].

Сравнивая представленные технологии по улавливанию углекислого газа, можно заметить общее сходство. Оно заключается в том, что использование любого метода требует наличия этапа сепарации водорода или углекислого газа от основного газового потока. Этапы сепарации осуществляются физическими или химическими растворителями, мембранами, а также при помощи твердых сорбентов или криогенного разделения.

Собранный углекислый газ необходимо правильно хранить и утилизировать. Герметичные нефтяные резервуары пригодны для хранения CO_2 , который растворяется в нефти, снижая ее эффективную вязкость и увеличивая

подвижность. Перемещение CO_2 оттесняет к эксплуатационным скважинам остаточную нефть, что увеличивает коэффициент нефтеотдачи пласта. Углекислый газ используется в холодильных установках в качестве рабочего тела. Также CO_2 может быть использован в качестве сырья для устойчивого производства химических веществ или топлива, применяя электрохимические, биохимические и фотохимические методы, а также полимеризацию и процесс минерализации. Распространенные продукты, полученные из оксидов углерода – муравьиная кислота, метанол, циклические карбонаты, салициловая кислота, силикатные руды.

На основании проведенного обзора литературы и анализа современного состояния вопроса декарбонизации промышленности и энергетики можно обозначить несомненную актуальность исследований и разработок технологий улавливания и утилизации углекислого газа. В связи с запланированным на ближайшую перспективу переходом стран Евросоюза на безуглеродные технологии для России как основного поставщика газа и в будущем водородного топлива решение вопроса внедрения «зеленых» технологий, минимизирующих выбросы парниковых газов, становится одним из первоочередных. Если говорить о способах производства водорода как основного топлива, на которое в ближайшие 5–10 лет делают ставки мировые экономики мира, то приоритет должен отдаваться «зеленому» и «голубому» водороду как наиболее экологически чистым видам топлива с минимальным «углеродным следом».

Наиболее распространенный способ получения водорода в промышленности – паровая конверсия метана. Сегодня такой метод является самым экономичным и одновременно самым неэкологичным. А большая часть парниковых газов производится в результате сжигания ископаемого топлива. Следовательно, для увеличения эффективности использования водородной энергетики необходимо развивать технологии по сокращению и улавливанию углекислого газа. Технологии по отделению углекислого газа позволяют улавливать почти весь углекислый газ (примерно 90 %), однако наличие этапа сепарации значительно повышает стоимость использования данных технологий, €20–60 за 1 тонну собранного углерода, и снижает эффективность работы энергоустановок.

В мировой экономике уделяется большое внимание вопросу утилизации собранного углекислого газа. В нефтедобыче оксиды углерода повышают коэффициент нефтеотдачи пласта, а в холодильных установках в качестве рабочего тела используют углекислый газ. Следовательно, при правильных способах улавливания, хранения и утилизации углекислый газ не только перестанет оказывать отрицательное влияние на окружающую среду, но и будет приносить прибыль.

Источники финансирования

Результаты получены при финансовой поддержке Минобрнауки и Минцифры России в рамках исполнения условий соглашений № 075-15-2021-1087

и № 075-15-2021-1178 от 30.09.2021 в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Carapellucci, Roberto. Modeling and characterization of molten carbonate fuel cell for electricity generation and carbon dioxide capture / Roberto Carapellucci, Roberto Cipollone, Davide Di Battista // 72nd Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, ATI2017, 6–8 September 2017, Lecce, Italy / Energy Procedia 126 (201709) 477–484.
2. Литвиненко, В.С. Барьеры реализации водородных инициатив в контексте устойчивого развития глобальной энергетики / В.С. Литвиненко, П.С. Цветков, М.В. Двойников, Г.В. Буслаев // Записки горного института. – 2020. – Т. 244. – С. 428–438.
3. D' Alessandro, Deanna M. Carbon Dioxide Capture: Prospects for New Materials / Deanna M. D' Alessandro, Berend Smit, Jeffrey R. Long // Angew. Chem. Int. Ed. 2010, 49, 6058–6082/ 201000431.
4. Benson, Sally M., Orr, Franklin M. Carbon Dioxide Capture and Storage / Sally M. Benson, Franklin M. Orr, Jr. // Harnessing Materials for Energy. – 2008. – V. 33. – P. 303–305.
5. Метц, Берт. Улавливание и хранение двуокиси углерода: специальный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Берт Метц, Огунладе Дэвидсон, Хелен де Конинк, Мануэла Лоос, Лео Мейер. – 2005. – С. 24 [Электронный ресурс]. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/srccs_spm_ts_ru-1.pdf.
6. Замятина, А.В. Анализ технологий улавливания CO₂ / А.В. Замятина, Т.Ф. Богатова, П.В. Осипов. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2009.

СОЗДАНИЕ ПИЛОТНОЙ ВОДОРОДНОЙ ЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ НА БАЗЕ ВЫСШЕГО УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

Гаврилин В.В. – студент

Печенкин А.В. – аспирант

Филимонова А.А. – канд. мед. наук, доцент

ФГБОУ ВО «КГЭУ»

АННОТАЦИЯ. Казанский государственный энергетический университет (КГЭУ) входит в тройку специализированных вузов страны, занимающихся подготовкой кадров в сфере энергетики и смежных отраслях. В связи с поворотом мировых трендов в сторону развития «зеленых» технологий, и в том числе водородной энергетики, в КГЭУ планируется создание пилотной водородной заправочной станции с производительностью 20 Нм³/час. На выходе потребитель (автотранспортное средство) сможет получить водород со степенью чистоты не менее чем 99,995 % под давлением 40 Мпа. Такие параметры подходят для заправки водородом грузового и пассажирского автотранспорта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водородная заправочная станция, водород, декарбонизация, транспорт, инфраструктура.

ABSTRACT. Kazan State Power Engineering University (KSPEU) is one of the three specialized universities in Russia that train personnel in the field of energy and energy related industries. In connection with the development of "green" technologies, including hydrogen energy, KSPEU plans to create a pilot hydrogen filling station with a capacity of 20 Hm³/h. At the outlet, the consumer (electric vehicle) will be able to obtain hydrogen with a purity of at least 99.995 % under a pressure of 40 MPa. These parameters are suitable for refueling trucks and passenger vehicles with hydrogen.

KEYWORDS: hydrogen filling station, hydrogen, decarbonization, transport, infrastructure.

Декарбонизация и сохранение безуглеродистого следа – то, к чему стремятся все страны мира. Способствует данному тренду перспективное направление – водородная энергетика. Глобализация транспорта на водородных топливных элементах сократит существенное количество выбросов CO₂ в атмосферу. Наряду с транспортом на водороде необходима водородная инфраструктура. На данный момент крупные страны уже занимаются развертыванием водородных заправочных станций (ВЗС). Во всем мире в 2020 году было введено в эксплуатацию 126 ВЗС, а на 2021 год было запланировано ввести в эксплуатацию 225 ВЗС (рисунок). Крупными странами производителями являются Япония, Китай, Соединенные Штаты Америки, Германия и Южная Корея [1].



Рисунок. Карта водородных заправочных станций в мире

На базе Калифорнийского государственного университета, в Лос-Анджелесе, была построена первая станция, сертифицированная для продажи коммерческого водорода, она интерпретируется как самая крупнейшая водородная станция в США, расположенная в стенах университета. Данная ВЗС является как международным центром исследований для различных экспериментов и нововведений, так и действующей заправкой для транспорта. Дата ввода в эксплуатацию калифорнийской станции – 2014 год. На ВЗС установлено оборудование с производством водорода 60 килограммов в день, которое способно сжимать водород до давления 400 и 700 бар. Этой производительности достаточно, чтобы заправлять 15–20 транспортных средств в день.

Водородные заправочные станции делятся на два типа: с производством водорода на месте и с его доставкой. Ключевым отличием является наличие электролизной установки или ее отсутствие. Остальное оборудование является идентичным, однако станция с доставкой водорода имеет порт приема. Если компания проектирует ВЗС с доставкой, то она должна обязательно учесть, что нуждается в сотрудничестве с предприятием по производству водорода и наличием специальных транспортных средств для его доставки.

Водородная заправочная станция с производством водорода на месте имеет следующее оборудование: электролизер, систему очистки водорода, баки низкого давления (ресиверы), компрессор, баллоны высокого давления, систему охлаждения водорода (чиллер), распределительную колонку (диспенсер).

В первую очередь водород создается путем электролиза воды, с выделением водорода на катоде и кислорода на аноде. Полученный водород содержит примеси, поэтому на ВЗС устанавливается система очистки. Необходимая чистота водорода составляет порядка 99,995 %. Далее водород поступает в баки низкого давления, где он накапливается и хранится. После водород нужно сжать в компрессоре до высокого давления, равного 400 или 700 бар. Это давление, необходимое для безопасной работы топливного элемента грузового или автомобильного транспорта.

В основном на ВЗС используются мембранные или поршневые компрессоры. Чтобы хранить водород под таким высоким давлением, необходимы специальные баллоны. Они соответствуют стандарту ГОСТ 949-73. Так как изначально электролизеры работают при температурах, равных 65 °С и 100 °С, водород нужно охладить до температуры –40 °С системой охлаждения. Данная температура необходима для быстрой заправки транспорта и обеспечения безопасности. Сама же заправка осуществляется при помощи диспенсера [2, 3].

На данный момент существующие ВЗС производят порядка 100 килограммов водорода в день, в то время как самые крупные – 400 килограммов. В зависимости от производительности станции меняется и ее стоимость. Она составляет от 910 тыс. долларов до 4,6 млн долларов. Предполагается, что к 2030 году стоимость строительства ВЗС значительно снизится. Для регулирования работы и безопасности водородной заправочной станции были разработаны и приняты различные правила, нормы и стандарты, которые различаются в разных странах.

Например, в Евросоюзе – это директива, принятая Европейским парламентом и Советом от 29 сентября 2014 г., а в России – это свод правил «Требования безопасности при производстве, хранении, транспортировании и использовании жидкого водорода» [4, 5].

На базе Казанского государственного энергетического университета планируется строительство пилотной водородной заправочной станции. Большую часть оборудования возможно закупить в России у различных поставщиков. Однако целиком ВЗС в России не производится. Пилотная ВЗС будет иметь характеристики, представленные в табл.

Технические характеристики ВЗС на базе КГЭУ

Наименование характеристик	Значение
<i>Электролизер:</i>	
– производительность	20 Нм ³ /час
– рабочее давление на выходе	1 МПа
– чистота водорода	99,99 %
<i>Ресивер</i>	
– объем	20 куб. м
– давление	1 МПа
<i>Компрессор:</i>	
– давление на входе	1 МПа
– давление на выходе	40 МПа
– производительность	10 Нм ³ /час
<i>Баллоны высокого давления:</i>	
– давление	39,2 МПа
– объем	160 л

Данные характеристики ВЗС подходят для заправки водородом грузового автотранспорта. Разработка и создание этой станции будут производиться совместно с российскими промышленными предприятиями. Распределительную колонку и чиллер планируется закупать у компаний-поставщиков или производить самостоятельно. Пилотная ВЗС будет выпущена к концу 2023 года с вводом в эксплуатацию к 2025 году.

Таким образом, переход на водородную инфраструктуру является одним из основных способов снижения углеродного следа и продвижения технологий декарбонизации. Учитывая все аспекты создания водородной заправочной станции, а именно стоимость, производство и закупку оборудования, возможные утечки водорода на станции, безопасность и перспективы развития, масштабное использование и строительство водородной сети будет реализовано в России к 2050 году.

Результаты получены при финансовой поддержке Минобрнауки и Минцифры России в рамках исполнения условий соглашений № 075-15-2021-1087 и № 075-15-2021-1178 от 30.09.2021 г. в рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Apostolou, D., Xydis, G. A literature review on hydrogen refuelling stations and infrastructure. Current status and future prospects // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2019. – V. 113. – P. 109292.
2. Chaoming, He, Haoran, Sun, Yang, Xu, Siyun, Lv. Hydrogen refueling station siting of expressway based on the optimization of hydrogen life cycle cost // International Journal of Hydrogen Energy. – 2017. – V. 42. – № 26. – P. 16313–16324.
3. Kurtz, Jennifer, Sprik, S., Bradley, T.H. Review of transportation hydrogen infrastructure performance and reliability // International Journal of Hydrogen Energy. – 2019. – V. 44. – № 23. – P. 12010–12023.
4. Alazemi, J., Andrews, J. Automotive hydrogen fuelling stations: An international review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2015. – V. 48. – P. 483–499.
5. Genovese, M., Blekhman, D., Dray, M., Fragiaco, P. Hydrogen losses in fueling station operation // Journal of Cleaner Production. – 2020. – V. 248. – P. 119266.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТЕПЛОВОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВОЛЖСКОЙ ТЭЦ

Житников М.А., Чубрина О.А., Спиридонов Д.А. – студенты
Одоевцева М.В. – канд. техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. Разработаны решения по увеличению технологической эксплуатации котельного оборудования с применением малореагентных мембранных схем подготовки воды путем снижения величины непрерывной продувки, снижения затрат реагентов и уменьшения образования отложений на поверхностях теплообмена путем направленного регулирования солесодержания питательной воды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ресурсозатратность, мембранные технологии, экономия топлива.

ABSTRACT. Solutions have been developed to increase the technological operation of boiler equipment using low-reagent membrane water treatment schemes by reducing the amount of continuous purging, reducing reagent costs and reducing the formation of deposits on heat exchange surfaces by directional regulation of the salt content of feed water.

KEYWORDS: resource consumption, membrane technologies, fuel economy.

Котельные установки являются основным оборудованием тепловых электростанций и многих промышленных предприятий. Повышение энергетической экономичности их эксплуатации является одним из главных направлений снижения ресурсозатратности и, как следствие, издержек производства, и в связи с этим – повышения эффективности процесса общественного производства

в целом. Среди основных направлений повышения энергоэффективности эксплуатации паровых котлов выделяют: интенсификацию теплообмена в топке и газоходе; утилизацию теплоты непрерывной продувки; организацию оптимального режима работы котлоагрегата (выбор производительности, величины избытка воздуха и рециркуляции дымовых газов) – задача совместной эксплуатации нескольких котлоагрегатов; использование вторичных энергоресурсов; снижение количества отложений на поверхностях теплообмена; снижение потерь теплоты с непрерывной продувкой. Некоторые мероприятия способствуют снижению количества вынужденных остановов и внеплановых ремонтов, что повышает надежность и экономичность эксплуатации оборудования в целом, некоторые приводят к более полному использованию тепловой энергии, что положительно влияет на тепловую экономичность.

Одним из способов повышения тепловой экономичности котлоагрегата является снижение скорости образования отложений на теплообменных поверхностях оборудования и снижение величины непрерывной продувки путем направленного регулирования качества питательной воды. Повышение качества воды оптимизирует условия теплообмена и надежность работы теплообменных поверхностей, снижает количество примесей в котловой воде, что в конечном итоге приводит к снижению количества потребляемого топлива и загрязняющих выбросов.

На основании собранных из оперативных журналов данных были определены суммарная продолжительность работы и суммарное количество непрерывной продувки за год для котлоагрегатов Волжской ТЭЦ, результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1

Суммарные продолжительность работы и расход непрерывной продувки котлоагрегатов ВТЭЦ за 2018 год

Котлоагрегат	Продолжительность работы, ч	Расход непрерывной продувки, тыс. т
Ст. № 1	5988	17,7
Ст. № 5	4332	12,3
Ст. № 6	4908	14,3
Ст. № 7	2172	4,4
Ст. № 8	1176	3,1
Ст. № 9	1860	5,2
Ст. № 10	2172	6,1
Всего	–	63,2

Согласно имеющимся данным об эксплуатации котлоагрегатов в течение 2018 года, можно прийти к выводу, что наиболее представительными с точки зрения наблюдения изменения режимов работы являются котлоагрегаты № 1 и № 6. Они имеют самые большие величины суммарной паропроизводительности,

продолжительности работы и, соответственно, расхода непрерывной продувки за год среди всех котлов станции.

На рис. 1 изображено изменение производительности этих котлов в течение 2018 года.

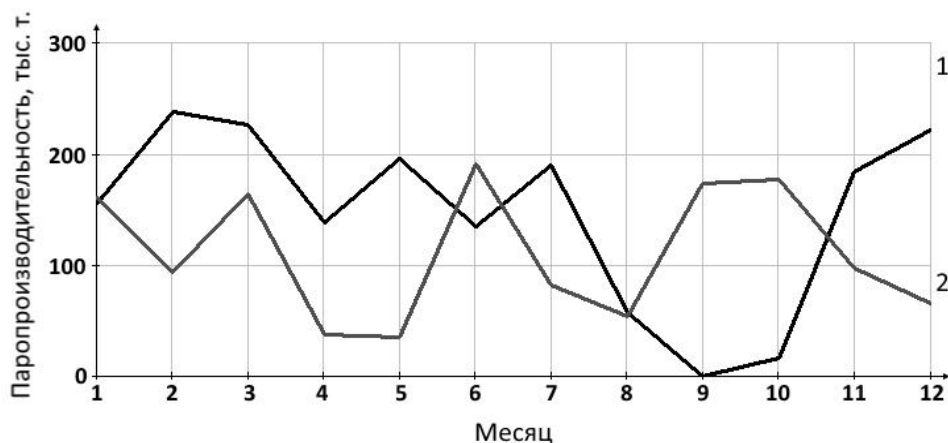


Рис. 1. Паропроизводительность котлов ТГМ-84 № 1 и № 6 Волжской ТЭЦ в течение 2018 года:
1 – ТГМ-84Б ст. № 1; 2 – ТГМ-84Б ст. № 6

Зависимость расхода питательной воды на котлоагрегаты имеет вид, аналогичный зависимости паропроизводительности. Тогда по графикам можно сделать вывод, что максимальное количество питательной воды для котла № 1, потребляемое в зимний период, возрастет по сравнению с летним. Величина потребляемой воды для котла № 6 за зимний и летний периоды практически одинакова. Это связано с тем, что в зимний период значительную часть времени котел не использовался.

По графику также можно заметить, что повышение паропроизводительности одного котла чаще всего сопровождается снижением паропроизводительности другого котла за тот же период. На этом основании можно предположить, что эти котлы находятся в наиболее хорошем техническом состоянии и в соответствии с этим применяются взаимозаменяемо для покрытия основной нагрузки станции, возможно также для более равномерного использования ради уравнивания их износа или иных целей.

Величина расхода продувочной воды имеет схожий вид (рис. 2), так как расход непрерывной продувки прямо пропорционален паропроизводительности котла.

На рис. 3 и 4 приведено сравнение действительной величины непрерывной продувки за исследуемый период с ожидаемой при снижении продувки до 1 % и до 0,5 % для котлоагрегатов № 1 и № 6 соответственно.

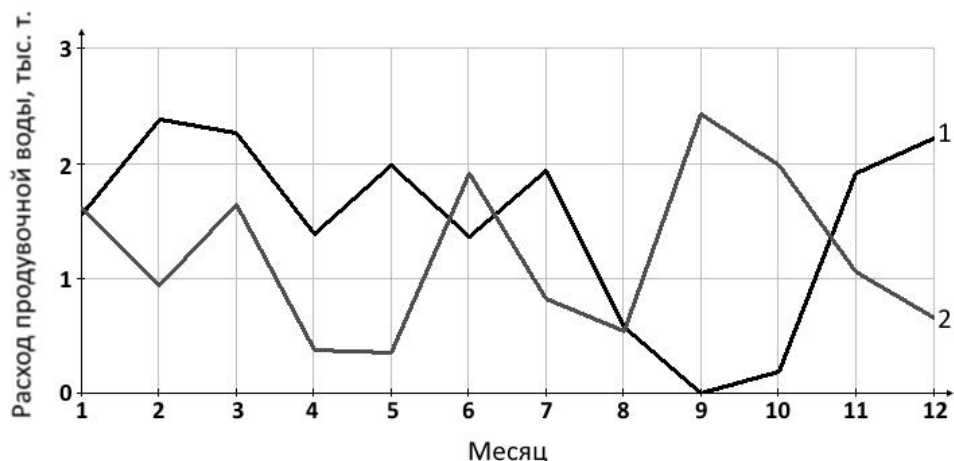


Рис. 2. Расход непрерывной продувки котлов ТГМ-84 № 1 и № 6 Волжской ТЭЦ в течение 2018 года: 1 – ТГМ-84б ст. № 1; 2 – ТГМ-84б ст. № 6

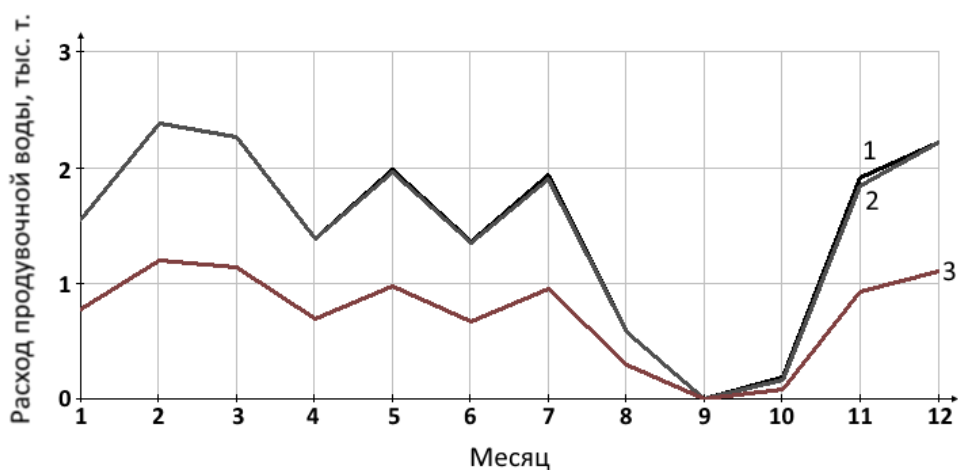


Рис. 3. Расход непрерывной продувки для котлоагрегата № 1 Волжской ТЭЦ в течение 2018 года: 1 – действительный; 2 – при снижении доли продувки до 1 %; 3 – при снижении доли продувки до 0,5 %

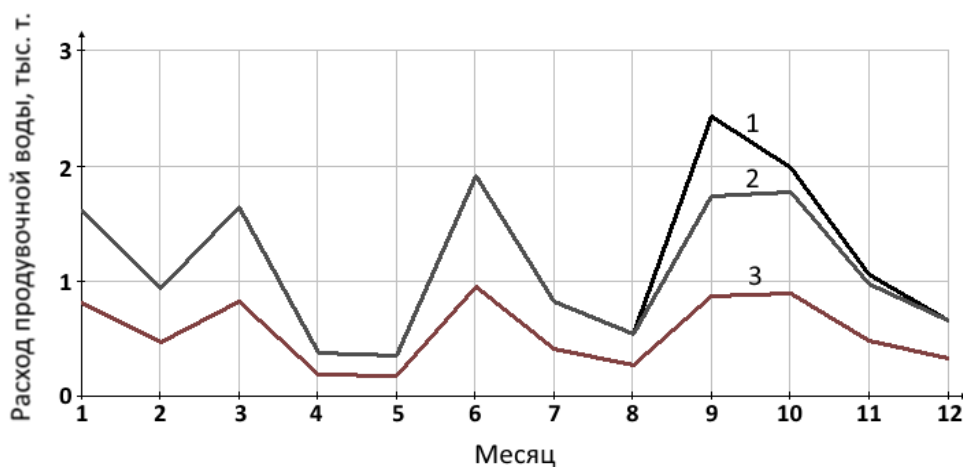


Рис. 4. Расход непрерывной продувки для котлоагрегата № 6 Волжской ТЭЦ в течение 2018 года: 1 – действительный; 2 – при снижении доли продувки до 1 %; 3 – при снижении доли продувки до 0,5 %

Для котлоагрегата № 1 изменение доли непрерывной продувки до 1 % не дало бы существенного эффекта, поскольку за весь исследуемый период наблюдалось малое число превышения котлом этой величины. Однако для долей продувки менее 1 % разница была бы существенной для обоих котлоагрегатов.

Количество потребленных реагентов для обслуживания действующей обессоливающей установки и ведения водно-химического режима на участке ВиВХР Волжской ТЭЦ за 2018 год представлено на рис. 5–7.

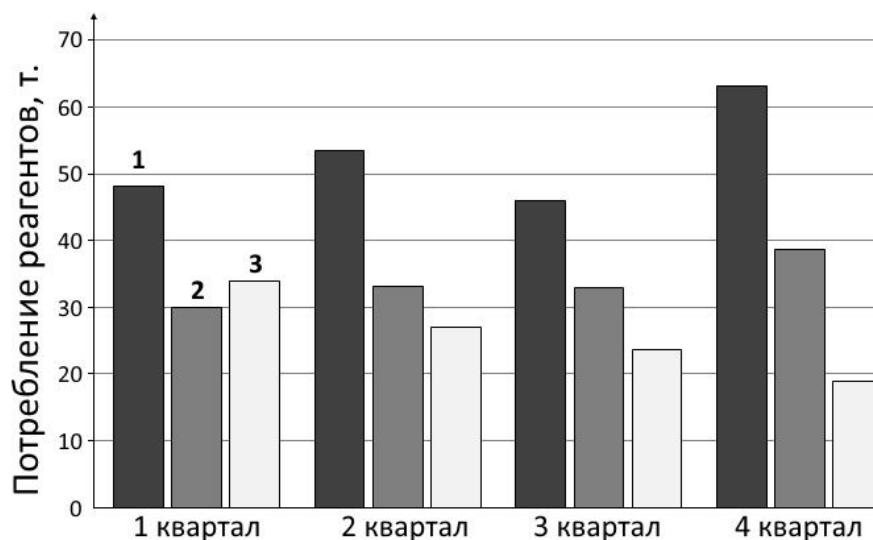


Рис. 5. Потребление реагентов действующей схемой за 2018 год, т:
1 – серная кислота; 2 – NaOH; 3 – известь

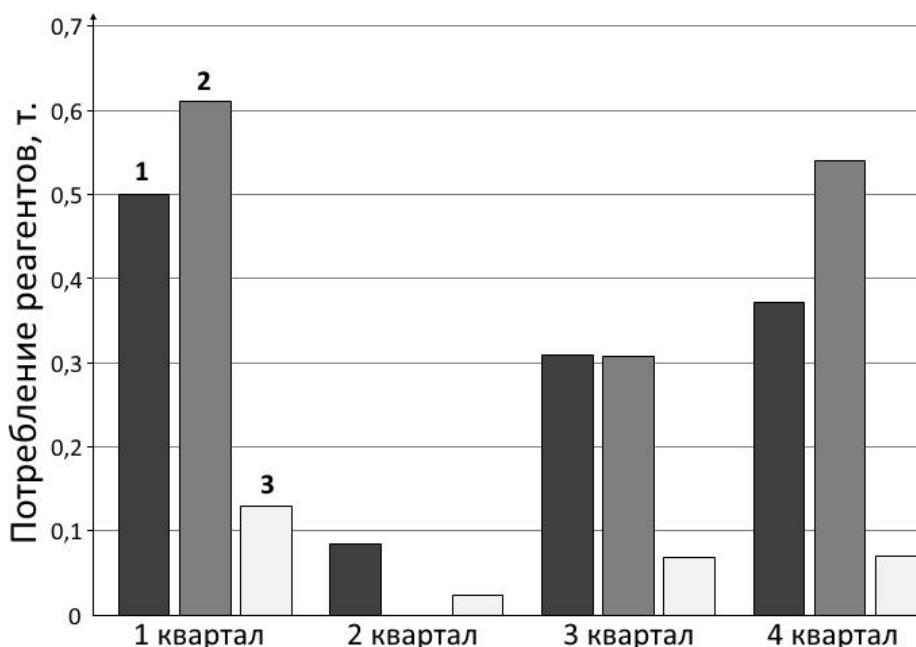


Рис. 6. Потребление реагентов действующей схемой за 2018 год, т:
1 – фосфаты; 2 – аммиак; 3 – гидразин

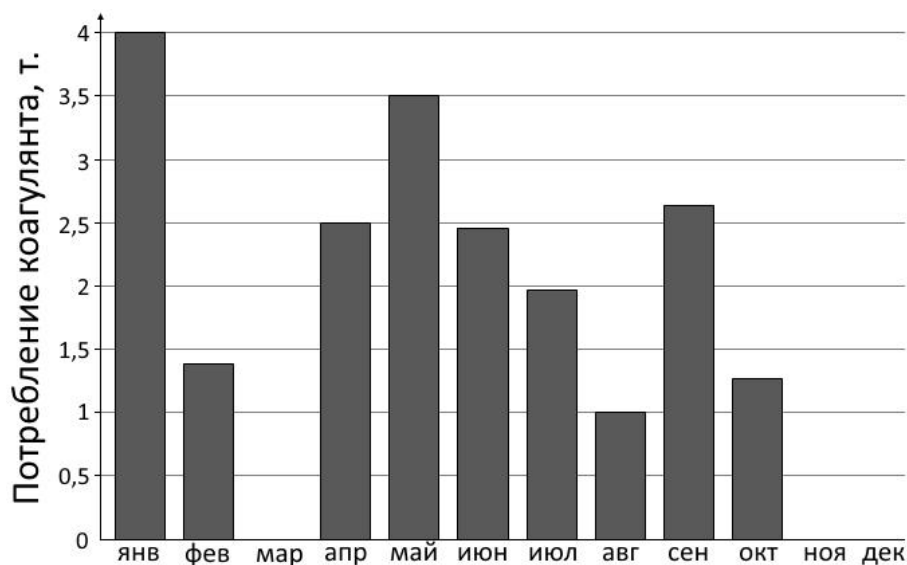


Рис. 7. Потребление коагулянта действующей схемой за 2018 год, т

Были рассчитаны годовые затраты на потребление реагентов с учетом известных цен на их покупку за 2018 год, результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Затраты на реагенты действующей схемы ВПУ и ВХР Волжской ТЭЦ за 2018 год

Реагент	Суммарное потребление, т	Цена, руб./т	Суммарные затраты, руб.
Серная кислота	632,00	3 655	2 317 050
Гидроксид натрия	403,00	15 300	6 168 939
Известь	310,00	7 540	2 336 933
Коагулянт	21,00	155	3 212
Фосфат	3,90	210	823
Аммиак	4,30	75	328
Гидразин	0,88	441	386
Итого	–	–	10 827 369

Среди названных реагентов для эксплуатации текущей схемы водоподготовительной установки необходимы коагулянт, известь, серная кислота, гидроксид натрия, а для ведения водно-химического режима преимущественно применяются аммиак, фосфат и гидразин.

Выявлено, что модернизация схемы водоподготовительной установки с применением малореагентных мембранных технологий позволяет в исследуемых условиях снизить потребление реагентов для котлов производительностью 420 т/ч: едкого натра на 402,65 т, серной кислоты на 632 т, аммиака на 4,3 т

и гидразина на 0,88 т, и тем самым снизить затраты на эксплуатацию схемы подготовки обессоленной воды для подпитки котлов.

При использовании питательной воды качества, соответствующего требованиям для прямоточных котлов, возможно при штатной эксплуатации котельного оборудования снизить расход непрерывной продувки до 1 % и ниже.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Streicher, M.A. The dissolution of aluminum in sodium hydroxide solution II / M.A. Streicher // Journal of The Electrochemical Society. – 1949. – № 3. – P. 179.
2. Безгрешнов, А.Н. Исследование и модернизация тепловой схемы котла ТГМЕ-444 с целью повышения надежности и экономичности его работы / А.Н. Безгрешнов, Н.В. Усиков, Е.М. Дьяконов // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. – № 24. – С. 303–317.
3. Волков, Э.П. Повышение экологической безопасности, надежности и экономичности пылеугольных котлов / Э.П. Волков, А.М. Архипов, В.Б. Прохоров, С.Л. Чернов // Проблемы региональной энергетики. – 2017. – № 1. – С. 45–53.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКОЙ

Чубрина О.А., Житников М.А. – студенты
Агринская С.А. – канд. техн. наук
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье представлена разработанная система автоматического управления компрессорной установкой.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: система управления, компрессорная установка, алгоритм регулирования, температура газа, газоохладитель.

ABSTRACT. The article presents the developed automatic control system of the compressor unit.

KEYWORDS: control system, compressor unit, control algorithm, gas temperature, gas cooler.

Автоматизация компрессорных установок – одно из ключевых направлений повышения эффективности и обеспечения безаварийности их работы.

Одним из важнейших параметров, характеризующих КПД компрессорной установки, считается температура воздуха на выходе компрессорной установки, которая регулируется изменением расхода воды и воздуха в газоохладителе.

Многоступенчатый компрессор представляет собой ряд последовательно соединенных ступеней, схема которого представлена на рис. 1. Ступени связаны между собой межступенчатыми коммуникациями, содержащими холодильники,

водомаслоотделители, емкости и другое оборудование. Газ транспортируется от нагнетательного патрубка предыдущей ступени во всасывающий патрубок следующей ступени. Объемы цилиндров ступеней уменьшаются по мере сжатия воздуха на предыдущих ступенях и увеличения его плотности.

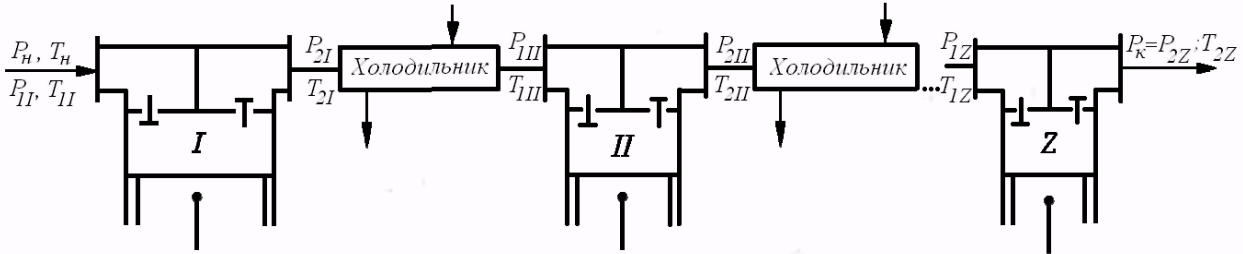


Рис. 1. Схема многоступенчатого сжатия: I, II, ... z – номера ступеней

Основная идея многоступенчатого сжатия заключается в последовательном поэтапном повышении давления. В этом случае отношения давлений в ступенях должны быть такими, чтобы обеспечивать достаточно высокий КПД и коэффициент подачи в каждой из них.

Основным недостатком существующей системы регулирования температуры воздуха на выходе из компрессора является низкая точность регулирования.

Рассмотрим газоохладитель, который можно представить в виде кожухотрубного теплообменника, изображенного на рис. 2.

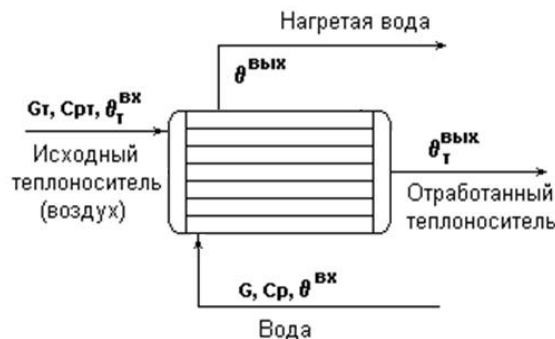


Рис. 2. Схема кожухотрубного теплообменника

В теплообменнике осуществляется нагревание технологического потока воды с массовым расходом G до температуры $\theta^{\text{вых}}$ с помощью теплоносителя – воздуха с массовым расходом G_T с неизменяющимся агрегатным состоянием. Показателем эффективности является температура воздуха на выходе теплообменника $\theta^{\text{вых}}$.

Анализ принципа работы теплообменника показал, что он является сложным динамическим объектом управления, информационную схему которого можно представить в следующем виде (рис. 3). На данном рисунке входными воздействиями являются: G – расход воды на входе в теплообменник, кг/с; G_T – расход воздуха на входе в теплообменник, кг/с.

Выходным параметром объекта управления является $\theta_T^{\text{ВЫХ}}$ – температура воздуха на выходе из теплообменника, К. В качестве возмущающих воздействий можно рассмотреть: $\theta_{\text{ВХ}}$ – температуру воды на входе в теплообменник, К; $\theta_T^{\text{ВХ}}$ – температуру воздуха на входе в теплообменник, К.

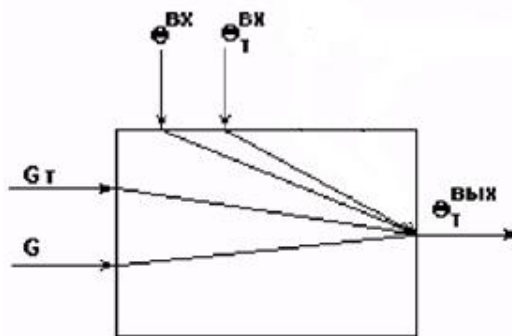


Рис. 3. Информационная схема объекта управления

Математическое описание объекта управления по соответствующим каналам регулирования может быть получено на основе уравнений физики и динамики.

В качестве системы регулирования температуры воздуха на выходе из теплообменника можно рассмотреть каскадную систему регулирования, представленную на рис. 4, которая имеет два соподчиненных регулятора: вспомогательный регулятор внутреннего контура стабилизирует вспомогательную величину $z(t)$, а командное воздействие этому регулятору формирует регулятор внешнего контура, который называют главным.

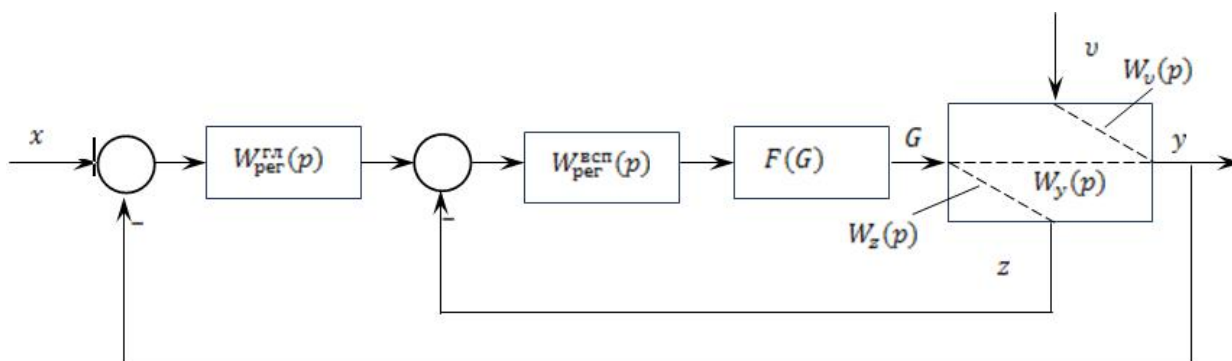


Рис. 4. Структурная схема системы регулирования температуры воздуха на выходе из теплообменника

На схеме используются следующие обозначения: y, z, v – основная, вспомогательная величины и возмущающее воздействие; $W_y(p), W_z(p), W_v(p)$ – передаточные функции объекта по соответствующим каналам регулирования; $W_{\text{рег}}^{\text{гл}}(p), W_{\text{рег}}^{\text{всп}}(p)$ – передаточные функции главного и вспомогательного регуляторов соответственно; $F(G)$ – звено с насыщением.

В каскадных системах достигается следующая цель – получение более своевременной информации о возмущениях. Причем информация может быть получена даже тогда, когда возмущения недоступны для контроля. Кроме того, изменение дополнительной переменной состояния иногда позволяет учесть влияние не одного, а нескольких возмущений.

Каскадная система управления состоит из двух контуров: основного и вспомогательного. На вход основного регулятора поступает отклонение основной регулируемой переменной, а на вход вспомогательного регулятора поступает сигнал, равный разнице между выходным сигналом основного регулятора и значением вспомогательной переменной. Звено с насыщением – ограничитель расхода воды.

Применение численных методов расчета систем, основанных на имитационном моделировании, практически не накладывает ограничений на алгоритмы работы регуляторов и количество параметров настройки.

Для обеспечения заданного запаса устойчивости можно использовать частотный показатель колебательности $M_{\text{доп}}$, определяемый как максимальное значение амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) замкнутой системы управления на резонансной частоте. Для указанной каскадной системы управления необходимо, чтобы этот показатель для любой точки ее структуры не превышал заданного значения. Соблюдение этого условия можно проверить в точках, отражающих поведение основного и вспомогательного контура. В этом случае точки размыкания контуров выбираются перед входами в соответствующий регулятор.

Используя понятие эквивалентного объекта, выражение для комплексной частотной характеристики (КЧХ) разомкнутой системы с главным регулятором можно записать в виде

$$W_{\text{pc}}^y(j\omega) = W_{\text{рег}}^{\text{гл}}(j\omega) \cdot \frac{W_{\text{рег}}^{\text{всп}}(j\omega) \cdot W_y(j\omega)}{1 + W_{\text{рег}}^{\text{всп}}(j\omega) \cdot W_z(j\omega)},$$

а со вспомогательным – в виде

$$W_{\text{pc}}^z(j\omega) = W_{\text{рег}}^{\text{всп}}(j\omega) \cdot [W_y(j\omega) \cdot W_{\text{рег}}^{\text{гл}}(j\omega) + W_z(j\omega)].$$

КЧХ замкнутых систем главного и вспомогательного контуров и соответствующие им АЧХ определяются по выражениям:

$$W_{\text{зс}}^y(j\omega) = \frac{W_{\text{pc}}^y(j\omega)}{1 + W_{\text{pc}}^y(j\omega)}; \quad A_{\text{зс}}^y(\omega) = |W_{\text{зс}}^y(j\omega)|;$$

$$W_{\text{зс}}^z(j\omega) = \frac{W_{\text{pc}}^z(j\omega)}{1 + W_{\text{pc}}^z(j\omega)}; \quad A_{\text{зс}}^z(\omega) = |W_{\text{зс}}^z(j\omega)|.$$

При численном методе настройки $\max A_{3c}^y(\omega)$ и $\max A_{3c}^z(\omega)$ не должны превышать заданные допустимые значения соответствующих им показателей колебательности.

Таким образом, контроль $A_{3c}^y(\omega)$ и $A_{3c}^z(\omega)$ позволяет ограничить их максимальные значения и тем самым исключить настройки, приводящие к недопустимым колебаниям как в основном, так и во вспомогательном контурах каскадной системы управления.

Для оценки качества регулирования в численной процедуре оптимизации можно использовать интегральный критерий $I^y = \int_0^{t_p} y(t)dt$ на интервале времени переходного процесса t_p , который имеет экстремальный характер и делает процедуру поиска оптимума устойчивой.

Для обеспечения определенного запаса устойчивости в целевой критерий вводится ограничение в виде штрафной функции на допустимое значение показателя колебательности для основного и вспомогательного контуров каскадной системы регулирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пикина, Г.А. Математические модели теплоэнергетических объектов / Г.А. Пикина. – М.: МЭИ, 1997. – 137 с.
2. Теория и практика построения и функционирования АСУ ТП: Труды Международной научной конференции. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 216 с., ил.
3. Фотин, Б.С. Поршневые компрессоры / Б.С. Фотин, И.Б. Пирумов, И.К. Прилуцкий, П.И. Пластинин. – Л.: Машиностроение, 1987.

РАЗРАБОТКА МЕР ПО УЛАВЛИВАНИЮ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА ВОЛЖСКОМ ТРУБНОМ ЗАВОДЕ

Балашенков А.Е. – студент
Николаева С.И. – канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ»

АННОТАЦИЯ. Наблюдаемое в последнее время глобальное изменение климата во многом связано с повышением концентрации парниковых газов в атмосфере. В последние 35 лет климатические изменения резко ускорились. Сегодня Россия занимает четвертое место в мире по объемам выбросов парниковых газов, и любые вводимые меры регулирования должны формулироваться с максимальным учетом наших национальных интересов. В статье рассмотрены вопросы снижения выброса парниковых газов в атмосферу Земли на Волжском трубном заводе. Предлагаемые авторами статьи меры позволят уменьшить выбросы газов в атмосферу, снижая тем самым парниковый эффект и способствуя замедлению процесса глобального потепления.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *глобальное потепление, парниковый эффект, возобновляемые источники энергии, технологии «мембраны», CO₂-сертификаты, озеленение.*

ABSTRACT. *The recent global climate change is largely due to an increase in the concentration of greenhouse gases in the atmosphere. In the last 35 years, climate change has accelerated dramatically. Today, Russia ranks fourth in the world in terms of greenhouse gas emissions, and any regulatory measures introduced should be formulated with maximum consideration of our national interests. The article discusses the issues of reducing greenhouse gas emissions into the Earth's atmosphere at the Volga Pipe Plant. The measures proposed by the authors of the article will reduce gas emissions into the atmosphere, thereby reducing the greenhouse effect and contributing to slowing down the process of global warming.*

KEYWORDS: *global warming, greenhouse effect, renewable energy sources, membrana technologies, CO₂ certificates, landscaping.*

В последнее время наблюдается глобальное изменение климата, которое, в первую очередь, вызывается повышением концентрации парниковых газов в атмосфере Земли. Этот процесс не объяснить естественными природными циклами, поскольку он обусловлен, в основном, антропогенным воздействием. При этом в последние 35 лет климатические изменения резко ускорились.

Парниковый эффект – серьезная экологическая проблема. Если не остановить его нарастание, равновесие на Земле может нарушиться. Изменится климат, придут голод и болезни. Ученые разрабатывают разные меры борьбы с проблемой, которая должна стать глобальной [1].

Парниковый эффект – это природные явления повышения средней температуры в нижних слоях атмосферы Земли. Современная наука считает, что главной причиной усиления парникового эффекта являются газы, внесенные в нижние слои атмосферы человеком.

Развитие промышленности – главная причина того, что углекислота и другие газы, усиливающие парниковый эффект, активно выбрасываются и накапливаются в атмосфере. Результат деятельности человека на Земле – рост среднегодовой температуры. За столетие она поднялась на 0,74 градуса. Ученые прогнозируют, что в дальнейшем этот рост может составить 0,2 градуса за каждые 10 лет. То есть интенсивность потепления увеличивается. Вырубка лесов – причина роста концентрации CO₂ в атмосфере. Этот газ поглощается растительностью. Массовое освоение новых земель, сопряженное с вырубкой лесов, ускоряет темп накопления углекислоты и одновременно изменяет условия обитания животных, растений, ведет к вымиранию их видов [2].

Следствие парникового эффекта – проблема глобального потепления, которая является актуальной на протяжении более 100 лет [3]. Глобальное потепление – это показатель роста средней температуры окружающей среды за последний век. Проблема его заключается в том, что начиная с 1970-х годов

этот показатель стал увеличиваться в несколько раз быстрее. Основная причина этого кроется в усилении индустриальной деятельности человека. Повысилась температура не только воды, но и воздуха примерно на 0,74 °С. Несмотря на такое маленькое значение, последствия могут быть колоссальными, если верить научным работам.

Проблема, которая связала множество стран – это проблема борьбы с парниковыми газами. Доля России в общей статистике мировых выбросов парниковых газов в атмосферу Земли снизилась с 1990 г. до 3 % в 2018 г. Суммарное сокращение выбросов парниковых газов в России с 1990 г. является самым значительным в мире и превышает 41 млрд тонн CO₂ [4].

В целях борьбы с изменением климата и его негативными последствиями 12 декабря 2015 г. на Конференции по изменению климата было принято Парижское соглашение [5]. Задача Парижского соглашения – удержание прироста глобальной средней температуры намного ниже 2 °С сверх доиндустриальных уровней.

Указом Президента РФ от 04.11.2020 г. № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов» [6] в целях реализации Российской Федерацией Парижского соглашения от 12.12.2015 г. Правительству РФ поручено обеспечить к 2030 г. сокращение выбросов парниковых газов до 70 % относительно уровня 1990 г. с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем и при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития РФ. Направления сокращения выбросов парниковых газов зависят от вида деятельности и основные из них приведены в табл.

Возможные направления сокращения выбросов газа

Источник выбросов	Как сократить выбросы?
1	2
Промышленность	<p>Промышленные компании оставляют огромный углеродный след – на производственные и логистические операции в промышленности приходится существенная часть мировых выбросов CO₂. По данным российского кадастра антропогенных выбросов, лидерство по генерации парниковых газов в нашей стране у черной и цветной металлургии: на них приходится 28 % выбросов. В мире, по разным оценкам, – 7–9 %.</p> <p>Российские металлурги стараются идти в зеленом направлении, модернизируя отдельные производства. «Евраз» еще в 2018 г. запустил самую чистую доменную печь в Европе на Нижнетагильском металлургическом комбинате – ее система аспирации с помощью 5900 фильтров очищает отходящие при выплавке чугуна газы.</p> <p>Трубная металлургическая компания (ТМК) модернизировала Северский трубный завод на Урале так, что теперь его воздействие на природу близко к нулю. Фабрика заменила мартеновские печи на электросталеплавильные и вместо обычного сырья стала использовать металлолом.</p>

Продолжение табл.

1	2
Сельское хозяйство	По оценкам Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), выбросы парниковых газов в секторе сельского, лесного и рыбного хозяйства практически удвоились за последние 50 лет и могут вырасти еще на 30 % к 2050 г., если не будет принято никаких мер по их снижению. Крупнейшим источником выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве ФАО называет кишечную ферментацию в ходе пищеварения у животных – в 2011 г. на этот процесс приходилось 39 % от общего объема эмиссий парниковых газов в секторе. Другой крупный источник (13 % эмиссии в секторе) – применение синтетических удобрений при выращивании растений. К 2030 г. миру необходимо сократить прямые выбросы в сельском хозяйстве до 1 Гт в год, но уменьшение площади пахотных земель и поголовья скота идет вразрез с целями продовольственной безопасности. Поэтому необходимо удерживание углерода в почве через улучшение пахотных земель и пастбищ, а также восстановление истощенных земель и снижение доли животной пищи в рационе.
Нефтегазовая отрасль	Природный газ и нефть еще долго будут оставаться основой мировой экономики. Нефтегазовая отрасль оказалась в авангарде развития альтернативной энергетики и инвестиций в сокращении углеродного следа от своей деятельности. В 2016 г. 10 крупных нефтяных компаний (в том числе Shell, BP, SaudiAramco, Total, Eni и др.) создали «Нефтегазовую климатическую инициативу» (The Oiland Gas Climate Initiative, OGCI) и пообещали вложить \$1 млрд в течение 10 лет в разработку и продвижение технологий с низким выбросом парниковых газов. К примеру, альянс инвестирует в программу строительства космических спутников для мониторинга выбросов метана в местах добычи угля и нефти, а также в стартап по созданию дронов для измерения уровня метана на месторождениях. Один из проектов OGCI – искусственный интеллект для управления грузовым транспортом, который позволяет грузовикам экономить до 50 % топлива (и сокращать выброс парниковых газов от транспорта) за счет оптимизации логистики.

В нашей статье в качестве примера рассматривается Волжский трубный завод (АО «ВТЗ»), входящий в состав Трубной Металлургической Компании (ТМК). В рамках реализации новой экологической программы ТМК намерена сократить выбросы парниковых газов на своих предприятиях до 8 % по сравнению с уровнем 2020 г. [7]. В направлении реализации этой программы на ВТЗ предлагается рассмотреть такие технологии, как введение технологии «мембраны» и озеленение территории непосредственно вблизи самого завода. Оценим каждую из них.

Технология мембран – основное наше предложение. Авторы считают, что это одно из главных новшеств в мире, имеющее относительную простоту использования и высокий показатель качества в плане результата. Сами мембраны, изготовленные из анодированного оксида алюминия, имеют ячеистую структуру, состоящую из шестиугольных отверстий, которые позволяют молекулам газа

течь внутрь и наружу, когда они находятся в открытом состоянии. Однако проход газа может быть заблокирован, когда тонкий слой металла электрически осаждается, чтобы покрыть поры мембраны. Этот новый механизм «газового затвора» может быть применен для непрерывного удаления углекислого газа из ряда промышленных выхлопных газов и из окружающего воздуха. Инженерами-химиками Массачусетского технологического института разработанная новая система, которая может обеспечить способ непрерывного удаления диоксида углерода из потока отходящих газов или даже из воздуха. Было создано устройство доказательства обозначенной выше концепции, чтобы показать этот процесс в действии [8].

В устройстве используется окислительно-активный углеродно-поглощающий материал, зажатый между двумя переключаемыми газовыми литниковыми мембранами. Сорбент и литниковые мембраны находятся в тесном контакте друг с другом и погружены в органический электролит, обеспечивающий среду для переноса ионов цинка назад и вперед. Эти две литниковые мембраны могут быть открыты или закрыты электрически путем переключения полярности напряжения между ними, в результате чего ионы цинка перемещаются с одной стороны на другую. Ионы одновременно блокируют одну сторону, образуя над ней металлическую пленку, а другую открывают, растворяя ее пленку.

Когда слой сорбента открыт в сторону, где проходят отходящие газы, материал легко впитывает углекислый газ, пока не достигнет своей емкости. Затем напряжение можно переключить, чтобы заблокировать питающую сторону и открыть другую сторону, где выделяется концентрированный поток почти чистого углекислого газа.

Построив систему с чередующимися участками мембраны, которые работают в противоположных фазах, система позволила бы обеспечить непрерывную работу в таких условиях, как промышленный скруббер. В любой момент времени половина секций будет поглощать газ, в то время как другая половина будет выпускать его.

Это означает, что у вас есть поток подачи, входящий в систему с одного конца, и поток продукта, выходящий с другого в якобы непрерывной работе. Этот подход позволяет избежать многих технологических проблем в отличие от традиционной многоколонной системы, в которой адсорбционные слои попеременно должны быть отключены, продуты и затем регенерированы, прежде чем снова подвергнуться воздействию питательного газа, чтобы начать следующий цикл адсорбции. В новой системе этапы продувки не требуются, и все они выполняются внутри самого устройства. Ключевым нововведением исследователей было использование гальванического покрытия как способа открывать и закрывать поры в материале. На этом пути команда испробовала множество других подходов к обратимому закрытию пор в мембранном материале, таких как использование крошечных магнитных сфер, которые могут быть расположены так, чтобы блокировать воронкообразные отверстия. Но эти другие методы оказались недостаточно эффективными. Металлические тонкие пленки

могут быть особенно эффективны в качестве газовых барьеров, а ультратонкий слой, используемый в новой системе, который является дешевым и обильным, требует минимального количества цинкового материала.

Технология озеленения – самый простой подход по сокращению выбросов CO₂. Зеленые насаждения выполняют санитарно-гигиенические, структурно-планировочные, декоративно-художественные функции. Растения создают благоприятный микроклимат, обогащают воздух кислородом, поглощают вредные выбросы, поддерживают оптимальную влажность, оказывают шумозащитное влияние, скрепляют почвенный слой и борются с его водной и ветровой эрозией. Также важна эстетическая роль растений, участие их в архитектурно-планировочной организации территории предприятий и населенных пунктов, в создании мест отдыха.

Таким образом, предложенные меры по улавливанию парниковых газов на Волжском трубном заводе позволят выполнить программу по сокращению выбросов парниковых газов на заводе до 8 %, тем самым способствуя успешной реализации стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, предусматривающей сокращение накопленного с 2021 по 2050 год объема чистой эмиссии парниковых газов в Российской Федерации до более низких значений по сравнению с показателями Европейского союза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, С.С. К вопросу о глобальном потеплении / С. С. Андреев // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2007. – № 2 (138). – С. 101–103.
2. Рогозин, М.Ю., Картамышева, Е.С. Вырубка лесов – экологическая катастрофа [Электронный ресурс] / М.Ю. Рогозин, Е.С. Картамышева // Молодой ученый. – 2017. – № 51 (185). – С. 124–128. URL: <https://moluch.ru/archive/185/47436/> (дата обращения: 17.11.2021).
3. Парниковые газы – глобальный экологический ресурс: справочное пособие [Электронный ресурс]. – М., 2004. – С. 137. – URL: https://wwf.ru/upload/iblock/260/gr_gases.pdf (дата обращения: 22.09.2021).
4. Киселев, А.А., Кароль, И.Л. Атмосферный метан и глобальный климат / А.А. Киселев, И.Л. Кароль // Природа. – 2004. – № 7. – С. 47–52.
5. Парижское соглашение от 12 декабря 2015 года [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/542655698> (дата обращения 04.09.2021).
6. Указ Президента РФ № 666 от 4 ноября 2020 года «О сокращении выбросов парниковых газов» [Электронный ресурс]. URL: https://news.ecoindustry.ru/wp-content/uploads/2020/11/Ukaz_Prezidenta_Rossiyskoy_Federatsii_ot_04_11_2020__666.pdf (дата обращения: 22.09.2021).
7. Волжский трубный завод. Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://vtz.tmk-group.ru/> (дата обращения 04.09.2021).
8. Управляемая мембрана для вытягивания углекислого газа из выхлопных газов [Электронный ресурс] // Яндекс-Дзен «Технологии будущего». 17.10.20. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5f5e05b5d314290c3c23db18/upravliaemaia-membrana-dlia-vytiagivaniia-uglekislogo-gaza-iz-vyhlopnyh-gazov-5f8abaa64ab7c3765abb5f49> (дата обращения: 20.08.2021).

МИРОВОЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА НА АВТОТРАНСПОРТЕ

Фатыхов И.И.

Чичиров А.А. – д-р хим. наук
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

АННОТАЦИЯ. В статье показана перспективна научных исследований в области использования водородсодержащего топлива.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: развитие водородной энергетики, водородное топливо, перспективы развития.

ABSTRACT. The article shows the promising scientific research in the field of using hydrogen-containing fuel.

KEYWORDS: development of hydrogen energy, hydrogen fuel, development prospects.

Одним из путей решения экологических проблем на транспорте является замена используемых ныне углеводородных топлив на водород – экологически чистый энергоноситель. Мировая концепция водородной энергетики зародилась в середине 70-х годов как реакция научного сообщества на надвигающуюся экологическую катастрофу, на ограниченность мировых запасов углеводородных топлив [1]. И если в то время основной проблемой считалась сокращение мировых запасов углеводородных энергоносителей, то в настоящее время на первый план выдвигается угроза стремительно нарастающего на планете экологического кризиса. Поэтому использование водорода в качестве энергоносителя рассматривается во многих международных проектах как фактор снижения экологического давления на окружающую среду. Таким образом, большинство экспертов на сегодняшний день склоняются к тому, что будущее – за автомобилями на водородных топливных элементах.

Перспективы развития энергетики предполагают, что в 2020–2050 гг. должно произойти бурное развитие водородной энергетики [2]. Транспортные средства, работающие на водородном топливе, снабжены специальным устройством – топливным элементом, – которое заправляется сжатым водородом. Водородный топливный элемент содержит пластины, покрытые катализатором, который запускает химическую реакцию по соединению водорода и кислорода из воздуха с образованием электричества для работы двигателя и водяного пара. Помимо использования специфической экзотермической реакции для выработки энергии, автомобили на водородном двигателе устроены аналогично электромобилям на литийионном аккумуляторе. Западные страны успешно создают прототипы автомобилей на водородном топливе.

Основными преимуществами водородного элемента по сравнению с литийионной батареей являются сравнительно небольшой вес, более высокая экологичность (при производстве и при утилизации аккумуляторов используются токсичные вещества) и широкая доступность топлива (водород – самый распространенный элемент во вселенной, его можно извлекать из массы разнообразных источников). Время заправки топливного резервуара такого транспортного средства сопоставимо со временем заправки бензинового двигателя, что значительно меньше любых предложений по зарядке электрического аккумулятора, доступных на данный момент. Дальность перемещения на одной заправке также в несколько раз выше, чем у современных электромобилей.

Однако отсутствие разветвленной сети дорогостоящих заправок станций обычно называют главным препятствием для широкого распространения водородного транспорта. В то же время основной причиной отсутствия инфраструктуры для заправки топливом является тот факт, что не хватает самого транспорта на дорогах, чтобы сделать ее прибыльной. Кроме того, водород является легковоспламеняющимся химическим веществом, и потребителей беспокоит угроза взрыва водородного топлива.

Водород не является чистым ископаемым ресурсом, поэтому для производства водородного топлива необходимо затратить некоторое количество энергии для технологической переработки водорода различными способами, например, соединение с углеводородными газами, посредством электролиза воды или газификацией твердого топлива [3], см. табл.

Основные способы получения водородного топлива*

Способ получения	Условия получения	Необходимое оборудование
Углеводородные газы (метан)	Водяной пар при температуре 700–1000 °С смешивается с метаном под давлением в присутствии катализатора	Трубчатые печи
Электролиз воды	$2\text{H}_2\text{O} + \text{электрический ток} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$	Электрическая ячейка
Газификация твердого топлива	Уголь нагревают с водяным паром при температуре 800–1300 °С без доступа воздуха	Газогенератор

* – составлено авторами по материалам [4]

Наиболее перспективным для применения водородного топлива в энергетических установках транспортных и технологических средств является частичная добавка водорода к традиционному топливу, позволяющая совершить процесс революционного перехода к массовому использованию водорода плавно и без серьезных изменений существующих конструкций ДВС [5].

Таким образом, существующий опыт применения водородных топливных элементов, а также перспективы дальнейшего развития данного технического направления позволяют утверждать, что в недалеком будущем доля автомобильного транспорта, передвигающегося с использованием энергоустановок на водородных топливных элементах, будет значительно увеличиваться, постепенно вытесняя автотранспорт с двигателями внутреннего сгорания на жидком, а также на газообразном топливе, в регионах с повышенными экологическими требованиями, полностью заменяя его.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фомин, В.М. Водородная энергетика автомобильного транспорта: зарождение и современное состояние / В.М. Фомин, М.М. Бендик, М.И. Сидоров, С.А. Герасименко // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 12. – С. 155–160.
2. Кузык, Б.Н. На пути к водородной энергетике / Б.Н. Кузык, В.И. Кушлин, Ю.В. Яковец. – М.: Ин-т экон. стратегий, 2005. – 155 с.
3. Сербулов, А.В. Перспективы использования водородных элементов для автомобильного транспорта в Калининградской области / А.В. Сербулов, А.А. Липовская // Эффективное управление экономикой: проблемы и перспективы: сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции, Симферополь, 15–16 апреля 2021 года. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2021. – С. 90–95.
4. Полякова, Т.В. Состояние и перспективы развития водородной энергетики [Электронный ресурс] / Т.В. Полякова // Вестник МГИМО-Университета. – 2012. – № 1 (22). – С. 156–164. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-vodorodnoy-energetiki> (дата обращения: 20.02.2021).
5. Красников, В.В. Перспективы применения водородного топлива в энергетических установках транспортных средств / В.В. Красников, Н.С. Вахрина // Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация: Материалы I Всероссийской заочной научно-практической конференции, Чита, 25–28 октября 2016 года. – Чита: Забайкальский государственный университет, 2016. – С. 62–67.

СЕКЦИЯ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ»

**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ СЛАБООСНОВНЫХ АНИОНИТОВ
РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА**

Дудина А.Д., Савенко А.В. – магистранты
Одоевцева М.В. – канд. техн. наук, доцент
Филиал ФГБОУ «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье представлена оценка жизнедеятельности ионитов по производителям фильтрующего материала в условиях противоточной технологии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ионит, обессоливание, перманганатная окисляемость, сульфаты, обменная емкость.

ABSTRACT. The article presents an assessment of the vital activity of ionites by manufacturers of filtering material in the conditions of countercurrent technology.

KEYWORDS: ionite, desalination, permanganate oxidability, sulfates, exchange capacity.

Пьюролайт А847 – полиакриловая гелевая слабоосновная анионообменная смола, форма свободного основания. Основные назначения данной смолы: применение в водных и неводных средах, обессоливание в промышленности.

Преимущества данной смолы заключаются в исключительном сопротивлении органическим загрязнениям, устойчивости против разрушения осмотическим шоком, особой физической стабильности, эффективной регенерации, небольших объемах отмывочной воды, смола является высокочистой.

Токем 320У – слабоосновный анионит пористой структуры, суженного гранулического состава.

Преимущества Токема по сравнению с другими смолами заключается в том, что смола обладает высокой обменной емкостью и осмотической стабильностью, имеет исключительную устойчивость к загрязнению органикой. В сочетании с сильноосновным анионитом он обеспечивает низкую величину проскока кремниевой кислоты, а также полное удаление органических молекул по сравнению с гелевыми продуктами.

Задача нашего исследования заключается в нахождении регрессионного уравнения, пригодного для достаточно точного расчета параметров исследуемого процесса в принятых интервалах изменения факторов. При выборе факторов

и интервалов их варьирования необходимо учитывать возможные ограничения технологического, экологического и экономического характера.

Исследования проводились с учетом влияния трех факторов.

1. Фактор X_1 – перманганатная окисляемость, $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$.
2. Фактор X_2 – сульфаты, $\text{мг}/\text{дм}^3$.
3. Фактор X_3 – срок эксплуатации смол, годы.

На основании метода математического планирования эксперимента исследовалось влияние технологических параметров осветленной воды (окисляемость, сульфаты) и срока эксплуатации на свойства слабоосновных анионитов Пьюролайт А-847 и Токем 320У. Измерялись следующие параметры:

- обменная емкость, г-экв/ дм^3 ;
- собственные нужды, м^3 ;
- фильтроцикл, м^3 .

Составляем уравнение регрессии. Обменная емкость смолы Пьюролайт А-847:

$$y = 927,75 - 11,75X_1 - 22,25X_2 - 500,25X_3. \quad (1)$$

Теоретические значения определены с погрешностью 14,96 %. Все параметры определены при фильтроцикле 8900 м^3 .

Влияние перманганатной окисляемости и сульфатов на обменную емкость Пьюролайт А-847 представлено на рис. 1.

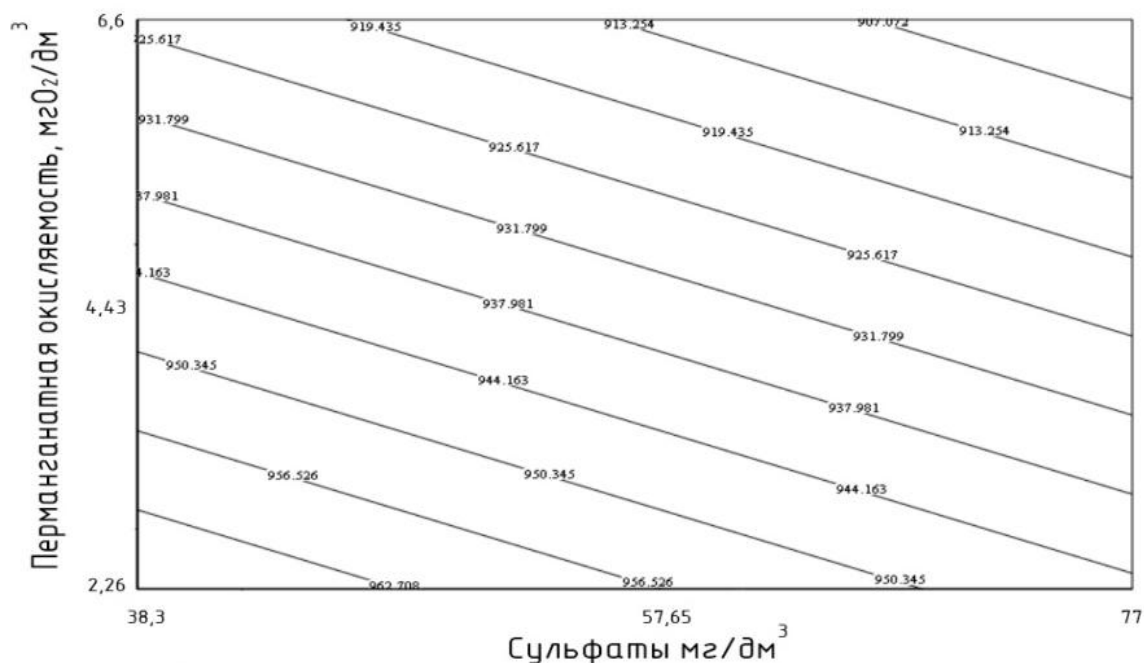


Рис. 1. Влияние перманганатной окисляемости и сульфатов на обменную емкость Пьюролайт А-847

Собственные нужды смолы Пьюролайт А-847:

$$y = 2,8675 + 0,1575X_1 + 0,0275X_2 - 1,3825X_3. \quad (2)$$

Теоретические значения определены с погрешностью 9,91 %. Все параметры определены при фильтроцикле 8900 м³.

Влияние перманганатной окисляемости и сульфатов на собственные нужды смолы Пьюролайт А-847 представлено на рис. 2.

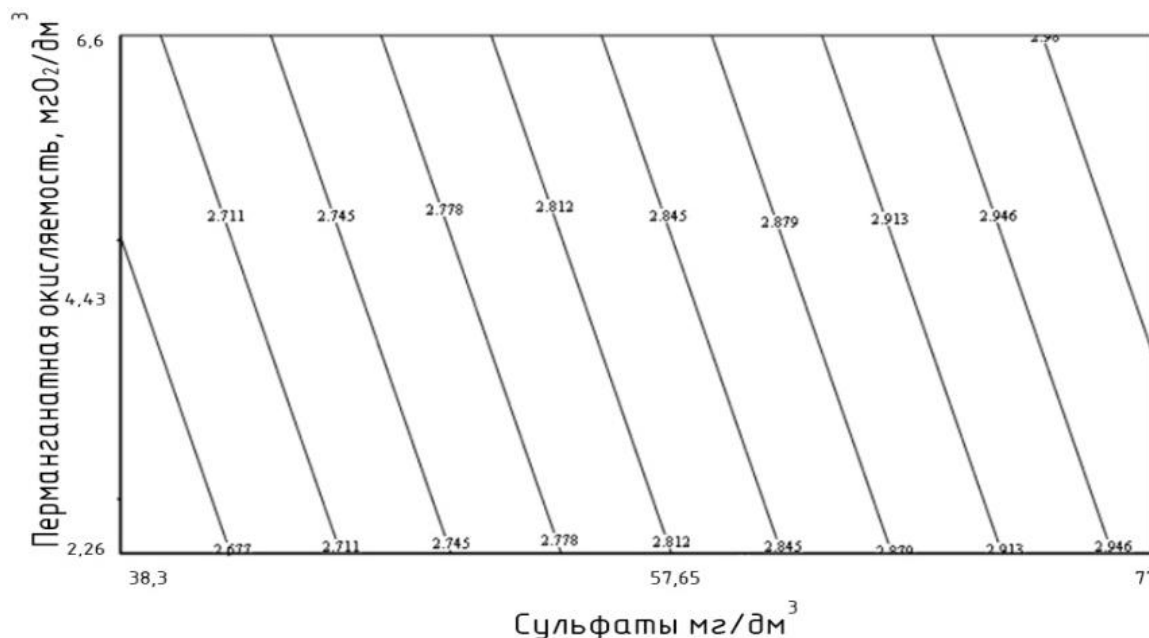


Рис. 2. Влияние перманганатной окисляемости и сульфатов на собственные нужды смолы Пьюролайт А-847

Из рис. 1 видно, что максимальная обменная емкость достигается при значении перманганатной окисляемости 2,26–4,5 мгО₂/дм³.

Из рис. 2 видно, что собственные нужды нарастают по мере нарастания концентрации сульфатов в осветленной воде. Минимальные собственные нужды достигаются при значениях сульфатов 38,3–51,2 мг/дм³. При увеличении концентрации сульфатов собственные нужды увеличиваются на 60 %.

Обменная емкость смолы Токем 320У в первый год введения в эксплуатацию:

$$y = 779,75 - 28,75X_1 - 29,25X_2 - 414,25X_3. \quad (3)$$

Теоретические значения определены с погрешностью 7,172 %. Все параметры определены при фильтроцикле 6792 м³.

Влияние перманганатной окисляемости и сульфатов на обменную емкость Токем 320У в первый год эксплуатации представлено на рис. 3.

Собственные нужды смолы Токем 320У за первый год эксплуатации:

$$y = 5,3425 + 0,3475X_1 + 0,2875X_2 - 2,3975X_3. \quad (4)$$

Теоретические значения определены с погрешностью 12,02 %. Все параметры определены при фильтроцикле 6792 м³.

Влияние перманганатной окисляемости и сульфатов на собственные нужды смол Токем 320У в первый год эксплуатации представлено на рис. 4.

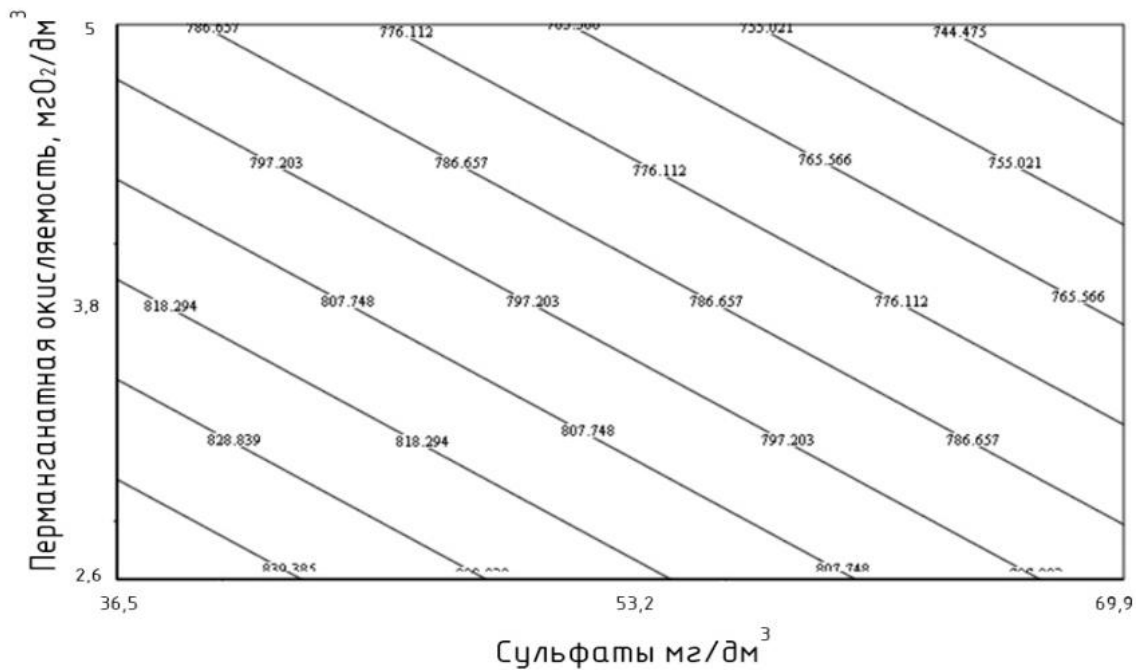


Рис. 3. Влияние перманганатной окисляемости и сульфатов на обменную емкость Токем 320У в первый год эксплуатации

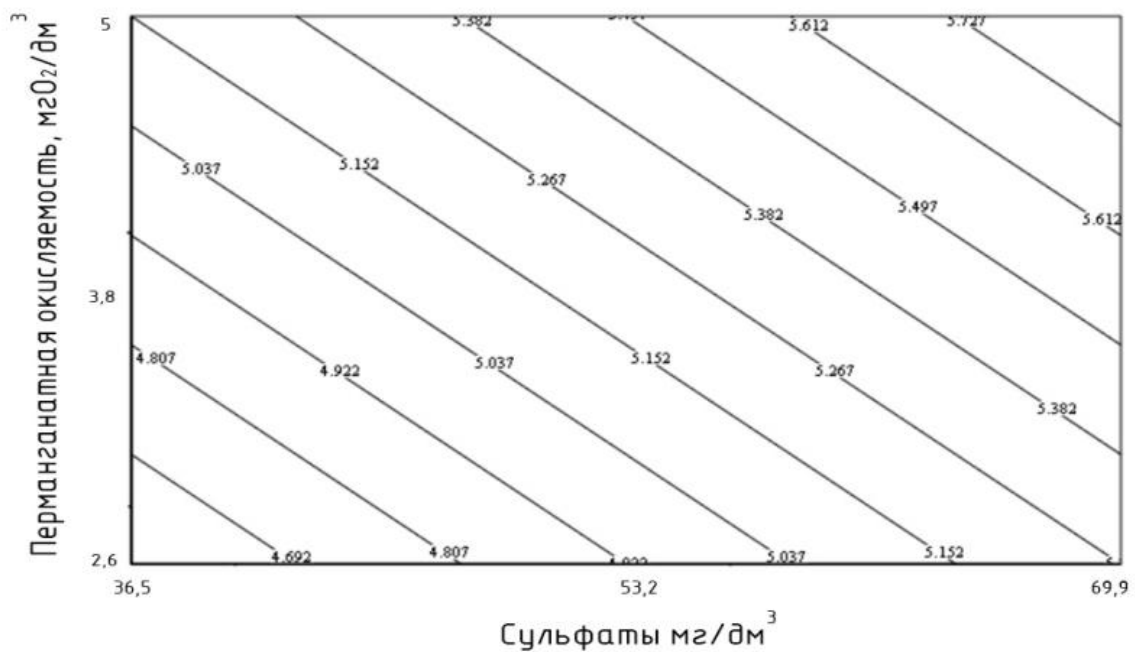


Рис. 4. Влияние перманганатной окисляемости и сульфатов на собственные нужды смол Токем 320У в первый год эксплуатации

Из рис. 3 видно, что максимальная обменная емкость смолы Токем 320У достигается при значении перманганатной окисляемости 2,6–3,9 мгО₂/дм³.

По сравнению с первым годом эксплуатации Пьюролайт А-847, обменная емкость Токема меньше на 13,331 %.

Из рис. 4 видно, что собственные нужды смолы нарастают по мере нарастания концентрации сульфатов в осветленной воде. Минимальные собственные нужды достигаются при значениях сульфатов 36,5–51,8 мг/дм³. В сравнении с Пьюролайтом собственные нужды Токема выросли на 44,47 %.

Обменная емкость смолы Токем 320У за последний год эксплуатации:

$$y = 752 - 71,5X_1 - 40X_2 - 369,5X_3. \quad (5)$$

Теоретические значения определены с погрешностью 17,17 %. Все параметры определены при фильтроцикле 6861,9 м³.

Влияние перманганатной окисляемости и сульфатов на обменную емкость смолы Токем 320У в последний год эксплуатации представлено на рис. 5.

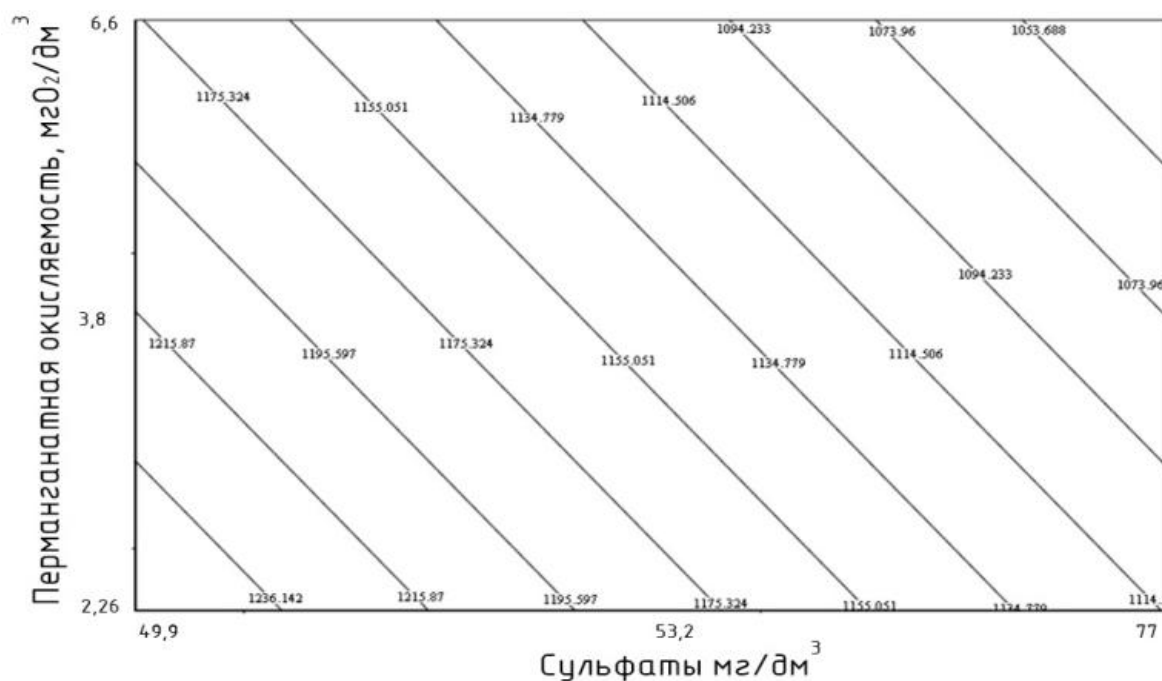


Рис. 5. Влияние перманганатной окисляемости и сульфатов на обменную емкость смолы Токем 320У в последний год эксплуатации

Собственные нужды смолы Токем 320У в последний год эксплуатации:

$$y = 5,16 - 0,14X_1 - 0,595X_2 - 3,02X_3. \quad (6)$$

Теоретические значения определены с погрешностью 6,73 %. Все параметры определены при фильтроцикле 6861,9 м³.

Влияние перманганатной окисляемости и сульфатов на собственные нужды смол Токем 320У в последний год эксплуатации представлено на рис. 6.

Из рис. 5 видно, что обменная емкость имеет максимальные показатели при концентрации сульфатов 49,4–64 мг/дм³. Если сравнить значения обменной емкости первого и последнего годов эксплуатации смолы, получаем увеличение

обменной емкости на 30,4 %. На такое кардинальное изменение значений повлияло то, что сульфаты увеличились с 53 до 55,483 мг/дм³ и окисляемость уменьшилась с 4 до 3,501 мгО₂/дм³ по среднегодовым данным.

Из рис. 6 видно, что собственные нужды по сравнению с первым годом эксплуатации уменьшились на 3,1 % из-за улучшения качества воды, что связано с улучшением экологической обстановки в период пандемии.

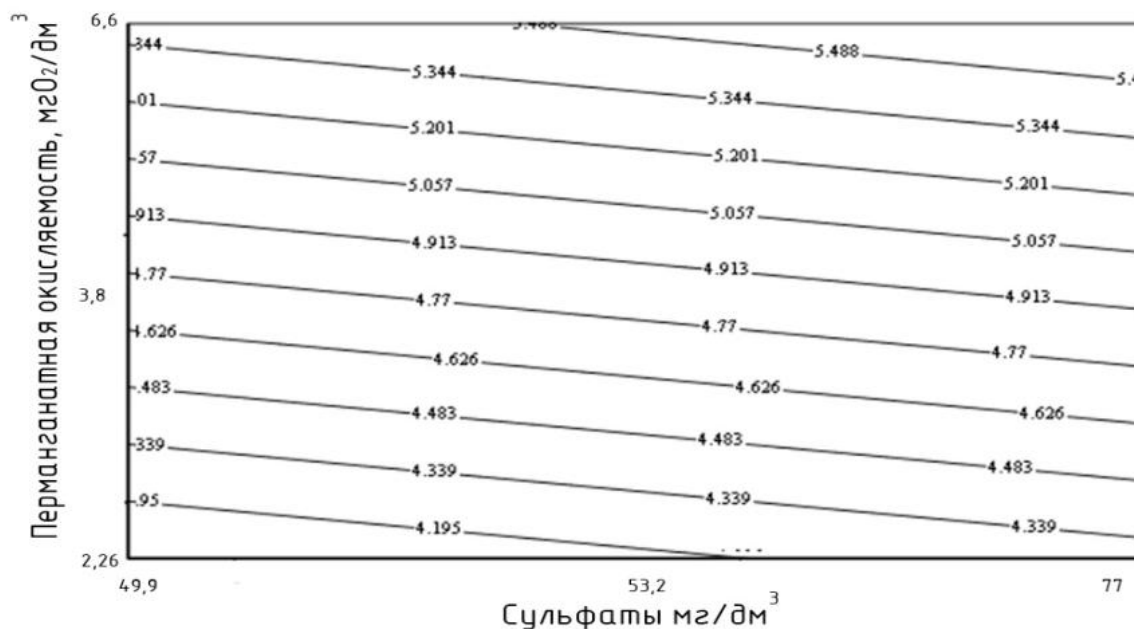


Рис. 6. Влияние перманганатной окисляемости и сульфатов на собственные нужды смол Токем 320У в последний год эксплуатации

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахназарова, С.Л., Кафаров, В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии: учеб. пособие для химико-технологических вузов / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – М.: Высш. школа, 1978. – 319 с.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НА РЕГЕНЕРАЦИЮ МЕМБРАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Мишакова А.А. – магистрант

Одоевцева М.В. – канд. техн. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье представлены результаты сравнения двух различных режимов эксплуатации мембранных установок обратного осмоса и их дальнейшее влияние на проведение химических очисток мембранных элементов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мембранные установки, обратный осмос, режимы эксплуатации, химическая очистка.

ANNOTATION. The article presents the results of a comparison of two different modes of operation of reverse osmosis membrane units and their further influence on the chemical purification of membrane elements.

KEYWORDS: membrane installations, reverse osmosis, operating modes, chemical treatment.

Установка обратного осмоса (УОО) предназначена для частичного обессоливания воды [1]. Опреснение и умягчение воды основано на принципе обратного осмоса – отделения молекул воды от минерализованного раствора через полупроницаемую мембрану под давлением выше осмотического (баромембранный процесс), которое для заданных условий и типа мембран лежит в пределах 0,8–1,2 МПа [2]. Установка обратного осмоса является модульной системой. Для сравнения режимов работы и проведения анализа были выбраны установки обратного осмоса предприятий АО «ВТЗ» и Волгоградской ТЭЦ-2. Технические характеристики УОО Волгоградской ТЭЦ-2 указаны в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики

Характеристика	Значение
Потребности в исходной воде с учетом сброса концентрата	До 850 м ³ /час в зависимости от ионного состава и температуры исходной воды
Полезная производительность по очищенной воде	400 м ³ /час в зависимости от ионного состава и температуры исходной воды
Допустимый диапазон температур исходной воды	От +25 до +35 °С
Допустимая минерализация исходной воды	Общая минерализация до 300 мг/л
Допустимая жесткость исходной воды	Общая жесткость до 5 мг-экв/л
Допустимое содержание железа (общего) в исходной воде	Содержание железа (общего) до 0,3 мг/л

Обратноосмотические установки данных предприятий имеют одинаковые двухстадийные схемы, которые представлены на рис. 1. В данной схеме вторая стадия установки работает на концентрате, подающемся с первой стадии установки. Состав исходной воды, подаваемой на УОО Волгоградской ТЭЦ-2, близок к составу воды другого предприятия. Обе системы требуют проведения химических очисток после 800 часов эксплуатации.

Характеристики воды, подаваемой на обратноосмотическую установку АО «ВТЗ», представлены в табл. 2. Химическая отмывка мембранных элементов АО «ВТЗ» производилась на тестовой установке. Для соблюдения условий эксплуатации производственную и тестовую установки подключали параллельно, на концентрат первой стадии производственной установки обратного осмоса (УОО) [3].

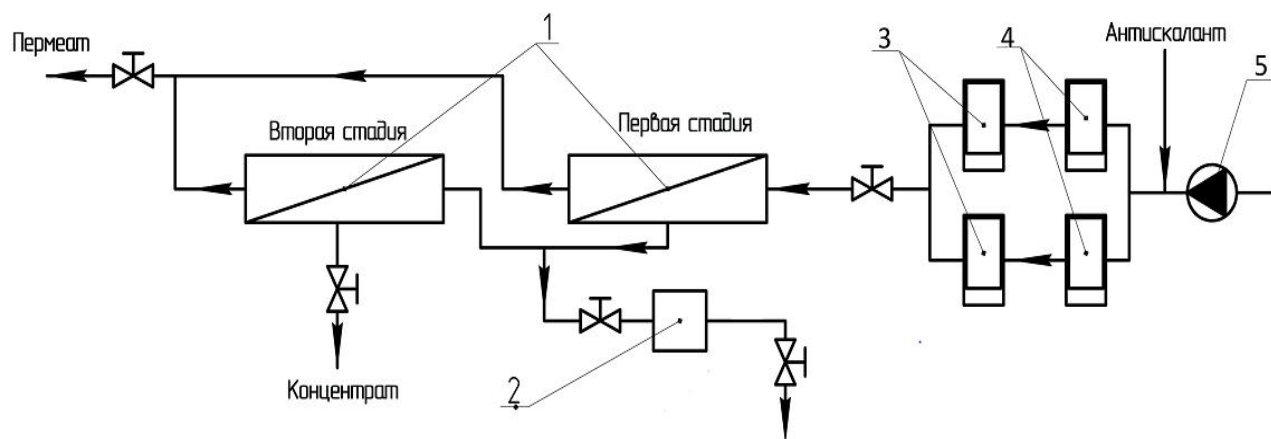


Рис. 1. Схема действующей установки:

- 1 – секции обратного осмоса; 2 – бак-накопитель концентрата после первой ступени;
- 3 – фильтр полипропиленовый 5 микрон; 4 – мешочный тканевый фильтр 20 микрон;
- 5 – насос подачи исходной воды на секции обратного осмоса

Таблица 2

Показатели исходной воды, подаваемой на УОО

	SDI	Ж _о , мг-экв/ дм ³	Ж _{Са} , мг-экв/ дм ³	Ж _{Mg} , мг-экв/ дм ³	Щ _о , мг-экв/ дм ³	Солесо- держание, мг/дм ³	pH
Исходный раствор	8,81	3,8	2,8	1,0	2,9	690	6,7

Тестовые испытания с мембранами Волгоградской ТЭЦ-2 проводились в условиях лаборатории химических технологий имени 150-летия периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева филиала МЭИ в г. Волжском. Испытания проходили в термостойком стакане в условиях постоянного подогрева и перемешивания среды. Образцы размером 10×7 см выдерживались в растворах, содержащих реагенты фирм. Для удобства крепления и максимального контакта образца с моющим раствором были использованы фиксаторы образца.

Эффективность отмывки мембранных элементов оценивалась по потере массы образцов, помещенных в растворы для химической отмывки на 6 часов. Химическая очистка мембран осуществлялась при температуре 35–38 °С в следующей последовательности:

- 1) щелочной раствор – 6 часов;
- 2) промывка дистиллированной водой;
- 3) кислотный раствор – 6 часов;
- 4) промывка дистиллированной водой.

Образцы после химической очистки были высушены до постоянного веса. Результаты очистки мембран установки обратного осмоса Волгоградской ТЭЦ-2 и АО «ВТЗ» представлены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

**Эксплуатационные характеристики химической очистки мембран
АО «ВТЗ»**

Об-разец №	Моющий раствор	Серия моющих растворов	Масса отмытых отложений в расчете на 1 г/м ²
1	ООО «ИНЭКО»	IN-ECO 541 IN-ECO 535	14
2	«НПК Медиана-Фильтр»	MF-CRO-220 MF-CRO-218	28
3	«НПК Медиана-Фильтр» Раствор едкого натра	MF-CRO-218 NaOH	42

Таблица 4

**Эксплуатационные характеристики химической очистки мембран
Волгоградской ТЭЦ-2**

Об-разец №	Моющий раствор	Серия моющих растворов	Масса отмытых отложений в расчете на 1 г/м ²
1	«НПК Медиана-Фильтр»; ООО «ИНЭКО»	MF-A-T10 MF-B-L20 IN-ECO 515	4,48
2	ООО «ИНЭКО»	IN-ECO 541 IN-ECO 535 IN-ECO 515	6,57
3	Растворы лимонной кислоты и едкого натра	NaOH 0,1 % Раствор лимонной к-ты 2 %	2,66
4	Растворы лимонной кислоты и едкого натра; ООО «ИНЭКО»	NaOH 0,1% Раствор лимонной к-ты 2 % IN-ECO 515	3,18

Из полученных данных видно, что, несмотря на одинаковый состав исходной воды, режим очистки и условия эксплуатации, количество отмытых отложений различается. Для Волгоградской ТЭЦ-2 наилучший эффект показали реагенты фирмы ООО «ИНЭКО», для АО «ВТЗ» – растворы «НПК Медиана-Фильтр».

Отложения с поверхности мембран УОО АО «ВТЗ» определялись с использованием энергодисперсионного метода на приборе Versa 3D. Результаты анализа отложений на поверхности мембран тестовой установки приведены в табл. 5. Исследования отложений позволили уточнить состав отложений на поверхности мембран производственной УОО. Выявлено, что на мембранах накапливаются органические вещества, соединения кремния, железа и кальция.

Результаты энергодисперсионного метода анализа отложений

Элемент	До проведения химической очистки	
	Доля, %	Погрешность измерения, %
Углерод	13,32	11,23
Кислород	46,25	8,70
Натрий	0,73	14,88
Магний	1,55	9,20
Кремний	14,47	4,75
Калий	1,98	4,96
Кальций	3,10	4,00
Марганец	0,49	19,11
Железо	9,17	3,07

Результаты исследований мембранных элементов АО «ВТЗ» показали высокую эффективность моющих растворов АО «НПК Медиана-Фильтр» (рис. 2б). Масса удаленных загрязнений больше на 63 %, чем при использовании моющего раствора ООО «ИНЭКО» (рис. 2а). Величина pH сохранялась стабильной на протяжении всего времени очистки образцов мембран. При увеличении продолжительности химической очистки мембран масса отмытых отложений возрастает (рис. 2б). Эффективность коммерческих составов для очистки интенсивно загрязненных мембран не всегда достаточна. Применение готовых составов различных производителей исключает возможность направленного подбора концентрации и растворяющего вещества для удаления отложений с поверхности мембраны. Максимальное количество отложений удаляется с поверхности мембраны при щелочной очистке раствором NaOH (pH = 11,0) и кислотным раствором АО «НПК Медиана-Фильтр» MF-CRO-218. При таком режиме масса отмываемых отложений увеличивается в 1,5 раза.

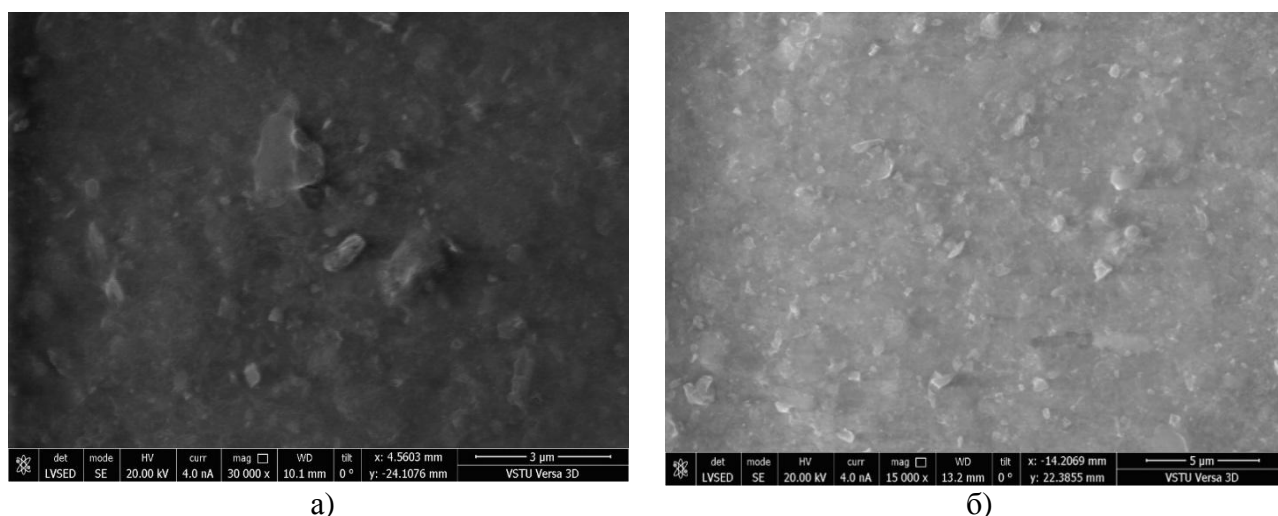


Рис. 2. Фотографии поверхностей мембран после химической очистки мембран:
а) образец 1; б) образец 2

Наибольшая масса отмытых отложений наблюдается у образца № 2. Растворы ООО «ИНЭКО» оказались эффективнее растворов, которые используются на Волгоградской ТЭЦ-2 (NaOH и раствор лимонной кислоты) в 2,5 раза. Растворы «НПК Медиана-Фильтр» эффективнее в 1,7 раза.

Вывод

Из полученных данных видно, что, несмотря на одинаковое качество исходной воды, режим очистки и условия эксплуатации, количество отмытых отложений различаются. Определение состава отложений на мембранных элементах обеспечивает выбор оптимального режима химической очистки установки обратного осмоса, снижение скорости формирования отложений и увеличивает срок эксплуатации мембранных элементов промышленной водоподготовительной установки при стабильно высоком качестве обессоленной воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баландина, А.Г. Развитие мембранных технологий и возможность их применения для очистки сточных вод предприятий химии и нефтехимии / А.Г. Баландина и др. // Нефтегазовое дело. – 2015. – № 5. – С. 336–375.
2. Первов, А.Г. Влияние биологического загрязнения на работу обратноосмотических и ультрафильтрационных мембранных элементов. / А.Г. Первов и др. // Мембраны. – 2004. – № 1. – С. 3– 18.
3. Пантелеев, А.А. Методологические подходы к проведению пилотных и тестовых испытаний на установках обратного осмоса: результаты сравнительных исследований / А.А. Пантелеев // Теплоэнергетика. – 2017. – № 10. – С. 92–98.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

*Ганеку М.*¹ – магистрант
*Власова А.Ю.*² – канд. техн. наук
¹ФГБОУ ВО «КГЭУ»
²ГОУ ВПО «КГТУ»

АННОТАЦИЯ. В статье проводится сравнительный анализ технологий водоподготовки на тепловых электрических станциях, основанных на процессах обратного осмоса и ионного обмена.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водоподготовка, энергетическая эффективность, мембрана, фильтрация, обратный осмос, ионообменник, солевые сточные воды.

ABSTRACT. The article provides a comparative analysis of water purification technologies at thermal power plants based on the processes of reverse osmosis and ion exchange.

KEYWORDS: water treatment, energy efficiency, membrane, filtration, reverse osmosis, ion exchange, saline waste water.

Электростанции используют сверхчистую воду в контурах охлаждения котлов и в котлах. Примеси, присутствующие в воде, могут вызывать коррозию контуров и генерировать новые частицы во взвешенном состоянии, в основном коллоиды оксида железа. Необходимо уменьшить количество этих примесей, которые могут быть опасны и, как следствие, образуют активные отходы, которые затем необходимо будет хранить и обрабатывать [1].

«Сверхчистая» или очень чистая вода – это сложный «продукт», который находит свое применение в высокотехнологичных отраслях промышленности, таких как полупроводниковая промышленность и энергетика [1].

В воде содержится множество органических и минеральных примесей. Именно поэтому необходимо подготавливать ее к использованию в промышленности. В зависимости от типа оборудования и сферы применения к воде предъявляются определенные нормативные требования. Вредное воздействие коррозии заключается в разрушении конструкционных материалов [2].

Однако не менее вредное воздействие оказывает образование на внутренних поверхностях различных накипных отложений. Отложения, как правило, являются теплоизоляторами. Накипь может привести к перегреву трубок котла, так как передача теплоты от трубок котла к котловой воде в этом случае будет затруднена, в результате могут возникнуть аварийные ситуации. Кроме того, вследствие образования накипи увеличиваются гидравлические потери и изменение перепада давления при перекачке [2].

Традиционно водоподготовка включает в себя две стадии. Первая стадия – фильтрация. Его задачей является освобождение от грубодисперсных примесей и коррекция ряда показателей при необходимости. Вторая стадия – глубокая очистка. В ее задачи входит изменение ионного состава фильтрата. Традиционным методом водоподготовки является ионный обмен [1].

Ионный обмен заключается в обмене ионами между раствором и твердым веществом (ионитом), вследствие чего меняется ионный состав до требуемой величины. Этот метод популярен из-за простоты, надежности в использовании. Но в противовес простоте и надежности возникают солевые стоки и значительные расходы [3].

Существуют более современные методы водоподготовки. Один из таких методов – обратный осмос, он является практически безреагентным и основан на пропускании раствора через мембрану под давлением. За мембрану проходит очищенная вода, солесодержание которой снижается до 98 %, часть солевого раствора идет обратно на вход в систему или сбрасывается в канализацию. Объем солей, сбрасываемых в солевые стоки, значительно ниже в сравнении с традиционными методами водоподготовки [3].

В настоящее время для паровых котлов традиционно используют такой метод водоподготовки как ионный обмен, однако этот метод зачастую экономически нецелесообразен.

На сегодняшний день существуют установки, сочетающие в себе и обратный осмос, и ионный обмен. Так как после мембраны фильтрат имеет низкое

солеосодержание, то острота проблемы регенерации фильтров ионного обмена резко снижается. Все это приводит к снижению себестоимости фильтрата. Установки обратного осмоса с производительностью свыше 50 м³/ч и исходной жесткостью более 100 мг/л экономичнее по сравнению с ионным обменом. Схема системы водоподготовки ОАО «Ивановские ПГУ» представлена на рис. 1.

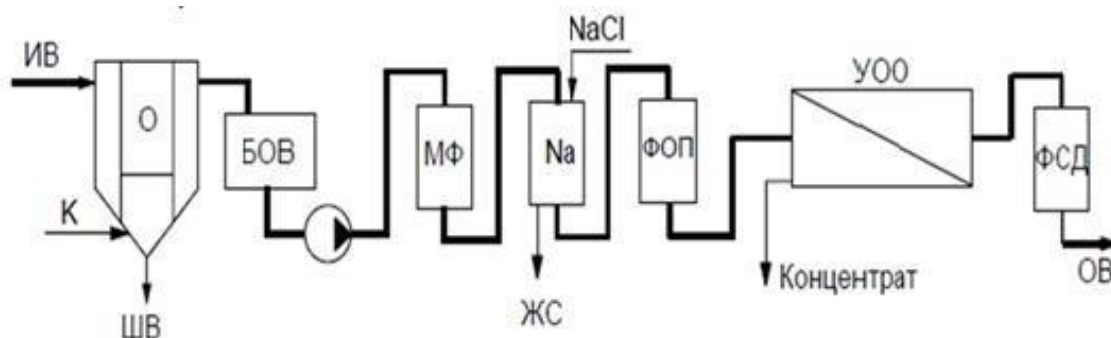


Рис. 1. Схема системы водоподготовки ОАО «Ивановские ПГУ»:
 ИВ – исходная вода; О – осветлитель; БОВ – бак осветленной воды;
 МФ – механический фильтр; Na – Na-катионитный фильтр;
 ФОП – фильтр-органопоглотитель; К – коагулянт; ШВ – шламовые воды;
 ОВ – обессоленная вода; ЖС – жесткий сток; УОО – установка обратного осмоса;
 ФСД – фильтр смешанного действия

В последнее время большое внимание уделяется методам с низким содержанием реагентов, особенно мембранным технологиям. Некоторые новые WPU основаны на использовании обратного осмоса для деминерализации воды с использованием традиционных технологий (осветлители, механические фильтры) в качестве предварительной очистки.

Использование обратного осмоса позволяет извлекать до 96–98 % солей на стадии очистки, что близко к эффективности стадии ионного обмена. Это связано с нелинейным увеличением удельного расхода соли на регенерацию ионообменных фильтров [4].

Система доочистки пермеата может состоять из стадии ионного обмена с отдельной ионизацией Н и ОН и/или с фильтром со смешанным слоем FSD. Такой установке, получающей частично деминерализованную воду, фильтрующий ресурс очень необходим и достигает десятков и сотен тысяч кубометров.

Ультрафильтрация не только позволяет получить воду практически без механических примесей, но также с помощью коагуляции удалить значительное количество органических веществ, а также кремниевой кислоты [3, 4].

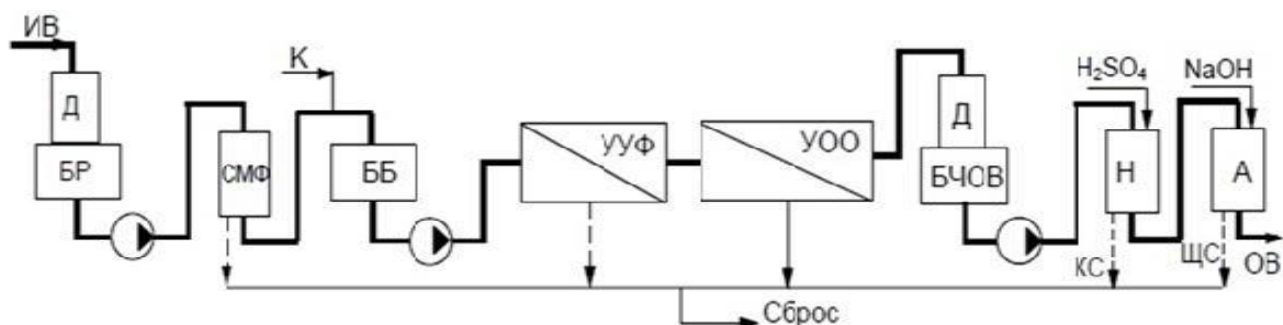


Рис. 2. Схема комбинированной установки для подготовки глубоко обессоленной воды с применением ионообменной доочистки:

Д – декарбонизатор; БР – емкость разрыва струи;
 СМФ – самопромывные механические фильтры; ББ – буферные емкости;
 УУФ – установка ультрафильтрации; УОО – установка обратного осмоса;
 БЧОВ – бак частично обессоленной воды; Н – катионитный фильтр;
 А – ОВ – анионитный фильтр; КС – кислый сток; ЩС – щелочной сток

Выводы

«Традиционная» технология очистки воды, включающая ионообменные фильтры, морально устарела, имеет внушительное количество недостатков: затраты на замену химических реагентов (каждые три месяца), утилизация огромного количества использованных реагентов, чувствительность очистки на незначительное изменение состава воды, объемное количество сточных вод с ненормированными ПДК. Но нельзя забывать о достоинствах этой технологии: эффективная очистка природной воды, простая и рабочая схемы очистки, отлаженная технология.

На сегодняшний день на ТЭС происходит замена ионных фильтров на современные баромембранные процессы. Мембранные технологии имеют следующие преимущества: снижение потребления воды и химикатов, а также более длительный срок службы, что означает меньше время обслуживания и время простоя. Недостатки технологии: постоянное накопление на мембране требует более частой очистки, что может привести к более высоким эксплуатационным расходам; сниженный мембранный поток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dey, A. Effect of space velocity on the performance of the final polishing mixed bed in typical high purity water plant / A. Dey, G. Thomas, K.A. Kekre, T. GuiHe // *Ultrapure Water*. – 2002. – V. 19, 1. – Pp. 18–27.
2. Проектные решения водоподготовительных установок на основе мембранных технологий / А.А. Пантелеев, Б.Е. Рябчиков, А.В. Жадан и др. // *Теплоэнергетика*. – 2012. – № 7.
3. Жадан, А.В. Анализ современных технологий водоподготовки на ТЭС // *Новости теплоснабжения*. – 2013. – № 7. URL: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3137.
4. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС. Лабораторный практикум: учеб. пособие / В.А. Чиж [и др.]. – Минск: Высшая школа, 2012. – 159 с.: ил.
5. Ходырев, Б.Н. Исследование процессов окисления органических веществ в

теплоносителе ТЭС и АЭС / Б.Н. Ходырев, А.Л. Кривчевцов, А.А. Соколюк // Теплоэнергетика. – 2010. – № 7. – С. 11–16.

6. Ионообменный метод очистки питьевой воды [Электронный ресурс]. URL: <https://www.barrier.ru/encyclopedia/ob-ochistke-vody/ionoobmennyj-metod-ochistki-vody>

ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НАКИПИ

Гарифуллина А.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ»

АННОТАЦИЯ. Жесткость воды негативно влияет не только на работу оборудования в промышленности, а также на экологию. Чтобы удалить образовавшуюся накипь на поверхностях оборудования, существует несколько технологий умягчения воды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: жесткость воды, образование накипи, удаление, технологии, очистка.

ABSTRACT. Water hardness has a negative effect not only on the operation of equipment in industry, and also on the ecology. To remove the scale formed on the surfaces of equipment there are several technologies of water softening.

KEYWORDS: water hardness, scale formation, removal, technology, purification.

Вода играет немалую роль в процессе жизнедеятельности человека. Жесткость воды является глобальной экологической проблемой. Она вызывает сложные проблемы для промышленности. Большое количество воды используется в различных отраслях промышленности, таких как пищевая, бумажная, кожевенная, тепловые электростанции и др. Также жесткость воды негативно влияет на экологию.

Жесткость воды – это совокупность физических и химических свойств воды, которые связаны с содержанием солей щелочноземельных металлов, в особенности кальция и магния. Смягчить воду – значит удалить из нее соли жесткости (ионы кальция и магния) или значительно снизить их концентрацию.

Когда вода проходит через или над минеральными отложениями, такими как известняк/доломит, уровни ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , присутствующих в воде, значительно увеличиваются, что приводит к повышению жесткости воды. В настоящее время существует несколько технологий и промышленных умягчителей для удаления накипи на бойлерах и кранах. В жилых помещениях обычно используются такие методы удаления накипи, как ионный обмен, обратный осмос и магнитная обработка воды.

Во многих странах разработаны различные промышленные умягчители и методики обработки жесткости воды. Технологии, которые используются

в разных странах в настоящее время в быту, в промышленности, производстве и других сферах:

- кипячение;
- дистилляция;
- реагентные технологии;
- электролиз;
- мембранные методики и ультрафильтрация;
- магнитное воздействие;
- ионообменные технологии.

В ионном обмене происходит замещение ионов кальция и магния в воде на ионы натрия (рис. 1). Ионообменная смола находится в гранулированной форме и осуществляет адсорбционный обмен ионов. Ионообменные смолы – наиболее традиционные устройства умягчения воды.

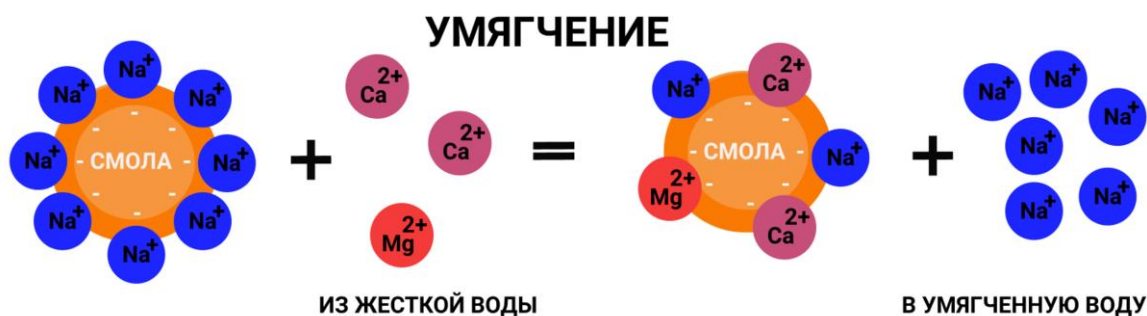


Рис. 1. Умягчение воды посредством ионного обмена

Обратный осмос – это технология очистки воды, которая использует полупроницаемую мембрану для удаления крупных частиц из питьевой воды. Мембранные процессы особенно полезны там, где необходимо удалить широкий спектр возможных загрязнений от макрочастиц до ионных видов. Каждая технология имеет свои преимущества и некоторые недостатки.

Главное преимущество воды после очистки на установке обратного осмоса заключается в удалении вредных загрязняющих веществ, таких как мышьяк, нитраты, натрий, медь и свинец, некоторые органические химикаты, а также фторид, добавляемый в городских системах. Преимуществом данной технологии является также низкая стоимость установки, которая может минимально использовать химикаты. Недостатком является то, что вода требует обширной предварительной обработки и не удаляет летучие органические химические вещества, хлор и хлорамины, фармацевтические вещества.

В магнитной обработке воды магнитное поле воздействует на воду. Такое воздействие приводит к тому, что растворенные в воде ионы кальция и магния теряют свою способность к солеобразованию или, другими словами, накипи на поверхностях. При данной технологии нерастворимые соли находятся во

взвешенном состоянии, а уже образовавшиеся отложения разрыхляются и довольно легко удаляются.

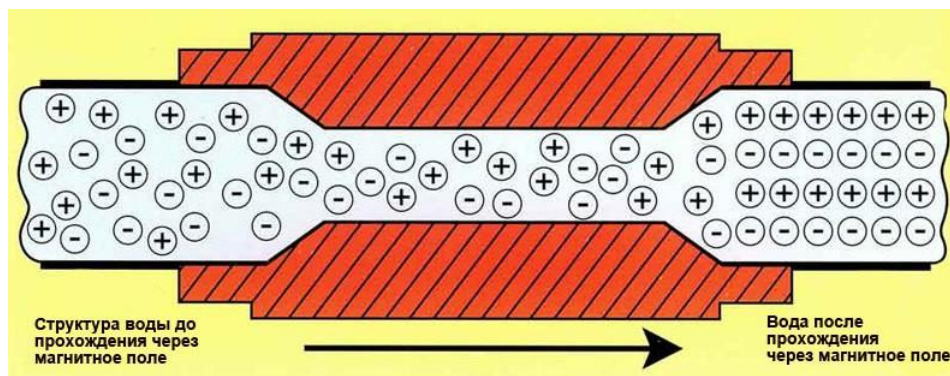


Рис. 2. Магнитная обработка воды

Соли кальция и магния, растворенные в воде, находятся в окружении скоплений молекул воды, которые называются кластерами. При температуре не выше 25 °С ионы кальция и магния не вступают во взаимодействие с другими соединениями, соответственно образование накипи невозможно. При кипячении воды сила притяжения молекул уменьшается, что способствует распаду кластеров на отдельные молекулы.

В процессе магнитной обработки кластеры начинают распадаться уже в холодной воде, после этого примеси, содержащие ионы кальция и магния, могут вступать в соединения с другими примесями, образуя так называемые центры кристаллизации или микрокристаллы. Ионы кальция и магния осаждаются не на трубах и системах отопления в результате нагревания, а на микрокристаллах еще до того, как вода начинает нагреваться.

Вода, полученная в процессе магнитной обработки, сохраняет свой солевой состав и не образует побочных свойств. Обработка магнитным полем достигает следующих эффектов:

- снижается количество накипи, которая образуется при нагревании;
- улучшаются вкусовые качества питьевой воды;
- снижаются затраты на обслуживание систем очистки воды;
- увеличивается срок службы оборудования;
- увеличивается теплоотдача от систем отопления.

Недостатком данной технологии является то, что используемые магниты при нагревании воды выше 120 °С теряют свои магнитные свойства. Поэтому целесообразнее устанавливать приборы для магнитной обработки воды на определенном расстоянии до отопительных систем. Помимо этого, магнитная обработка не обеспечивает полную очистку воды. Еще один недостаток магнитной обработки воды заключается в том, что все соли остаются в воде, поэтому необходима дополнительная очистка для удаления солей.

Жесткая вода содержит ионы кальция (Ca^{2+}) и ионы магния (Mg^{2+}), она вредит экологии и промышленности. Ионы кальция и ионы магния прикрепляются

к трубам, поверхностям, оборудованию или элементам теплообменников, образующая накипь. Это способствует снижению КПД и быстрому выходу из строя промышленного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фрог, Б.Н. Водоподготовка: учеб. пособие для вузов / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М.: Издательство МГУ, 1996. – 680 с.
2. Воронов, В.Н. Химико-технологические режимы АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами: учебное пособие для вузов / В.Н. Воронов, Б.М. Ларин, В.А. Сенина. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 390 с.
3. Гильфанов, Б.А. Очистка сточных вод с применением электромембранных технологий в энергетике / Б.А. Гильфанов // Теплоэнергетика: Пятнадцатая всероссийская (седьмая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конференции: в 6 т. – Иваново: ИГЭУ, 2020. – Т. 1. – С. 8.
4. Гильфанов, Б.А. Водопотребление и водоотведение современных городов / Б.А. Гильфанов // Тинчуринские чтения: Материалы XIV Международной молодежной научной конференции: в 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. – Казань: КГЭУ, 2019. – Т. 2. – Ч. 1. – С. 29–33.
5. Копылов, А.С. Водоподготовка в энергетике: учеб. пособие для вузов / А. С. Копылов, В.М. Лавыгин, В.Ф. Очков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016.

МЕМБРАННЫЙ МЕТОД ПОДГОТОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА: УДАЛЕНИЕ ПАРОВ ВОДЫ И МЕТАНОЛА

Мирошниченко Д.В.^{1,2} – аспирант, мл. науч. сотрудник

*Козлова А.А.*² – канд. хим. наук, науч. сотрудник

*Шалыгин М.Г.*² – канд. хим. наук, вед. науч. сотрудник

*Свицков А.А.*¹ – канд. техн. наук, доцент

*Санегин Д.А.*³ – вед. специалист

¹РХТУ им. Д.И. Менделеева

²ФГБУН ордена Трудового Красного знамени

Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева

Российской академии наук

³ООО «Эс энд Ар Системы»

*АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрен мембранный метод удаления паров воды и метанола при подготовке природного газа. Представлены результаты экспериментального исследования разделения модельной парогазовой смеси $\text{CH}_4/\text{H}_2\text{O}/\text{MeOH}$ состава 89,2/7,2/3,6 % мол. с применением гидрофильной мембраны *Romakon*TM *PM102* в диапазоне температур 40–80 °С.*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мембранное газоразделение, подготовка природного газа, метанол.

ABSTRACT. The paper considers membrane method for removing of water and methanol vapors during conditioning of natural gas. The results of an experimental

study of the separation of a model gas-vapor mixture of CH₄/H₂O/MeOH with composition 89,2/7,2/3,6 % mol. using Romakon™ PM102 hydrophilic membrane in the temperature range 40–80 °C are presented.

KEYWORDS: *membrane gas separation, natural gas preparation, methanol.*

Метан является одним из основных сырьевых компонентов для получения тепло- и электроэнергии, для органического и неорганического синтеза. Источники метана подразделяют на три группы: природные (природный газ, попутный нефтяной газ, газовые гидраты, сланцевый газ и др.), биогенные (биогаз, свалочный газ) и техногенные (сбросные газы технологических производств) [1].

Наиболее обширным источником метана является природный газ, большая часть которого в РФ добывается в холодных климатических районах. Основные запасы природного газа страны сосредоточены на территории Западной Сибири в области вечной мерзлоты, наиболее крупные и известные газовые месторождения: Уренгойское, Ямбургское, Медвежье, Заполярное, Бованенковское [2]. Поскольку газ в пласте находится при высоком давлении и насыщен водой, при его подъеме на поверхность в указанных районах образуются термобарические условия для формирования газовых гидратов, закупоривающих скважины и трубопроводы ледяными пробками. Во избежание образования газовых гидратов на местах добычи в скважину вводят метанол в качестве эффективного ингибитора гидратообразования [3,4].

Доставка природного газа потребителям осуществляется через газопроводную сеть. Во избежание образования конденсата и коррозии трубопроводов природный газ должен быть подготовлен согласно требованиям СТО Газпром 089-2010, указанным в табл. 1.

Таблица 1

Требования и нормы, предъявляемые к газу для транспортировки по магистральным трубопроводам

Наименование показателя	Значение для макроклиматических районов				Метод испытания
	Умеренный		Холодный		
	с 01.05 по 30.09	с 01.10 по 30.04	с 01.05 по 30.09	с 01.10 по 30.04	
1	2	3	4	5	6
1. Точка росы газа по влаге, °С, не выше	-3	-5	-10	-20	По ГОСТ 20060
2. Точка росы газа по углеводородам, °С, не выше	0	0	-5	-10	По ГОСТ 20061
3. Температура газа, °С	Температура газа на входе и в самом газопроводе устанавливается проектом				

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
4. Масса сероводорода, г/м ³ , не более	0,007	0,007	0,007	0,007	По ГОСТ 22387.2
5. Масса меркаптановой серы, г/м ³ , не более	0,016	0,016	0,016	0,016	По ГОСТ 22387.2
6. Объемная доля кислорода, %, не более	0,5	0,5	1,0	1,0	По ГОСТ 23781
7. Теплота сгорания низшая, МДж/м ³ , при 20 °С и 101,325 кПа, не менее	32,5	32,5	32,5	32,5	По ГОСТ 22667
8. Масса механических примесей и труднолетучих жидкостей	Условия оговариваются в соглашениях на поставку газа с ПХГ, ГПЗ и промыслов				–

Главными показателями качества товарного природного газа являются содержание метана и конденсируемых компонентов – паров воды и углеводородов C₃₊, поэтому особое внимание уделяется температурам точки росы для этих компонентов (ТТР_В и ТТР_{УВ}) в соответствии с макроклиматическими районами и временем года.

Для подготовки газа в промышленности применяются абсорбционные, адсорбционные методы, низкотемпературная сепарация, низкотемпературная конденсация, мембранное разделение. К недостаткам абсорбционного метода относят большие габариты и металлоемкость, заметные потери абсорбента. Недостатками адсорбционного метода являются периодичность процесса, высокая стоимость специализированной запорной арматуры, снижение емкости адсорбента и его деградация в процессе эксплуатации. Основным недостатком метода низкотемпературной сепарации является падение давления газового потока при дросселировании. Недостатком низкотемпературной конденсации является необходимость достижения низких температур за счет подведения внешнего холода, что является причиной дополнительных энергетических и экономических затрат.

Мембранная технология представляется выгодной альтернативой применяемым методам и лишена вышеперечисленных недостатков. В предлагаемом процессе сохраняется давление исходного потока, что минимизирует расходы на оборудование и электроэнергию для дожимных компрессорных станций. Отсутствие реагентов, непрерывность процесса, модульность, компактность, мобильность, простота эксплуатации также являются несомненными преимуществами данного метода.

К недостаткам можно отнести снижение селективности и неустойчивость в присутствии углеводородов C₃₊ многих мембранных материалов, что существенно сужает их выбор.

Поскольку самый большой риск загрязнения окружающей среды метанол представляет при его транспортировке на газодобывающие предприятия, с экологической и экономической точек зрения метанол выгодно извлекать при подготовке природного газа и регенерировать для возможности его повторного использования. В связи с этим предлагается двухстадийная схема: на первой стадии происходит удаление паров воды и метанола из исходного газового потока; на второй – удаление конденсируемых УВ. Блок-схема предлагаемого мембранного процесса подготовки природного газа представлена на рис. 1.

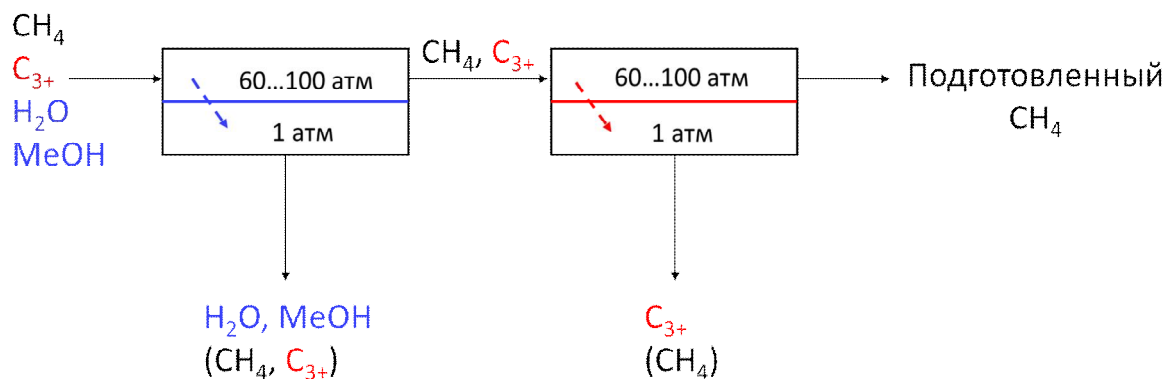


Рис. 1. Блок-схема процесса подготовки природного газа с применением мембранного метода

На первой стадии происходит удаление паров воды и метанола, поэтому для этой цели предлагается в первую очередь рассмотреть использование гидрофильных мембран. В связи с этим в качестве объекта исследования была выбрана первапорационная гидрофильная ассиметричная мембрана марки RomakonTM PM102 (производство ООО «Эс энд Ар Системы», Россия) на основе полигетероарилена. Структура образца исследуемой мембраны представлена на рис. 2.

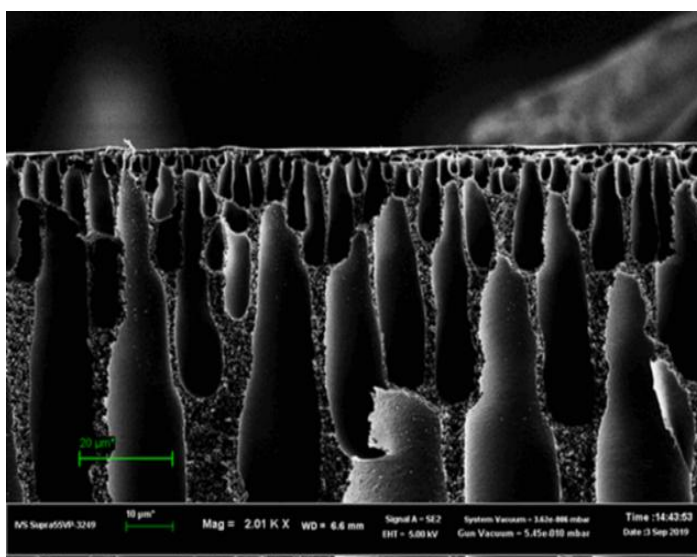


Рис. 2. Снимок СЭМ образца мембраны RomakonTM PM102

Эксперименты по исследованию проницаемости паров выполнены на модифицированной лабораторной установке измерения газопроницаемости мембран (рис. 3).

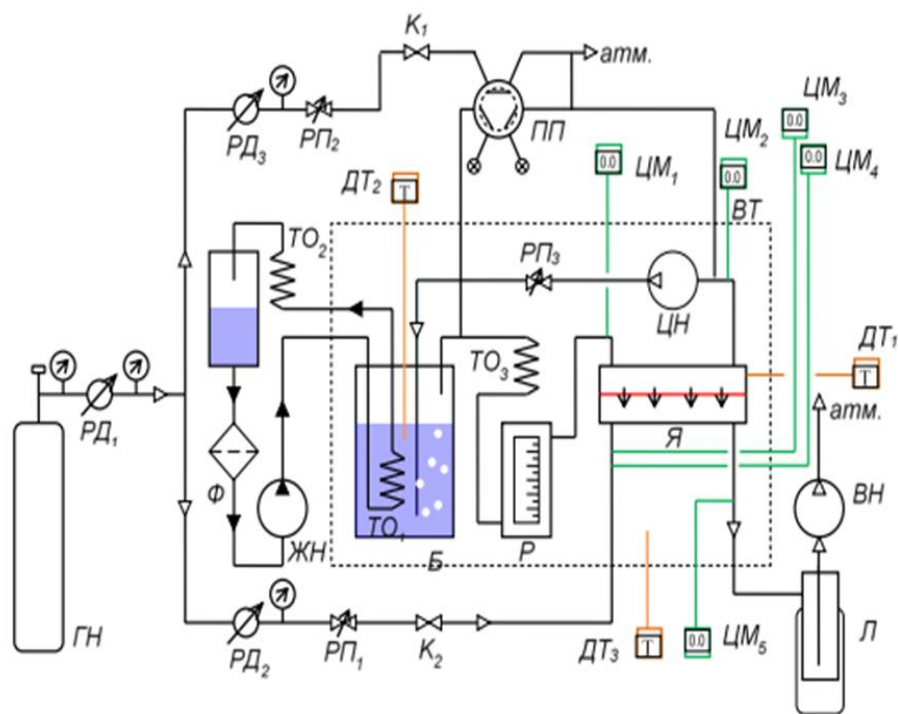


Рис. 3. Схема экспериментальной лабораторной установки для измерения проницаемости паров: Б – барботер; К – кран; ВН – вакуумный насос; ВТ – воздушный термостат; ГН – баллон с газом-носителем; ДТ – датчик температуры; ЖН – жидкостный насос; Л – ловушка паров; ПП – переключатель потока; Р – ротаметр; РД – регулятор давления; РП – регулятор потока; ТО – теплообменник; ЦМ – цифровой манометр; ЦН – циркуляционный насос; Я – ячейка с мембраной

Экспериментально были исследованы транспортные и селективные характеристики мембраны Romakon™ PM102 при разделении модельной тройной парогазовой смеси $\text{CH}_4/\text{H}_2\text{O}/\text{MeOH}$ состава 89,2/7,2/3,6 % мол. соответственно в диапазоне температур 40–80 °С. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты эксперимента образца мембраны Romakon™ PM102

Проницаемость Q, л (н. у.) / (м ² ·ч·атм)	Температура Т _{эксп} , °С	CH ₄	MeOH	H ₂ O	A	A
		(98,2 % мол.)	(3,6 % мол.)	(7,2 % мол.)	(H ₂ O/CH ₄)	(MeOH/CH ₄)
	40	22	74	6500	292	3,3
	50	22	92	5680	257	4,2
	60	21	104	5450	263	5,0
	70	27	106	5560	206	4,0
	80	33	123	5430	165	3,7

Полученные данные показывают, что значения селективности $\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4$ сохраняют очень высокий уровень во всем температурном диапазоне, в то же время значения селективности MeOH/CH_4 значительно меньше. Температурная зависимость селективности $\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4$ демонстрирует монотонное снижение с ростом температуры, температурная зависимость селективности MeOH/CH_4 имеет максимум при температуре около 60°C . При этом селективность $\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4$ незначительно отличается от максимальной при данной температуре, что позволяет сделать вывод об оптимальности данных условий при проведении технологического процесса с использованием выбранной мембраны.

Таким образом, на первой стадии подготовки ПГ, помимо обеспечения требований по $\text{TTR}_\text{в}$, мембрана RomakonTM PM102 одновременно позволяет обеспечить извлечение метанола для возможности его повторного использования. В случае необходимости более эффективного извлечения метанола требуется поиск мембран с большей селективностью MeOH/CH_4 . В перспективе также возможно рассмотрение применения гибридных технологий (мембранной технологии в сочетании с традиционными методами подготовки газа) для оптимизации показателей процесса подготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поконова, Ю.В. Практическая химия нефти и газа / Ю.В. Поконова; под ред. З.И. Суняева. – Л.: Химия, 2004. – 156 с.
2. Давыдова, Е.С. Крупнейшие, гигантские и уникальные месторождения свободного газа Западной Сибири результаты поисков, разведки и освоения, перспективы новых открытий / Е.С. Давыдова, О.Г. Кананыхина, Е.Д. Ковалёва // Вести газовой науки. – 2014. – С. 77–81.
3. Российская газовая энциклопедия. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2004. – 527 с.
4. Истомин, В.А. Технологии предупреждения гидратообразования в промышленных системах: проблемы и перспективы / В.А. Истомин, Р.М. Минигулов, Д.Н. Грицишин, В.Г. Квон // Газохимия. – 2009. – № 6. – С. 32–40.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ТЭС С УЧЕТОМ ПАРАМЕТРОВ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Чумаков Н.Г., Перелыгин Т.В. – магистранты

Одоевцева М.В. – канд. техн. наук, доцент

Афонин А.В. – доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье представлена расчетная модель прогнозирования планово-предупредительного ремонта конденсатора паровых турбин в зависимости от показателей водно-химического режима энергоблока в целом.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водно-химический режим, водоподготовка, КПД, конденсатор.

ABSTRACT. The article presents a computational model for predicting the planned preventive repair of a steam turbine condenser depending on the indicators of the water-chemical regime of the power unit as a whole.

KEYWORDS: water chemical regime, water treatment, efficiency, condenser.

В процессе работы турбоустановки возможно падение вакуума, причем падение вакуума может быть как постепенным, так и резким (срыв вакуума). Постепенное снижение вакуума может быть вызвано следующими причинами:

- а) загрязнением поверхности охлаждения конденсатора;
- б) уменьшением подачи охлаждающей воды в конденсатор;
- в) повышением температуры охлаждающей воды;
- г) нарушением воздушной плотности вакуумной системы установки;
- д) нарушением нормальной работы воздухоудаляющих устройств.

В общем случае для конкретной турбины чем меньше давление в конденсаторе, тем выше мощность и КПД при неизменном расходе пара на турбину. Повышение давления в конденсаторе снижает эффективность работы турбины. Для предотвращения аварий, вызванных значительным повышением давления в конденсаторе, турбоагрегаты оснащаются автоматической защитой, отключающей турбину при ухудшении вакуума до определенного значения. Уменьшение давления в конденсаторе при определенной температуре воды связано с увеличением пропуска циркуляционной воды и расхода энергии на привод циркуляционных насосов.

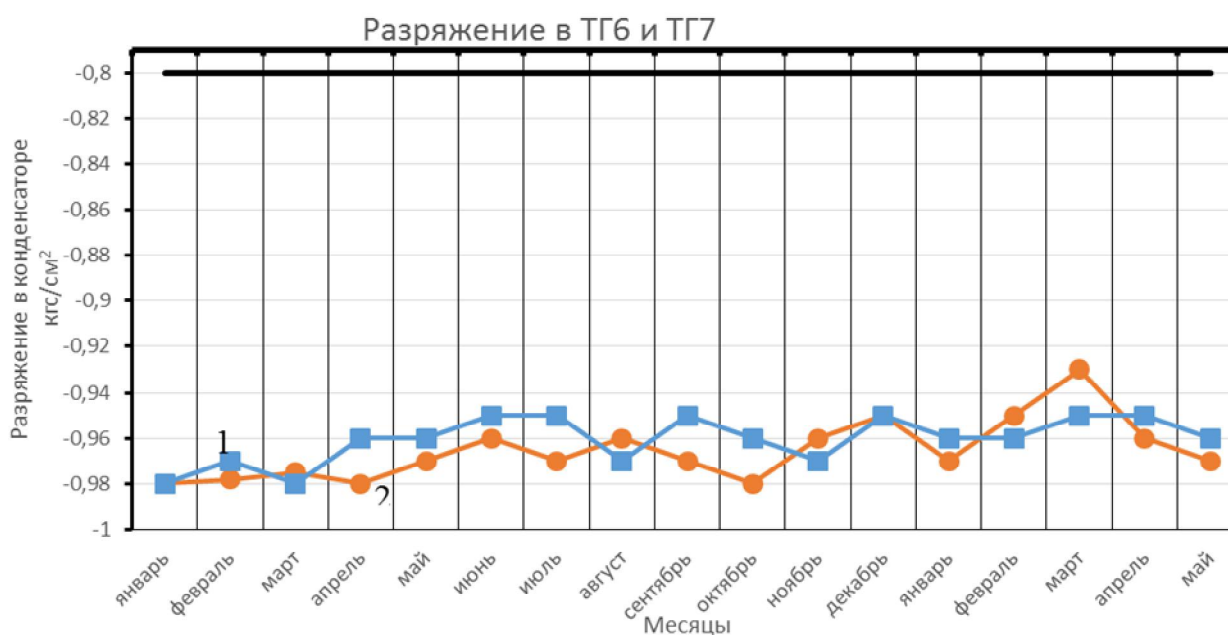


Рис. 1. Сравнение разряжения в конденсаторе от величины нагрузки турбоагрегатов 6 и 7 в штатном режиме: 1 – ТГ6, 2 – ТГ7

На графике рис. 1 можно наблюдать примерно одинаковое разряжение в конденсаторах турбин, разница значений обусловлена различной нагрузкой каждой турбины. Допустимый предел разряжения в конденсаторе $0,8 \text{ кгс/см}^2$.

На рис. 2, 3 представлены графики изменения разряжения в конденсаторе ТГ6 по месяцам. Они показывают скорость нарастания дефекта, а также то, через какой момент времени будет достигнуто минимальное допустимое разряжение в конденсаторе, то есть сколько времени можно не выводить систему в ремонт, для того чтобы можно было подготовиться к ремонтным работам.

Разряжение в конденсаторе описывается уравнением:

$$y = 0,0001 \cdot x^3 - 0,0027 \cdot x^2 + 0,019 \cdot x - 1,0046. \quad (1)$$

Коэффициент корреляции $R^2 = 0,9648$.

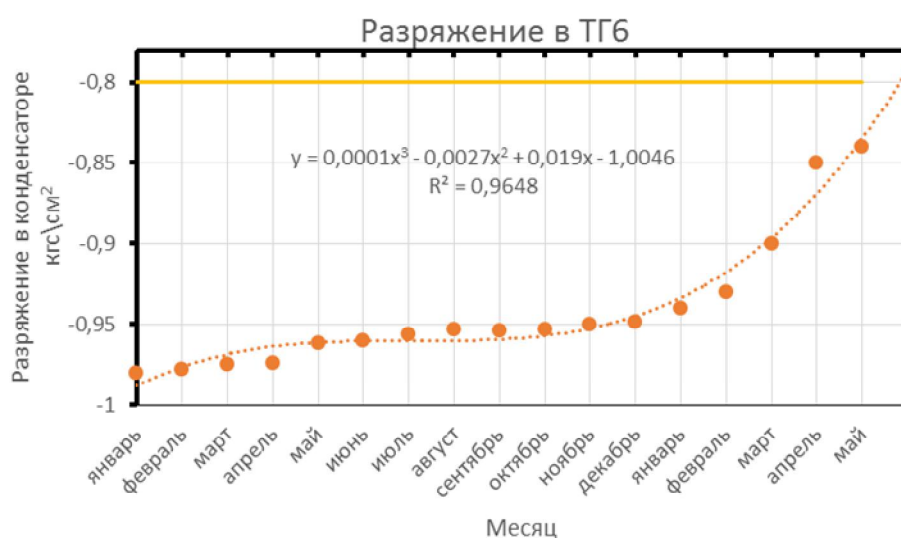


Рис. 2. Разряжение в конденсаторе ТГ6

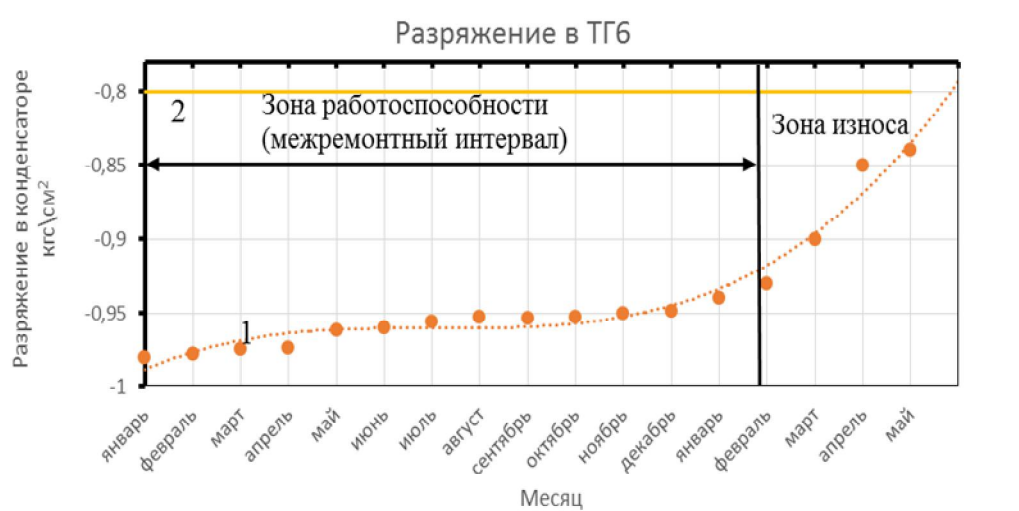


Рис. 3. Определение срока проведения ППР (планово-предупредительных работ):
 линия 1 – разряжение в конденсаторе, кгс/см^2 ;
 линия 2 – минимально допустимое разряжение, кгс/см^2

Ухудшение вакуума на ТГ6 связано с ухудшением водно-химического режима и неплотным встроенным пучком. Для полной картины фактического состояния оборудования в данном случае необходимо проводить мониторинг различных параметров. Одним из важных показателей работающего блока или комплекса «котел – турбина» является разряжение в конденсаторе. Согласно этому графику, отсутствует проявление случайных дефектов или отказов в виде порывов труб. Это связано с естественным загрязнением внутренней поверхности трубок, и при достижении определенного критического параметра необходимо проводить профилактическое обслуживание.

Экстраполируя полученные данные, можно рассчитать эволюцию развития дефекта и определить критический срок состояния оборудования. Согласно полученным данным, можно прогнозировать достаточную степень надежности эксплуатации конденсатора и перевести его в ремонт на 3–4 месяца от срока ППР. Техническое обеспечение ППР базируется на том, что, имея статистические данные истории отказов оборудования и зная характеристики развития процессов изнашивания, можно определить и установить срок эксплуатации (межремонтный интервал), при котором вероятность интенсивного износа и отказов мала.

На основании данных, полученных со станции в октябре 2019 года, можно сделать вывод о скачкообразном падении разряжения (рис. 4). При проверке было обнаружено, что в это же время увеличился показатель жесткости конденсата (рис. 5), содержание кислорода и электропроводность конденсата (рис. 6). В таком случае можно однозначно определить возникший дефект в конденсаторе – нарушение герметичности встроенного пучка, которое привело к попаданию воды из оборотной системы охлаждения.

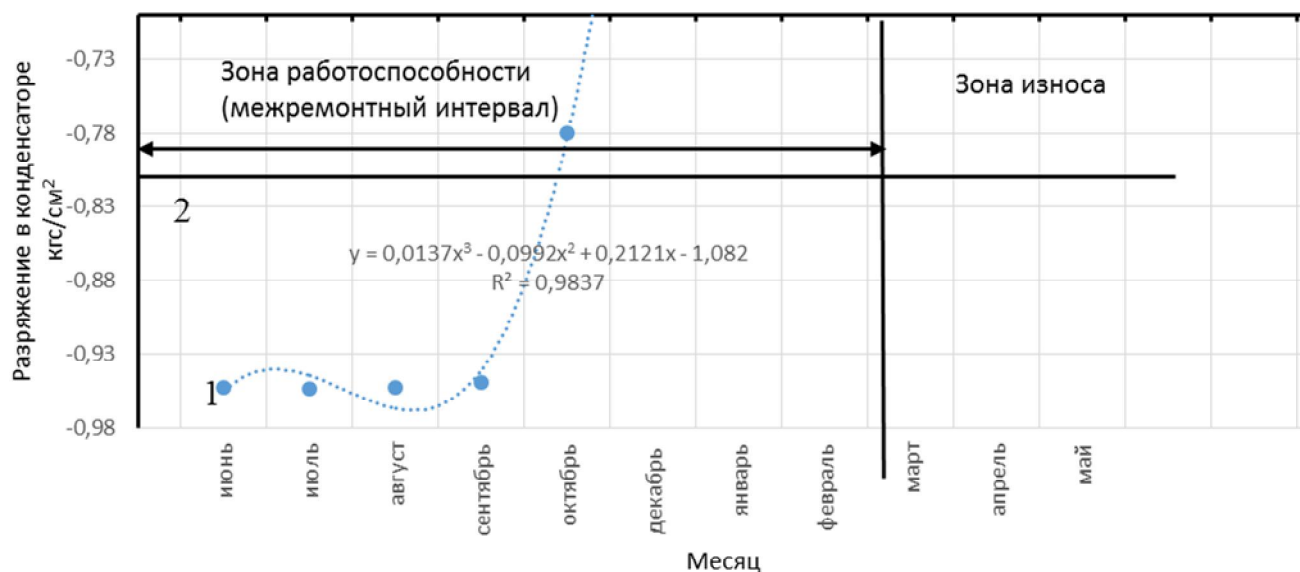


Рис. 4. Резкое изменение разряжения конденсатора

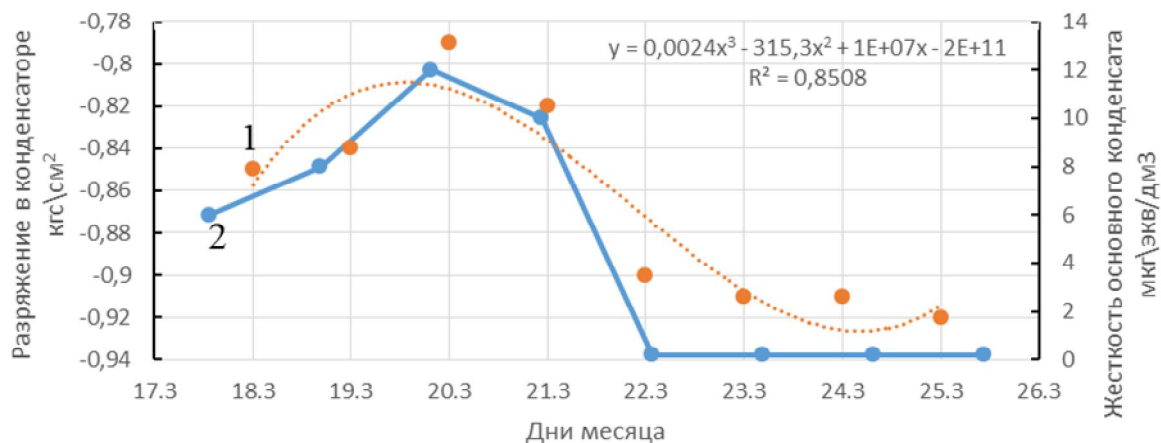


Рис. 5. Изменение разрядки и жесткости:
1 – разрядка в конденсаторе; 2 – жесткость конденсата

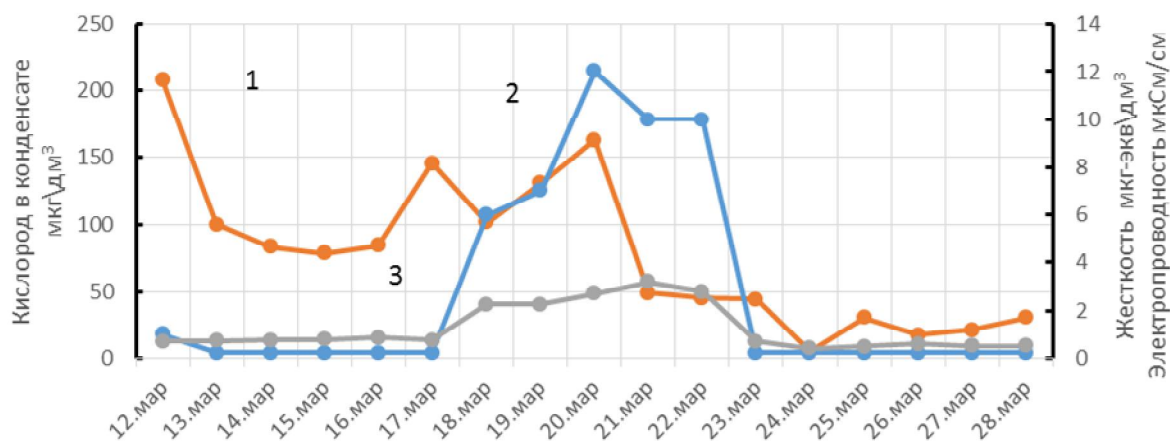


Рис. 6. Характер изменения технологических параметров конденсата:
1 – кислород; 2 – жесткость; 3 – электропроводность

Причина ухудшения качества конденсированного пара после конденсатора кроется во встроенном пучке конденсатора. Забросы оборотной воды ухудшали качество основного конденсата. Из-за неплотностей дренажей понижалось разрядка в конденсаторе и увеличивалась жесткость основного конденсата. Изменение степени разрядки в конденсаторе в течение заданного времени аналогичны изменению жесткости сконденсированного пара.

Увеличение жесткости конденсата свидетельствует об ухудшении работы системы и влияет на разрядка в конденсаторе, поэтому очень важно проанализировать эволюцию развития дефекта и предусмотреть отказ, к которому может привести данный дефект.

Уравнение разрядки в конденсаторе (рис. 4):

$$y = 0,0024 \cdot x^3 - 315,3 \cdot x^2 + 0,0007 \cdot x + 0,0011. \quad (2)$$

Коэффициент корреляции $R^2 = 0,8508$.

Резкий скачок на графике (рис. 4) показывает, что произошло нарушение герметичности системы трубок, а значит, обратная вода попадает в межтрубное пространство в конденсаторе. Увидев такое изменение параметра, однозначно можно диагностировать нарушение герметичности трубки и выдать рекомендации о проведении профилактического технического обслуживания конденсаторов.

В этом случае открываются люки конденсатора, определяются трубки, которые оказались неплотными, проводится опрессовка, и они глушатся. На каждый тип конденсатора существует предел по допустимому количеству труб, которые можно глушить. В данном случае – до 15 % от общей площади. Это занимает около двух суток, и конденсатор может дальше продолжать работать в обычном режиме. Если это происходит в зимний период, когда температура окружающей среды низкая, охлаждение в градирне происходит достаточно быстро до низких температур, и на работу системы котлотурбинных установок в общем никак не сказывается.

С понижением давления и температуры отработавшего в турбине пара уменьшается количество теплоты, передаваемой холодному источнику, что при неизменных параметрах свежего пара повышает мощность турбины (за счет увеличения теплоперепада на нее) и экономичность цикла в целом при изменении давления за турбиной на 1 кПа (0,01 кгс/см²).

Анализ двух ситуаций, связанных с изменением параметров работы конденсатора, показывает, что актуально использование современных методов диагностики как функциональных, так и тестовых. Это позволяет на раннем этапе определить вид дефекта, причины его возникновения. Полученные статистические модели обеспечивают экстраполяцию производственных данных, что позволяет определить срок, показать срок критического состояния оборудования и выдать рекомендации по устранению дефекта и причин ведущих к его возникновению.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. М.А. Аргин, И.В. Комарова, Н.К. Галкина, И.М. Закова и др. // Атомная энергия. – 1985. – Т. 59. – С. 137–138.
2. Стерман, Л.С., Химические и термические методы обработки воды на ТЭС / Л.С. Стерман, В.Н. Покровский. – М.: Энергия, 1981. – 243 с.
3. Козюлина, Е.В., Ларин, Б.М., Опарин, М.Ю. и др. Промышленные испытания методики расчета примесей конденсата и питательной воды барабанного котла СВД // Вестник ИГЭУ. – 2002. – Вып. 1. – С. 47–51.

РЕАГЕНТНО-МЕМБРАННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ДЛЯ УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ

Со Тхурейн – аспирант

Лин Маунг Маунг – докторант

Свиццов А.А. – канд. техн. наук, доцент

РХТУ им. Д.И. Менделеева

АННОТАЦИЯ. В докладе представлены результаты экспериментов по умягчению воды методом реагентно-мембранного разделения. Показано, что метод обеспечивает селективное выделение ионов жесткости и открывает возможность разработки экспресс-теста ингибиторов выпадения солей жесткости.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: умягчение воды, мембрана, золь, осадительный реагент.

ABSTRACT. The report presents the results of experiments on water softening by the reagent-membrane separation method. It is shown that the method provides selective isolation of hardness ions and opens up the possibility of developing a rapid test of inhibitors of precipitation of hardness salts.

KEYWORDS: water softening, membrane, sol, precipitation reagent.

Жесткость воды в теплоэнергетике продолжает оставаться проблемой, несмотря на ряд широко используемых технологий умягчения. Все их можно разделить на две группы: первая – ингибирование выпадения солей жесткости; вторая – предотвращение выпадения солей жесткости за счет вывода из воды ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Ингибирование, то есть замедление образования твердой фазы в виде малорастворимых солей этих ионов-карбонатов и сульфатов, обеспечивают введением в воду специально синтезированных растворимых веществ – анти-скалантов. Сегодня на рынке доступно множество таких веществ, и в каждом конкретном случае технологу предстоит выбрать лучшие. Выбор основан либо на рекомендациях производителей, то есть на малонадежных рекламных материалах, либо на результатах испытаний, которые всегда длительны и дорогостоящи. Физико-химический механизм действия ингибиторов не установлен, поэтому для каждого нового объекта следует провести испытания. Отсюда насущным является требование разработать экспресс-метод оценки и сравнения ингибиторов [1].

Вывод ионов жесткости из воды осуществляют разными методами – ионным обменом, реагентным осаждением, мембранной нанофильтрацией. В этом, собственно, часто и заключается суть водоподготовки. С точки зрения пользователя, водоподготовку желательно проводить с минимальным введением реагентов, с минимальным образованием вторичных отходов и минимальной стоимостью. Надо отметить, что ингибирование выпадения жесткости имеет ограничение

по начальному содержанию ионов жесткости, что лимитирует степень конверсии воды в процессе водоподготовки.

Неустранимые недостатки присущи и перечисленным методам умягчения воды. Мембранная нанофильтрация не обеспечивает высокую степень умягчения, ионный обмен и реагентная обработка требуют 2–3-кратного превышения над стехиометрическим расходом реагентов и сопровождаются образованием большого количества отходов или засолением воды [2].

Эти обстоятельства и обусловили нашу разработку гибридного метода, который мы назвали реагентно-мембранным. По нашему мнению, он решает проблемы ингибирования, и умягчения. Реагентно-мембранное разделение (РМР) заключается в предварительной химической модификации разделяемой смеси путем добавления в нее реагента, селективно взаимодействующего с целевым компонентом смеси. Понятно, что метод РМР имеет значительно более широкое применение, чем только умягчение воды, прежде всего в области очистки сточных вод, когда из воды достаточно вывести лишь токсичный компонент.

Добавляемым реагентом может быть комплексон, высокомолекулярный ионообменник, адсорбент, экстрагент, осадитель, то есть вещество, которое только с целевым компонентом смеси образует наноразмерный ассоциат. Таким образом, модифицированный исходный раствор может остаться гомогенным, но может превратиться в гетерогенную коллоидную смесь. Такая смесь не разделяется традиционными методами (фильтрованием, отстаиванием, центрифугированием или флотацией), поэтому малоинтересна для технологов, но она легко разделяется мембранными методами – ультрафильтрацией и даже микрофильтрацией [3].

Задачи, связанные с умягчением воды, мы решали осадительным вариантом РМР. Целевыми компонентами исходной смеси являются ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , для их ассоциирования мы выбрали ионы PO_4^{3-} в виде соединений тринатрий-фосфата и фосфорной кислоты. Это обусловлено очень низкими значениями величин произведений растворимости: $\text{IP Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 2,0 \cdot 10^{-29}$, $\text{IP Mg}_3(\text{PO}_4)_2 = 1,0 \cdot 10^{-13}$.

Важным это обстоятельство является по следующим причинам. Процесс кристаллизации любых веществ из растворов до сих пор остается загадкой, хотя последовательность стадий этого процесса общепринята. Рассматривая ее в термостатических условиях, можно проиллюстрировать это следующей диаграммой (рис. 1).

В конечном кристалле сохраняется стехиометричность вещества, то есть дегидратация ионов на первой стадии приводит сначала к появлению молекул вещества в растворе, а затем – к строительству зародышей из этих молекул. Общепринято считать, что в первичном ассоциате-зародыше группируется от 100 до 400 молекул вещества.

Мы показали, что в конце третьей стадии содержание реагента-осадителя достигает стехиометрического количества, то есть все ионы жесткости находятся в молекулярной форме в составе зародышей (рис. 2).

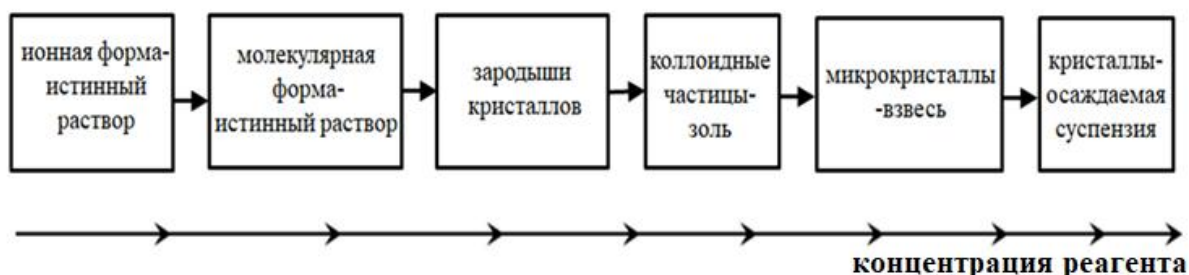


Рис. 1. Стадии процесса перевода гидратированных ионов в осаждаемые кристаллы по мере добавления осадителя

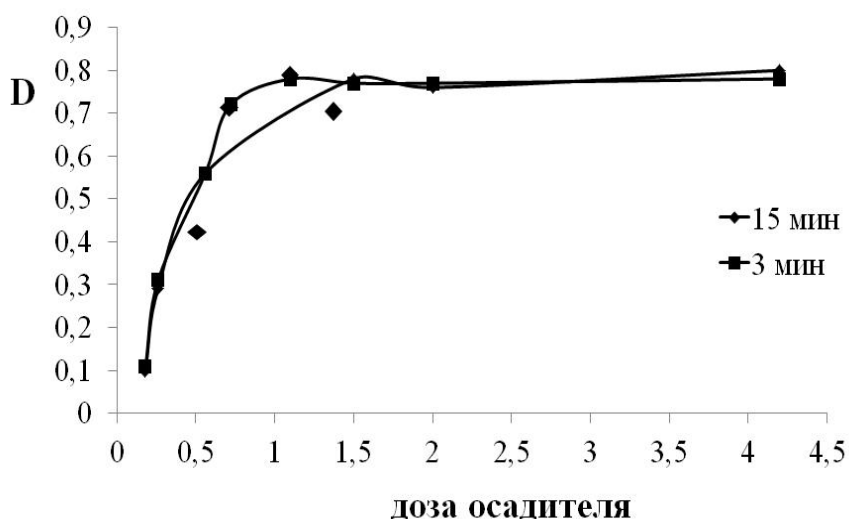


Рис. 2. Зависимость оптической плотности смеси от содержания реагента-осадителя

Методически эта зависимость строилась следующим образом. Исходной смесью являлась высокоминерализованная природная вода следующего состава: Na^+ – 256,5 мг-экв/л (5900 мг/л); Ca^{2+} – 20,0 мг-экв/л (400 мг/л); Mg^{2+} – 16,5 мг-экв/л (200 мг/л); Cl^- – 293 мг-экв/л (10 300 мг/л); общая жесткость – 36,5 мг-экв/л; pH – 6,7.

Реагентом-осадителем был выбран Na_3PO_4 , который добавлялся в исходную смесь в виде концентрированного раствора при интенсивном перемешивании. Единичная доза осадителя соответствовала стехиометрическому количеству ионов PO_4^{3-} . Далее смесь выдерживалась при перемешивании (индукционный период) для полного завершения химической реакции, а затем измерялась оптическая плотность (D) смеси на фотоэлектрическом колориметре КФК-3 МП при длине волны 600 нм.

Уже при единичной дозе реагента достигается максимальная величина D , что говорит о полном связывании ионов жесткости в твердофазные ассоциаты.

Важно отметить, что образовавшаяся коллоидная система агрегативно устойчива – в течение суток не наблюдается расслоения и сгущения осадка. Такое состояние системы называется золь.

Пересыщение раствора приводит к наблюдаемому выпадению осадка, что и является регламентным требованием при реагентном умягчении воды (обычная доза реагента $1,8 \pm 0,2$). Весь избыток реагента остается в умягченной воде после отделения осадка.

Умягченная вода получится, если образовавшийся золь подвергнуть мембранному разделению. Учитывая размер частиц золя (на два порядка больше размера молекулы), полное их задержание может быть достигнуто на микрофильтрационных мембранах (размер пор больше $0,05$ мкм). Эксперименты проводились на лабораторной установке с трубчатыми пористыми мембранами из керамики ($Al_2O_3-TiO_2$), изготовленными в компании ООО «Керамикфильтр» (рис. 3).

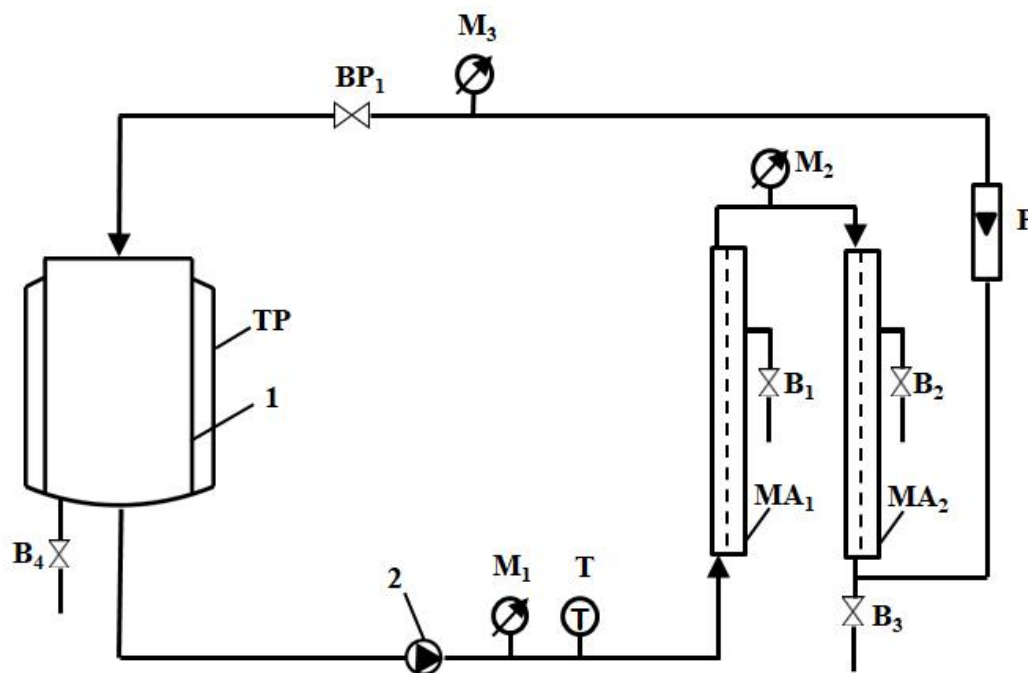


Рис. 3. Схема экспериментальной мембранной установки: 1 – емкость с исходным раствором; 2 – насос шнекового типа; МА₁, МА₂ – мембранные аппараты; М₁–М₃ – манометры; В₁–В₄ – вентили запорные; ВР₁ – вентиль регулирующий; Р – ротаметр на линии концентрата; Т – термометр; ТР – термостатирующая рубашка

Опыты проводились в проточном циркуляционном режиме при линейной скорости потока в трубках $1,5$ м/с. На рис. 4 показано, как изменялась жесткость пермеата (мембранного фильтрата) от дозы реагента-осадителя. Из рис. 4 видно, что мембрана полностью задерживает наночастицы ассоциатов, остаточная жесткость пермеата меньше $2,0$ мг-экв/л.

Циркуляционный режим разделения с постоянным отводом пермеата позволяет снять зависимость проницаемости мембраны от степени концентрирования модифицированной исходной смеси. Концентрируются только зольные твердофазные частицы солей $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Как было установлено, мембраны задерживают их на 100 %, поэтому степень уменьшения объема концентрата равна степени концентрирования. В эксперименте показано, что при начальной концентрации частиц твердой фазы 1,75 г/л и степени концентрирования, равной 45, проницаемость мембран практически не изменилась и оставалась на уровне 300 л/м²час.

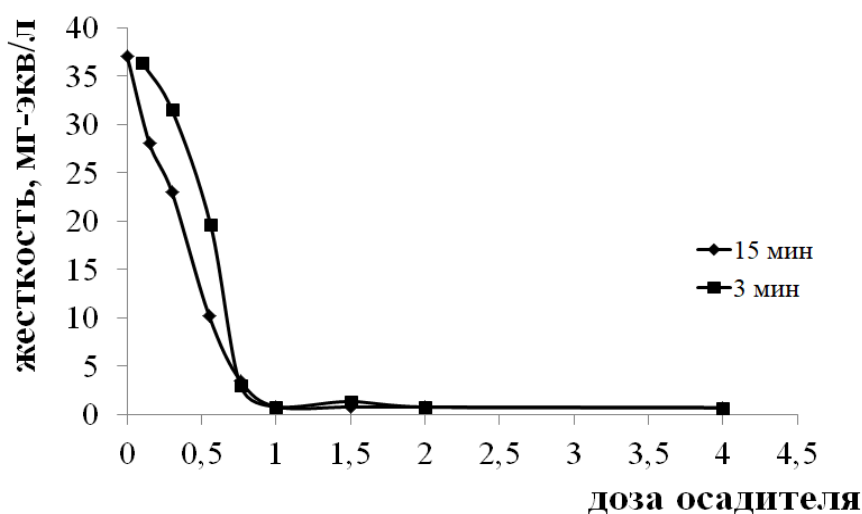


Рис. 4. Зависимость остаточной жесткости пермеатов от дозы осадителя

Как мы уже отмечали, использование ингибиторов замедляет процесс кристаллизации солей жесткости. В природной воде в твердую фазу переходят карбонаты кальция и магния за счет поглощения водой углекислого газа из воздуха. Особенно это заметно при концентрировании раствора, что непременно происходит в процессе водоподготовки обратным осмосом или дистилляцией.

К карбонатной кристаллизации применимы те же рассуждения о стадиях формирования твердой фазы, что и к фосфатной. Предлагаемая нами методика экспресс-теста ингибиторов заключается в следующем.

1. В раствор с установленным содержанием ионов жесткости вводится стехиометрическое количество карбонат-ионов в виде соды Na_2CO_3 . После индукционного периода (выдерживания при перемешивании) измеряется оптическая плотность образовавшегося золя.

2. Эта же процедура повторяется на промежуточных концентратах исходного раствора, которые образуются при обратноосмотическом или дистилляционным получением обессоленной воды. Концентраты моделируются приготовлением растворов с постепенно повышающимся содержанием задерживаемых мембраной компонентов.

3. Строится графическая зависимость оптической плотности D образующихся зелей от коэффициента концентрирования $K_k = C_k/C_0$.

4. Во все пробы, используемые для построения зависимости, вносится определенная стехиометрией доза выбранного для испытаний ингибитора, и таким же образом строится параллельная зависимость D от K_k . Соответственно, то же повторяется с каждым ингибитором.

Пример построения таких зависимостей представлен на рис. 5.

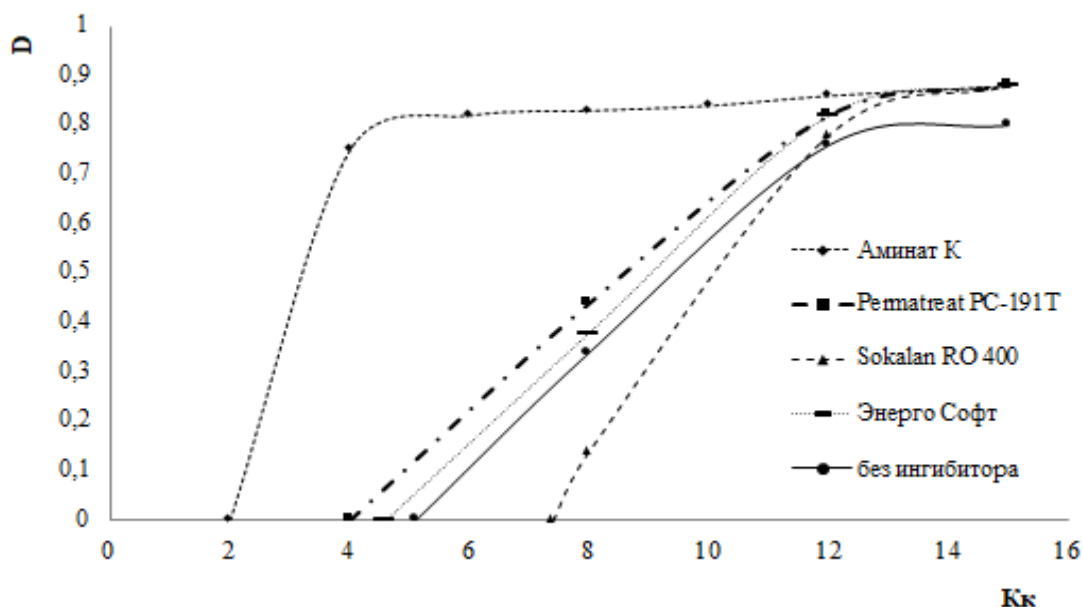


Рис. 5. Зависимости оптической плотности зелей от коэффициента концентрирования с различными ингибиторами

Видно, что все ингибиторы оказывают тормозящее действие на появление твердой фазы, и более эффективным является препарат Sokalan RO 400.

Представленный материал дает основание считать продуктивным изменение состояния целевых компонентов раствора с ионных до коллоидных, что обеспечивает их легкую идентификацию и селективное выделение из смеси при использовании пористых мембран.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябчиков, Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Б.Е. Рябчиков. – М.: ДеЛи Принт, 2004. – 302 с.
2. Турицын, М.В., Любишева, Е.А. Способы умягчения воды в промышленности / М.В. Турицын, Е.А. Любишева // Аллея науки. – 2018. – Т. 7. – № 5 (21). – С. 529–537.
3. Свитцов, А.А. Мембранное разделение смесей / А.А. Свитцов. – М.: ТД ДеЛи, 2020. – 262 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ РАСТВОРЕННЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ МЕТОДОМ СПЕКТРОФОТОМЕТРИИ

Дегтярь А.С. – инженер проектов водоподготовки
Смирнов А.А. – начальник технологического отдела
Смирнов В.Б. – канд. хим. наук, зам. техн. директора
АО «НПК Медиана-Фильтр»

АННОТАЦИЯ. В данной статье представлены результаты эксперимента по разработке экспресс-методики определения общего содержания растворенных органических веществ в природных водах методом спектрофотометрии и нахождения корреляции между значениями химического потребления кислорода (ХПК) и коэффициентом поглощения света образцами природных вод в УФ-области (254 нм), который можно использовать на практике при проектировании систем водоподготовки и водоочистки, а также для контроля и управления ВХР эксплуатирующихся систем.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: растворенные органические вещества, химическое потребление кислорода, спектрофотометрия, общий органический углерод, окисляемость, водные источники.

ABSTRACT. This paper presents the results of an experiment to develop a methodology to estimate dissolved organic carbon (DOC) content. During the experiment, special attention was paid to the DOC found in natural water sources. The spectrophotometry method and correlation coefficient calculation between chemical oxygen demand and UV absorption of source water were used in the experimental procedure. This methodology can be used in water treatment systems design in the future as well as in the current systems operation and water chemistry monitoring.

KEYWORDS: dissolved organic carbon, chemical oxygen demand, spectrophotometry, total organic carbon, oxidation, water sources.

Количество и разнообразие органических веществ в природных водоемах и сточных водах зависят от многих факторов: флора в водоеме, температура воды, воздействие солнечного света, проточность водоема, состав и объем направляемых в водоем отходов и др. Также следует учитывать, что значения ХПК и ООУ (общего органического углерода) в одну и ту же дату в разных точках отбора может отличаться. Выше всего концентрация органических соединений на поверхности водоема, так называемая «органическая пленка» [1]. Непосредственное определение концентрации индивидуальных органических веществ в воде затруднительно, поэтому содержание их принято характеризовать косвенным путем, определяя окисляемость воды с применением в качестве окислителей перманганата или бихромата калия и выражая в мгО₂/дм³ – химическое потребление кислорода. Другим показателем непрямого определения органических веществ является «общий органический углерод»

(ООУ) ТОС (TotalOrganicCarbon) [2], выражается в мг/дм³ углерода ¹²C. ТОС измеряют как концентрацию углекислого газа, полученного окислением пробы.

ХПК является важным показателем при проектировании систем водоподготовки и водоочистки. На основании этого значения разрабатывается технологический процесс очистки и предусматривается необходимое оборудование. ООУ удобно использовать для онлайн-контроля в процессе эксплуатации оборудования для контроля отклонений в работе системы.

Растворенные органические соединения способны оказывать негативное воздействия на установки мембранного типа путем осаждения на поверхностях мембран, внутренних поверхностях трубопроводов. ХПК определяют в лаборатории, техника проведения анализа такова, что для получения результата требуется несколько часов. ООУ возможно определить двумя способами: лабораторным или с помощью экспресс-метода с применением датчика-анализатора, измеряющего значение ООУ в потоке среды в режиме онлайн. Следует отметить, что приборы для определения ООУ имеют высокую стоимость.

Другим экспресс-методом определения содержания органических веществ может стать спектрофотометрия пробы воды в УФ-области. Известно, что большинство органических соединений поглощают свет в УФ-диапазоне излучения с длиной волны от 250 нм до 280 нм [3]. В англоязычной литературе этот метод носит название Specific UV absorbance (SUVA). Суть метода заключается в определении корреляции между значением поглощения УФ-излучения пробой воды, содержащей органические соединения с процентным содержанием ароматических соединений, которые были определены с помощью ядерного магнитного резонанса [4]. Похожим способом нахождения содержания РОС (растворенных органических соединений) занимался НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды. В основе их исследований было также нахождение зависимости между значениями поглощения в УФ-области спектра и значениями содержания ООУ в сточных водах [3]. Для получения корреляции использовались значения, полученные на различных очистных сооружениях в различных городах РФ. Аналогичных данных по спектрофотометрическому методу определения содержания растворенных органических веществ для вод РФ обнаружить не удалось, поэтому нами были проведены собственные исследования с целью поиска корреляции коэффициента поглощения пробы при 254 нм и значением ХПК и ООУ.

Экспериментальная часть

Для первого этапа исследований были отобраны семь проб из различных водоемов Москвы и Московской области, еще одна проба – обессоленная вода после установки обратного осмоса. Пробы исследовали на спектрофотометре UV/VIS Spectrophotometer EU-2200R при длине волны 254 нм. Длина волны была выбрана исходя из данных об интенсивности поглощения проб (большинство проб имело максимальное поглощение на этой длине волны), а также сведений из литературных источников [5]. Пробы из водных источников

подвергались фильтрованию через мембранный фильтр 0,45 мкм. Для определения значений ХПК и ООУ те же пробы были переданы в сертифицированную лабораторию. В ходе измерений на спектрофотометре использовались кварцевые кюветы с длиной оптического пути 50 мм. После каждой измеренной на спектрофотометре 8-й пробы выписывалась новая базовая линия и выставлялась новая эталонная нулевая проба. Полученные значения поглощения A_u , ХПК ($\text{мгО}_2/\text{дм}^3$), ООУ ($\text{мг}/\text{дм}^3$) представлены в табл.

Сводные данные по полученным значениям поглощения, ХПК и ООУ

Источник пробы	Поглощение при $\lambda = 254$ нм, A_u	ООУ, $\text{мг}/\text{дм}^3$	ХПК, $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$
ROW	0,00074	0,65	<10,0
р. Романовка	0,32473	3,70	12,0
р. Истра	0,86806	7,10	<10,0
МЛК	0,50529	8,26	30,0
р. Химка	1,47173	9,41	20,0
р. Каменка	1,12119	9,74	31,0
р. Пехорка	1,61979	11,00	12,0
оз. Земснаряд	2,92082	33,00	85,5

Из-за особенности определения ХПК значения ниже $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ не определялись. Ниже представлено графическое положение точек зависимости ХПК от значения поглощения в исследуемых водных источниках, рис. 1. Нанесены только точки со значением ХПК больше 10.



Рис. 1. Зависимость между ХПК и значением поглощения

Из рис. 1 видно, что значения ХПК не возрастают с увеличением значения поглощения при практически одинаковых значениях поглощения, значение ХПК может отличаться более чем на $10 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Можно предположить, что покомпонентный состав природных вод различных источников не отличается общностью. Таким образом, можно предположить, что использовать значение коэффициента поглощения для сравнительного анализа содержания органических веществ разных водоисточников невозможно. Однако вероятно, для одного водоисточника сравнение значения коэффициента поглощения для оценки эффективности процесса водоподготовки (снижение концентрации органических веществ) вполне может быть оправдано, чему будет посвящено отдельное исследование.

Параллельно анализировали возможную корреляцию между коэффициентом поглощения и значением ООУ-образцов. График полученной зависимости представлен на рис. 2.

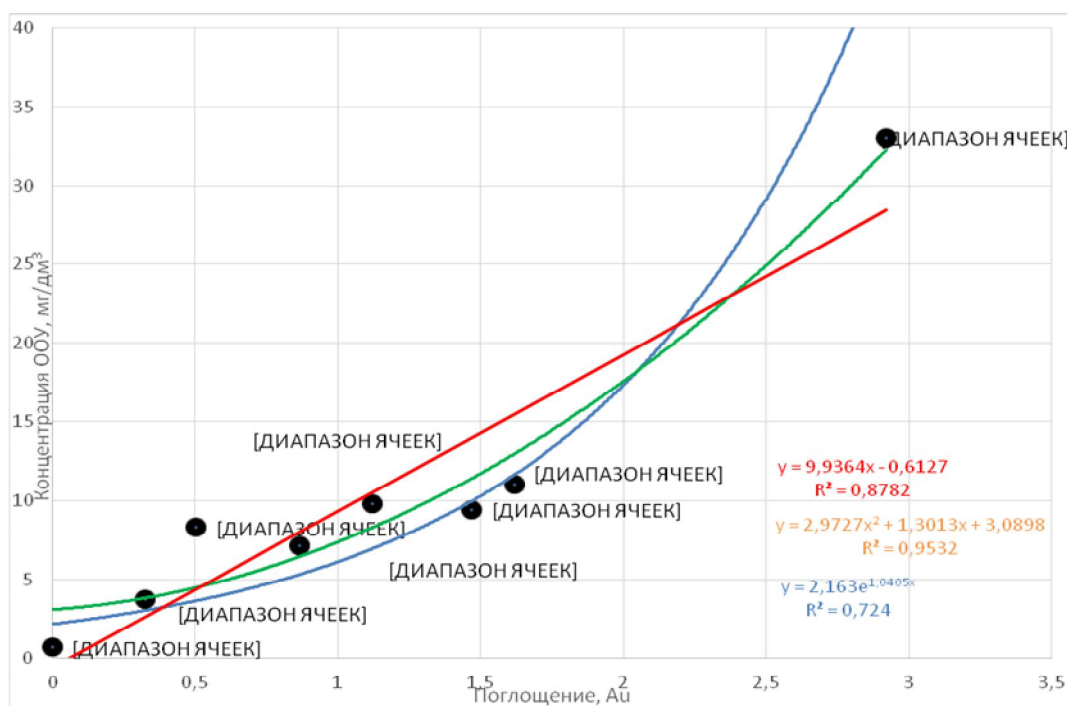


Рис. 2. Зависимость между значением общего органического углерода и значением поглощения

На рис. 2 видна прямопропорциональная зависимость между значением поглощения и величиной ООУ, но приемлемую для практического применения математическую корреляцию найти сложно. Наиболее точно сходится с данными полиномиальная зависимость с коэффициентом корреляции равным 0,95. Корреляционные уравнения полученных зависимостей и коэффициент корреляции представлены ниже.

Линейная корреляция, $R^2 = 0,87$:

$$y = 9,9364x - 0,6127. \quad (1)$$

Полиномиальная корреляция, $R^2 = 0,95$:

$$y = 2,9727x^2 + 1,3013x + 3,0898. \quad (2)$$

Экспоненциальная корреляция, $R^2 = 0,72$:

$$y = 2,163e^{1,0405x}. \quad (3)$$

Полученные нами зависимости свидетельствуют, что получить приемлемую корреляцию между общим содержанием органических веществ и коэффициентом поглощения пробы при 254 нм для различных водных источников невозможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хараев, Г.И. Экологический мониторинг: учеб. пособие / Г.И. Хараев, С.С. Ямпиров, Б.Б. Танганов, А.Г. Хантургаев. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. – 77 с.
2. Пантелеев, А.А. Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке / А.А. Пантелеев, Б.Е. Рябчиков, О.В. Хоружий [и др.]; под ред. А.А. Пантелеева. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 429 с.
3. Указания по спектрофотометрическому способу экспрессной оценки качества очистки сточных вод от органических загрязнений / сост. Л.А. Христианова, И.В. Серякова. – М.: АКХ им. К.Д.Памфилова, 1981. – 10 с.
4. Weishaar, J.L., Aiken, G.R., Bergamaschi, V.A., Fram, M.S., Fujii, R., Mopper, K. Evaluation of specific ultraviolet absorbance as an indicator of the chemical composition and reactivity of dissolved organic carbon // Environmental Science & Technology. – 2003. – № 37. – P. 4702–4708.
5. Новый справочник химика и технолога: аналитическая химия. Ч. 1 / Ю.А. Барбалат, Ю.Г. Власов, В.А. Демин [и др.]; под ред. И.П. Калинин. – СПб.: Мир и Семья, 2002. – 352 с.

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРОИЗВОДСТВА ГК «ОБНИНСКИЕ ФИЛЬТРЫ» ПРИ ОЧИСТКЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ

Астахов Е.Ю. – канд. хим. наук, генеральный директор

Астахова А.Ю. – канд. биол. наук, руководитель отдела промышленной фильтрации

Панкратов А.А. – зам. руководителя отдела промышленной фильтрации

Горобец С.В. – вед. специалист отдела промышленной фильтрации
ГК «Обнинские Фильтры»

АННОТАЦИЯ. Группа компаний «Обнинские фильтры» (далее – ГК «Обнинские фильтры») более 30 лет разрабатывает и производит новые фильтрующие материалы, осваивает современные методы очистки жидкостей и газов, занимается инжинирингом, консалтингом, ведет научные изыскания в области материаловедения и технологий для микрофильтрации. За последние несколько лет ГК «Обнинские фильтры» существенно расширила спектр заказчиков и

в настоящее время сотрудничает с предприятиями нефтегазовой, металлургической, химической, атомной, машиностроительной, космической, микроэлектронной, приборостроительной, фармацевтической, пищевой и других отраслей промышленности. В настоящее время нашим предприятием на основе собственных НИОКР осуществляется выпуск инновационных пористых материалов – поропластов на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ марки Ф-4, ГОСТ 10007-80) и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). Об их свойствах, преимуществах и областях применения рассказывается в статье.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: микрофльтрационное оборудование, фильтр, фторопласт-4, сверхвысокомолекулярный полиэтилен, химически агрессивные жидкости.

ABSTRACT. The Obninsk Filters Group has been developing and producing new filter materials for more than 30 years, mastering modern methods of cleaning liquids and gases, engaging in engineering, consulting, and conducting scientific research in the field of materials science and technologies for microfiltration. Over the past few years, Obninsk Filters Group has significantly expanded the range of customers and currently cooperates with enterprises of the oil and gas, metallurgical, chemical, nuclear, machine-building, space, microelectronic, instrument-making, pharmaceutical, food and other industries. At present, our company, on the basis of its own R&D, is producing innovative porous materials – porous plastics based on polytetrafluoroethylene (PTFE grade F-4, GOST 10007-80) and ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE). Their properties, advantages and areas of application are described in the article.

KEY WORDS: microfiltration equipment, filter, polytetrafluoroethylene, ultra-high molecular weight polyethylene, chemically aggressive liquids.

На предприятиях нефтегазовой и нефтеперерабатывающей промышленности нашими фильтрующими материалами могут успешно решаться следующие задачи [1].

- Фильтрация магистрального газа.
- Фильтрация попутного нефтяного газа (ПНГ).
- Фильтрация газа от аэрозолей и механических примесей в блоке подготовки газа для газотурбинных станций (ГТУ) на ТЭЦ.
- Фильтрация газа перед приборами учета.
- Очистка трансформаторных, промышленных и турбинных масел.
- Оснащение дыхательными фильтрами емкостей хранения питьевой воды для вахтовых поселков.

Большинство задач были решены с помощью двух типов фильтроэлементов:
– марки ЭКОСТИЛ на основе сетки из нержавеющей стали с лазерной сваркой швов с рейтингами фильтрации от 2 до 1000 мкм (рис. 1);

– марки ЭКОПЛАСТ-ФЭП-Ф из ПТФЭ марки Ф-4 с рейтингами фильтрации 1, 5, 10 или 20 мкм (рис. 2).

Фильтры ЭКОСТИЛ представляют собой фильтропакет в виде рукава на каркасе из перфорированного стального листа с внутренними ребрами жесткости различной конфигурации. Стандартный наружный диаметр фильтров 65 или 150 мм, высота до 1000 мм. Рабочий диапазон температур от -70 до $+300$ °С (в воздушной атмосфере) и до $+800$ °С (в инертной атмосфере). Максимальный прямой перепад давления – до 2 МПа. За счет возможности проведения многократных регенераций ресурс работы фильтров очень высок и составляет от 5 лет и более при соблюдении рекомендаций производителя по эксплуатации фильтров.

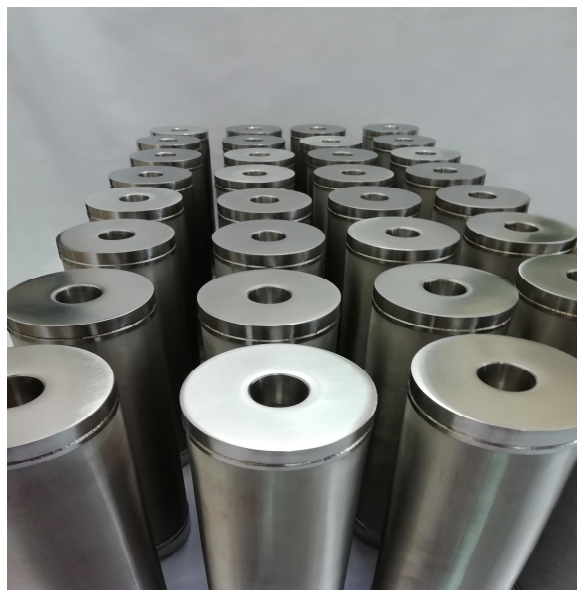


Рис. 1. Фильтроэлементы на основе сетки из нержавеющей стали ЭКОСТИЛ



Рис. 2. Фильтроэлементы на основе ПТФЭ марки ЭКОПЛАСТ-ФЭП-Ф

Фильтры ЭКОПЛАСТ-ФЭП-Ф выполнены в виде пористого цилиндра из РТФЕ марки Ф-4 (фторопласт-4) со следующими размерами (внешний диаметр / внутренний диаметр / высота, мм): 152/130/205, 116/94/205 и 75/49/220. Возможно изготовление элементов по чертежам заказчика.

Фильтры ЭКОПЛАСТ-ФЭП-Ф применяются для очистки от механических примесей трансформаторных, промышленных и турбинных масел, в том числе в установках типа УВМ, МЦУ, ФУМ-А и ФТО-10. После фильтрации на уровне 5 мкм, по результатам испытаний НИЦГСМ, масло соответствует классу чистоты по NAS 1638 не хуже 9, а в режиме каскадной фильтрации, с предварительным фильтром из стекловолокна и финишным фильтром, на уровне 1 мкм – 4 класс по NAS 1638.

Высокая механическая прочность, позволяющая выдерживать высокие перепады давления в прямом и обратном направлении при регенерации и отмывке, значительно увеличивает срок службы элементов, что особенно актуально для нерастворимых загрязнений.

В данной статье мы рассмотрим применение различных фильтрационных материалов производства нашей фирмы при очистке гидравлических масел.

Для очистки гидравлических масел нами применялись следующие материалы.

- Фильтроэлементы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) глубинного типа и гофрированного типа на основе инновационной разработки нашего предприятия – пористой пленки из СВМПЭс рейтингами фильтрации от 2 до 20 мкм толщиной около 1 мм. Конструкция фильтроэлементов на основе пористой пленки из СВМПЭ позволяет регенерировать их обратным током чистой жидкости или газа. Это единственные фильтроэлементы гофрированного типа, с которыми возможно проведение промывок в направлении, противоположном направлению фильтрации.

- Фильтроэлементы на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) марки фторопласт-4 глубинного типа и гофрированного типа на основе инновационной разработки нашего предприятия – пористой пленки из ПТФЭ с рейтингами фильтрации от 0,5 до 5 мкм толщиной около 0,3 мм.

ПТФЭ – наиболее термохимически стойкий полимер. Он выдерживает воздействие любых растворителей даже при повышенных температурах. Диапазон рабочих температур изделий из пористого ПТФЭ находится в пределах от температуры жидкого азота $-193\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+160\text{ }^{\circ}\text{C}$, ограничено – до $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Данный материал обладает уникальной для известных полимеров химической инертностью, не разрушается и не выделяет никаких примесей при взаимодействии даже с высокоагрессивными веществами, что делает его незаменимым в нефтегазовой промышленности при работе с особо чистыми жидкостями и газами [2]. Политетрафторэтилен характеризуется наиболее высокой степенью гидрофобности (краевой угол смачивания около 110° [2, 3]).

СВМПЭ по химической стойкости приближен к фторопласту-4 (рабочий диапазон рН 1–14), однако рабочая температура материала лежит в диапазоне от -60 до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ [6]. Полимер лишь немного уступает ПТФЭ по степени гидрофобности (краевой угол смачивания – около 95° [4, 5]).

- Фильтроэлементы ЭКОСТЕК гофрированного типа из композиционного материала на основе стекловолокна с рейтингами фильтрации от 0,5 до 5 мкм.

Фильтрационный материал представляет собой волокнистую пористую композиционную пленку на основе стеклянного субмикронного волокна разного диаметра, закрепленного в целлюлозном матриксе. Используется данный материал преимущественно для удаления коллоидных загрязнений, снятия опалесценции, как эффективный предфильтр перед мембранными фильтроэлементами.

При выборе материалов фильтроэлементов следует ориентироваться не только на заявленный рейтинг фильтрации, но и на вид фильтрационного материала. В зависимости от его структуры эффективность фильтрации при одном и том же рейтинге может значительно отличаться. Фильтрационный материал может подразделяться на три типа:

- гранулированная структура (СВМПЭ);
- волокнистая структура (ЭКОСТЕК);
- смешанный тип структуры (ПТФЭ).

Подбор типа фильтрационного материала должен основываться на виде фильтруемой среды и физической природы загрязнителя. Если стоит задача отделить твердые механические частицы, то в этом случае целесообразно использовать фильтроэлементы с гранулированной структурой, к тому же данный тип фильтроэлементов может подвергаться регенерации методом отмывки противотоком.

При наличии в фильтруемой среде коллоидных загрязнений используют фильтроэлементы с волокнистой или смешанной структурой. Как правило, фильтроэлементы с волокнистой структурой не подлежат регенерации, а фильтроэлементы со смешанной структурой подлежат частичной регенерации.

Подтверждение эффективности фильтрации при использовании фильтроэлементов с разной структурой на примере фильтрации гидравлического масла марки HVLP46, проведенных в ООО «Международном испытательном центре по горюче-смазочным материалам», показаны в табл.1–4.

Таблица 1

**Распределение количества частиц по размерам
после фильтрации гидравлического масла на фильтроэлементах
из пористой пленки на основе СВМПЭ с рейтингом фильтрации 5 мкм**

2 мкм	5 мкм	10 мкм	15 мкм	20 мкм	25 мкм	50 мкм	100 мкм
55 041	8158	694	85	14	13	2	0
64 007	8966	808	114	29	15	2	0
ГОСТ 17216: >12 (>2,>12,10,8,8,0)			NAS 1638: 9 (9,5,5,4,0)			ISO 4406: 20/17/11	

Таблица 2

**Распределение количества частиц по размерам
после фильтрации гидравлического масла на фильтроэлементах
из пористой пленки на основе СВМПЭ с рейтингом фильтрации 5 мкм
с последующей фильтрацией на фильтроэлементах ЭКОСТЕК
с рейтингом фильтрации 1 мкм**

2 мкм	5 мкм	10 мкм	15 мкм	20 мкм	25 мкм	50 мкм	100 мкм
14 340	972	98	45	14	10	0	0
15 479	1139	167	69	24	10	0	0
ГОСТ 17216: 10 (>2,10,8,7,0,0)			NAS 1638: 6 (6,4,4,0,0)			ISO 4406: 18/14/10	

Таблица 3

**Распределение количества частиц по размерам
после фильтрации гидравлического масла на фильтроэлементах ЭКОСТЕК
с рейтингом фильтрации 1 мкм с последующей фильтрацией на фильтроэлементах
из пористой пленки на основе ПТФЭ с рейтингом фильтрации 1 мкм**

2 мкм	5 мкм	10 мкм	15 мкм	20 мкм	25 мкм	50 мкм	100 мкм
577	147	47	44	6	2	0	0
823	246	99	52	8	2	0	0
ГОСТ 17216: 7 (>2,7,7,5,0,0)			NAS 1638: 4 (3,4,2,0,0)			ISO 4406: 14/12/10	

Таблица 4

**Распределение количества частиц по размерам
после фильтрации гидравлического масла на фильтроэлементах
из пористой пленки на основе ПТФЭ с рейтингом фильтрации 1 мкм**

2 мкм	5 мкм	10 мкм	15 мкм	20 мкм	25 мкм	50 мкм	100 мкм
6713	1721	297	89	33	14	1	0
8868	2155	434	137	48	15	1	0
ГОСТ 17216: 11 (>2,11,10,8,7,0)			NAS 1638: 7 (7,5,5,3,0)			ISO 4406: 17/15/11	

Исходя из приведенных данных можно сделать вывод, что фильтроэлементы с гранулированной структурой целесообразно применять только для удаления твердых механических частиц, так как они практически не влияют на улучшение класса чистоты гидравлического масла. Это связано с тем, что гладкая структура пор фильтроэлементов не позволяет эффективно задерживать коллоидные загрязнения, которые в основном присутствуют в маслах и влияют на его классность.

Наиболее эффективными при очистке гидравлического масла, как показали результаты испытаний, являются фильтрующие элементы с волокнистой и смешанной структурой материала.

Таким образом, применение фильтроэлементов на основе ПТФЭ и стекловолокна ЭКОСТЕК дает наивысший класс очистки по NAS 1638 – 4-й класс.

Однако если стоит задача отделить в основном твердые механические частицы, то в этом случае целесообразно использовать фильтроэлементы с гранулированной структурой, к тому же данный тип фильтроэлементов может подвергаться регенерации методом отмывки противотоком.

При наличии в фильтруемой среде коллоидных загрязнений используют фильтроэлементы с волокнистой или смешанной структурой. Как правило, фильтроэлементы с волокнистой структурой не подлежат регенерации, а фильтроэлементы со смешанной структурой подлежат частичной регенерации.

В статье описаны обобщенные решения задач по фильтрации масел. Для конкретного производства схема фильтрации с учетом специфики производства может несколько отличаться. Специалисты ГК «Обнинские Фильтры» готовы помочь в решении фильтрационной задачи с учетом конкретных требований и технологических особенностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астахов, Е. Применение термохимически стойких фильтрующих материалов для очистки жидкостей и газов / Е. Астахов, А. Астахова, А. Панкратов, С. Горобец // Экспозиция Нефть Газ. – 2021. – № 4 (83). – С. 30–31.
2. Пашнин, Ю.А. Фторопласты / Ю.А. Пашнин, С.Г. Малкевич, Ц.С. Дунаевская. – Л.: Химия, 1978. – 232 с.
3. Chaudhuri, R.G., Paria, S. Dynamic contact angles on PTFE surface by aqueous surfactant solution in the absence and presence of electrolytes // Journal of Colloid and Interface Science. – 2009. – V. 337. – Is. 2. – P. 555–562.
4. Андреева, И.Н. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности / И.Н. Андреева, Е.В. Веселовская, Е.И. Наливайко и [др.]. – Л.: Химия, 1982. – 80 с.
5. Du, Z. Study on the Properties of UHMW-PE Film / Z. Du, J. Wang, S. Wen, P. Wang, D. Zhang, C. Yin // Advances in Materials Physics and Chemistry. – 2015. – V. 5. – No. 8. – P. 337–343.

ТЕХЭКСПЕРТ: ЦИФРОВЫЕ КАБИНЕТЫ

Жохов В.Н. – генеральный директор
ООО «Решения Для Бизнеса»

АННОТАЦИЯ. В статье представлена информация о программе, которая позволяет структурировать единый фонд внутренней и внешней нормативной документации под задачи и требования систем менеджмента. Одним

из таких требований является необходимость донесения до всех сотрудников актуальной, полной и целевой информации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: техэксперт, система менеджмента, цифровые кабинеты, внешние и внутренние нормативные документы.

ANNOTATION. The article provides information about the program that allows you to structure a single fund of internal and external regulatory documentation for the tasks and requirements of management systems, one of which is the requirement to provide up-to-date, complete and targeted information to all employees.

KEYWORDS: tehexpert, management system, digital cabinets, internal and external regulatory documentation.

Разработчиком программы «Техэксперт: Цифровые кабинеты» является информационно-правовой консорциум «Кодекс» (головное предприятие АО «Кодекс»), один из крупнейших отечественных производителей делового программного обеспечения, работающий на российском рынке с 1991 года. Он возглавляет консорциум разработчиков ИТ-решений и информационную сеть «Техэксперт».

В настоящее время консорциум «Кодекс» занимает активную позицию по вопросу SMART-стандартов, участвует в их разработке на государственном уровне в рамках Проектного технического комитета № 711 «Умные (SMART) стандарты» и реализует собственную концепцию SMART-стандартов на цифровой платформе «Техэксперт». Одна из целей компании – помочь своим клиентам постепенно и комфортно, с пониманием всех преимуществ и подводных камней, перейти к работе с документами в SMART-формате.

ООО «Решения Для Бизнеса» работает с 2011 года и является официальным представителем информационной сети «Техэксперт».

Одним из популярных на сегодняшний день направлений, предлагаемых АО «Кодекс», является решение «Техэксперт: Цифровые кабинеты». Рассмотрим применение цифровых кабинетов на примере систем менеджмента.

Система менеджмента – это целостный комплекс управленческих действий, которые взаимосвязаны, регулярно выполняемы и позволяющие внедрять долгосрочные стратегии компании с максимальной прибылью за счет обеспечения конкурентоспособности продукции и предприятия в целом.

Виды систем менеджмента.

- Система менеджмента качества (ГОСТ Р ИСО 9001-2015).
- Система менеджмента качества для лабораторий (ГОСТ ISO/IEC17025-2019).
- Система экологического менеджмента (ГОСТ Р ИСО 14001-2016).
- Система энергетического менеджмента (ГОСТ Р ИСО 50001-2012).
- Система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья (ГОСТ Р ИСО 45001-2020).
- Руководство по проектному менеджменту (ГОСТ Р ИСО 21500-2014).

- Система менеджмента безопасности пищевой продукции (ГОСТ Р ИСО 22000-2019).
- И другие специализированные и отраслевые системы менеджмента.

Если в компании внедряются две и более системы менеджмента, функционирующие как единое целое, то, как правило, они объединяются в интегрированную систему менеджмента, так как все системы менеджмента опираются на ИСО 9001 в своих базовых требованиях.

Одно из ключевых требований систем менеджмента качества – управление документированной информацией с целью ее доступности и пригодности (где и когда она необходима), а также ее достаточной защиты (например, от несоблюдения конфиденциальности, от ненадлежащего использования или потери целостности). ISO 9001:2015 (ГОСТ Р ИСО 9001-2015, п. 7.5 «Документированная информация», пп. 7.5.3 «Управление документированной информацией»).

Реализовать эту задачу непросто по следующим причинам:

- объем документации огромен;
- изменения происходят постоянно;
- сотрудников много.

В этой связи сложным и трудозатратным является:

- поддержка всей документации в актуальном виде;
- осуществление оперативного поиска документов при необходимости;
- обеспечение всех сотрудников актуальной документацией в необходимом объеме;
- оперативное донесение изменений до всех сотрудников.

Сертификация системы менеджмента, как правило, необходима в следующих случаях:

- планового участия в конкурсе и дальнейшего осуществления поставок продукции для крупных корпораций;
- планового участия в тендере государственных, крупных муниципальных или оборонных закупок;
- требования наличия у покупателя или партнера сертификата ИСО 9001 для поставщиков и подрядчиков;
- оформления лицензии для ведения вида деятельности, где в качестве обязательного условия присутствует наличие сертификата по системе менеджмента (например, для лабораторий обязательен сертификат на соответствие ГОСТ ИСО/IEC 17025-2019);
- вступления в саморегулируемые организации, где обязательным условием вступления является наличие сертификата ИСО 9001.

В остальных случаях получение сертификата является необязательным условием, но также дает выгоды при работе с контрагентами.

Стоит отметить, что внедрение системы менеджмента может быть интересно и руководству предприятия, так как оно помогает правильно выстроить

процессы компании, что приведет к повышению прибыльности (за счет минимизации издержек, снижения рисков, повышения качества продукции и увеличения спроса на нее).

Комплексное решение на цифровой платформе «Техэксперт» для систем менеджмента включает основные и дополнительные компоненты.

1. Основные компоненты:

– информационно-справочные решения «Техэксперт» (комплект систем формируется в зависимости от отрасли, размера предприятия, а также системы менеджмента, внедренной на предприятии). Данный компонент выступает источником внешней документации;

– подсистема «Банк документов» выступает инструментом для формирования внутреннего фонда документов предприятия;

– подсистема «Техэксперт: Цифровые кабинеты» выступает инструментом для гибкой настройки единого фонда нормативной документации под задачи и требования системы менеджмента, одним из которых является требование донесения до всех сотрудников (как до руководителей, так и до рядовых работников) актуальной, полной и целевой информации.

2. Дополнительные компоненты:

– модуль «Контроль актуальности ссылочной документации» помогает автоматизировать задачу по обеспечению актуальности документации;

– модуль «Контроль оборота нормативной документацией. Ознакомление» помогает автоматизировать задачу по обеспечению адресности документации.

Комплексное решение на цифровой платформе «Техэксперт» для систем менеджмента позволяет:

- перейти на безбумажные технологии;
- повысить качество внутренней документации предприятия за счет ее своевременной актуализации и интеграции с системами «Техэксперт»;
- повысить управляемость фондом с помощью гибких настроек доступа, защитить фонд от несанкционированного изменения;
- обеспечить контролируемость ознакомления сотрудников предприятия с новой или измененной документацией;
- структурировать и визуализировать внешнюю и внутреннюю документацию по процессам;
- снизить риски по использованию сотрудниками неактуальной, неполной или нецелевой информации;
- выполнять требования по непрерывному улучшению;
- визуализировать выполнение требований систем менеджмента для успешного прохождения внутренних и внешних аудитов;
- работать с единым надежным поставщиком внешней нормативной и технической документации, снизив временные и как следствие денежные издержки.

Подсистема «Техэксперт: Цифровые кабинеты» (рис. 1) – инструмент для гибкой настройки единого фонда нормативной документации под цели системы менеджмента качества на предприятии.

Пример системы цифровых кабинетов для производственного предприятия, который позволяет системно подходить к обеспечению документацией подразделений предприятия с учетом его структуры и потребностей, представлен на рис. 2.

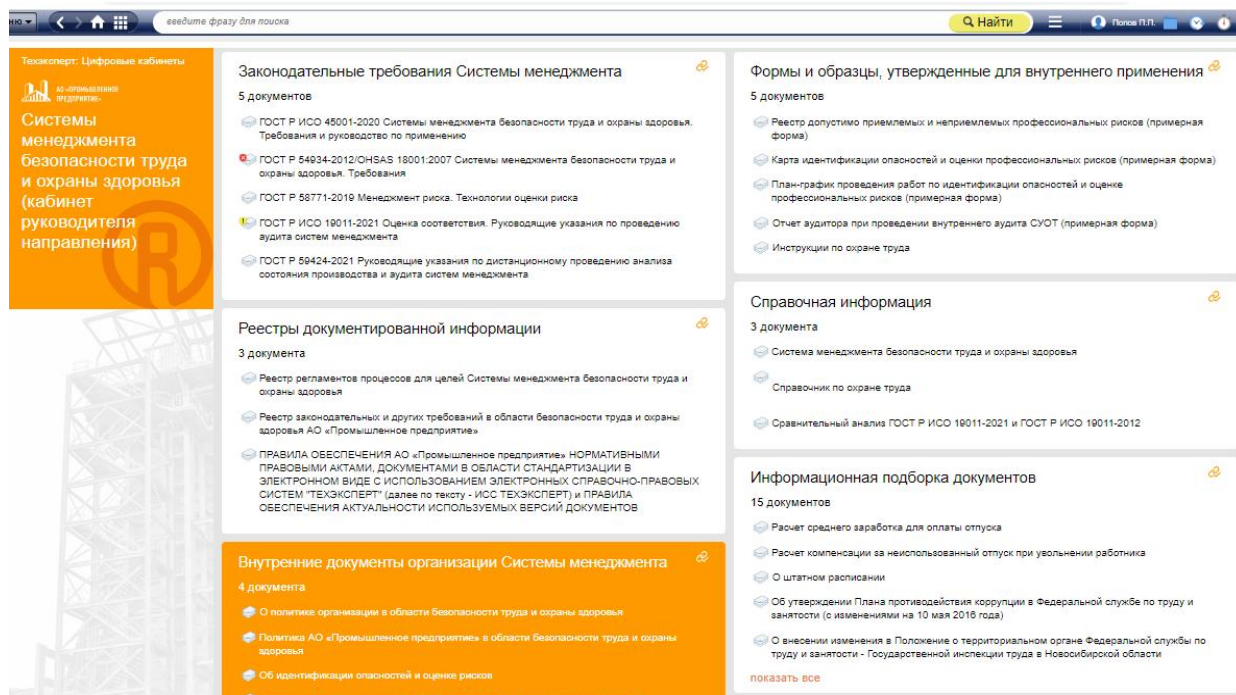


Рис. 1. Цифровой кабинет

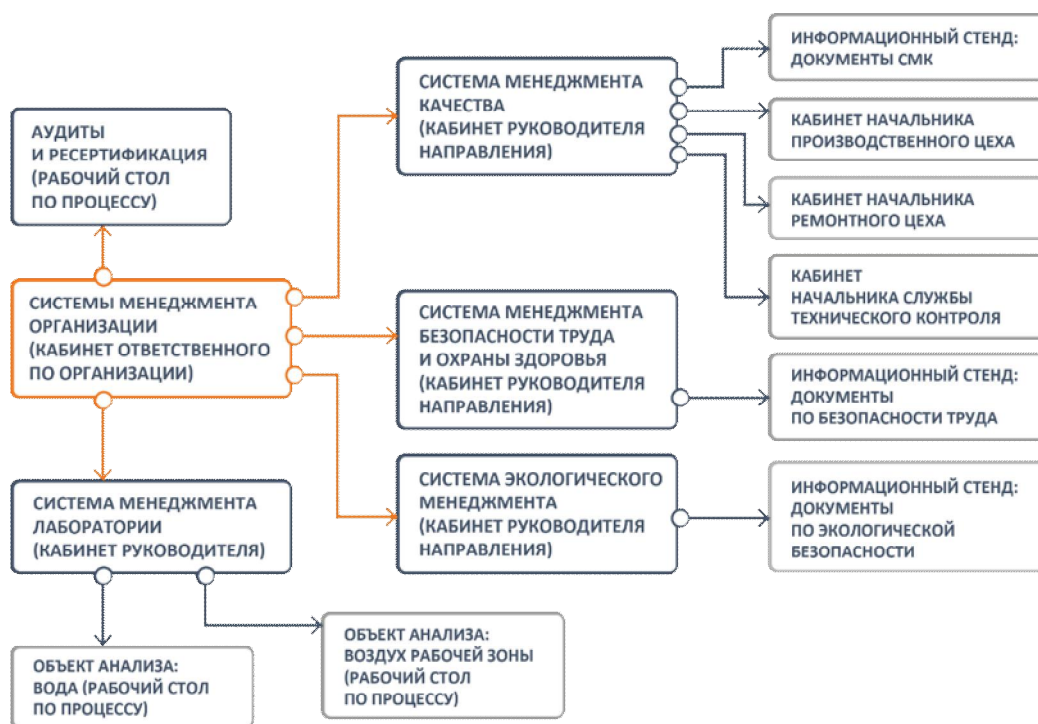


Рис. 2. Система цифровых кабинетов для производственного предприятия

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система менеджмента качества (ГОСТ Р ИСО 9001-2015).
2. Система менеджмента качества для лабораторий (ГОСТ ISO/IEC17025-2019).
3. Система экологического менеджмента (ГОСТ Р ИСО 14001-2016).
4. Система энергетического менеджмента (ГОСТ Р ИСО 50001-2012).
5. Система менеджмента безопасности труда и охраны здоровья (ГОСТ Р ИСО 45001-2020).
6. Руководство по проектному менеджменту (ГОСТ Р ИСО 21500-2014).
7. Система менеджмента безопасности пищевой продукции (ГОСТ Р ИСО 22000-2019).

ЭЛЕКТРО-МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

Свитцов А.А. – канд. техн. наук, доцент

Быков В.И. – аспирант

Титов А.А. – студент

Ильина С.И. – канд. техн. наук, доцент

Равичев Л.В. – д-р техн. наук, профессор

Логинов В.Я. – канд. техн. наук, доцент

РХТУ им. Д.И. Менделеева

АННОТАЦИЯ. В данной статье рассматриваются методы применения электромассообменных процессов – электродиализа, электродеионизации, электродиализа с биполярными мембранами и обратного электродиализа. Предлагается вывод критериального уравнения для описания электромассообменных процессов, полученное по аналогии с уравнением конвективного переноса субстанции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электродиализ, электродеионизация, ионообменные мембраны, биполярные мембраны, обратный электродиализ.

ABSTRACT. This article discusses the methods of application of electromass exchange processes – electrodialysis, electrodeionization, electrodialysis with bipolar membranes and reverse electrodialysis. The derivation of the criterion equation for the description of electromass exchange processes is proposed, obtained by analogy with the equation of convective transfer of a substance.

KEYWORDS: electrodialysis, electrodeionization, ion exchange membranes, bipolar membranes, reverse electrodialysis.

Для решения проблемы ресурсо- и энергосбережения применяются технологии, с помощью которых уменьшается потребление невозобновляемых ресурсов и энергии, а также снижается количество сбрасываемых веществ.

Примером такой технологии является мембранная технология, в частности – электродиализ.

Электродиализ – электромембранный процесс разделения, представляющий собой направленный перенос заряженных частиц через чередующиеся ионообменные (анионо- и катионообменные – проницаемые для анионов и катионов) мембраны, которые образуют чередующиеся камеры обессоливания и концентрирования, под действием электрического поля, создаваемого двумя электродами. Важно отметить, что для проведения электродных процессов в электродиализаторе с несколькими отсеками требуется такой же расход электроэнергии, что и в устройстве с тремя отсеками. Процесс разделения в многокамерном аппарате показан на рис. 1.

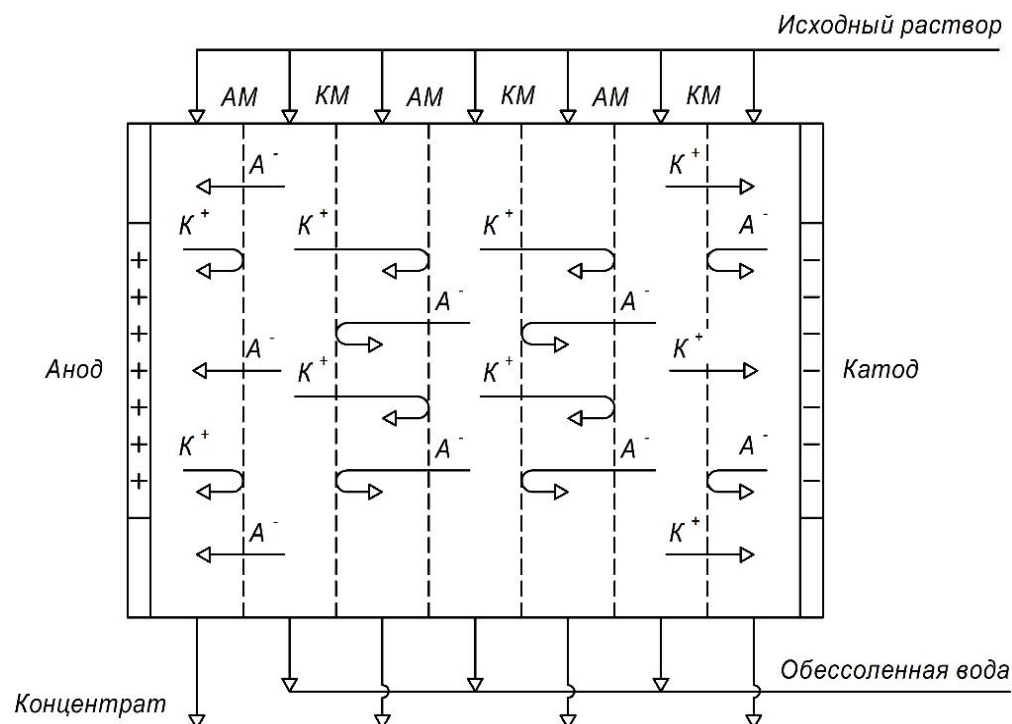


Рис. 1. Схема процесса электродиализа в многокамерном аппарате

Электродиализ применяется для обессоливания воды, концентрации растворов, а также разделения неэлектролитов и электролитов [1].

Одной из модификаций электродиализа является электродеионизация (рис. 2), которая применяется для получения сверхчистой воды как альтернатива фильтрам смешанного действия. Данный процесс представляет собой процесс ионного обмена с непрерывной регенерацией ионообменной смолы ионами H^+ и OH^- , образующимися при электролитической диссоциации воды. Переходящие в раствор ионы солей под воздействием электрического поля переходят через ионообменные мембраны в камеры концентрирования [2].

Также к одним из применений электромембранных процессов относится электродиализ с биполярными мембранами – процесс получения кислот и щелочей из растворов их солей. Данный метод возможен из-за особенности

биполярной мембраны генерации ионов H^+ и OH^- за счет электролитического разложения воды, которые переносятся в соседние камеры и образуют с катионами и анионами щелочь и кислоту соответственно. Также одной из областей применения биполярных мембран является их использование в качестве протон-проводящего электролита в топливных элементах [3].

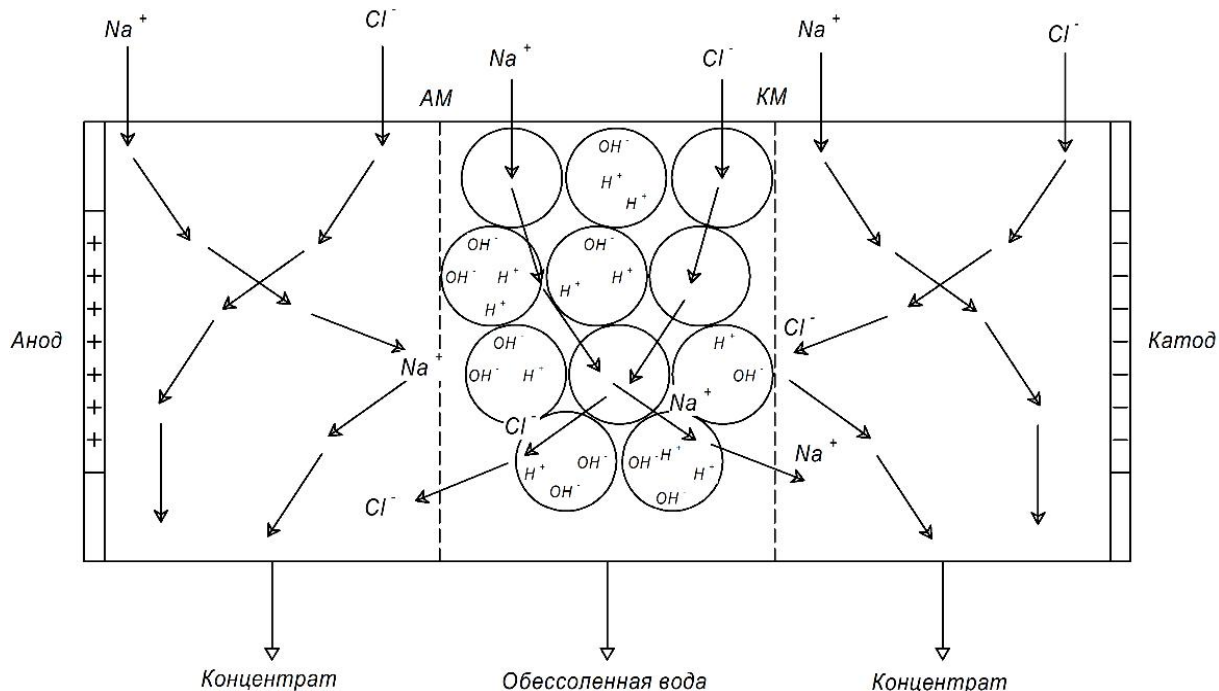


Рис. 2. Схема процесса электродеионизации

Стоит отметить, что в процессах электродеионизации и электродиализа с биполярными мембранами большая часть электроэнергии затрачивается на электролитическую диссоциацию воды.

Также на данный момент ведутся исследования альтернативных методов получения энергии с применением полупроницаемых мембран. Одним из перспективных направлений является обратный электродиализ, представляющий собой процесс преобразования градиента концентрации в электрическую энергию. С теоретической точки зрения с помощью данного метода можно будет получать электрическую энергию смешением поверхностных вод с разной концентрацией – речной и морской – вблизи места их впадения.

Механизм обратного электродиализа можно описать с помощью схемы, представленной на рис. 3. В электродиализный аппарат подаются два потока с различной концентрацией (к примеру, морская и речная вода). Эти потоки чередуются, разделяясь катионообменными и анионообменными мембранами. Катионы, под действием градиента концентрации, диффундируют через полупроницаемую катионообменную мембрану из потока с более высокой в поток с более низкой концентрацией. Таким же образом анионы переходят через анионообменную мембрану. Ионный ток преобразуется на окислительно-восстановительных электродах.

К преимуществам данного метода относятся возобновляемость ресурсов (при использовании речной и морской воды), отсутствие загрязнения окружающей среды и отсутствие суточных флуктуаций.

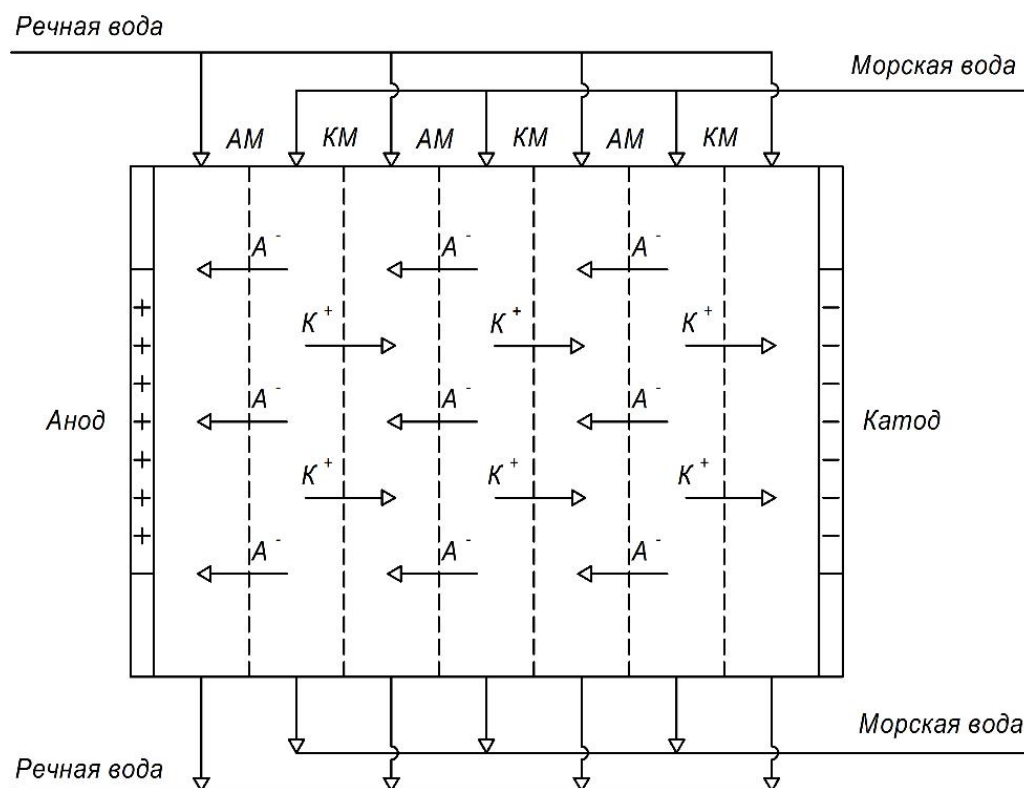


Рис. 3. Схема процесса обратного электродиализа

В предыдущих работах по изучению и практическому применению обратного электродиализа было отмечено, что его невозможно использовать при больших мощностях из-за больших капитальных затрат на мембраны (около 60 % от общих) и потребления электроэнергии насосами, превышающего производительность электродиализатора. Было отмечено, что возможными решениями данных проблем могут стать улучшение гидродинамических показателей электродиализатора, использование более энергоэффективных насосов, применение более современных мембран с низким сопротивлением или с возможностью работы при более низких температурах, а также использование небольших потоков и мощностей [4–6].

Для математического описания обратного электродиализа и других электромассообменных процессов нами предлагается критериальное уравнение переноса заряда, полученное по аналогии с уравнением конвективного переноса субстанции. В качестве потенциала переноса принимаем плотность заряда:

$$\frac{\partial \rho_V}{\partial \tau} = -\operatorname{div} \vec{J}_q + \gamma q, \quad (1)$$

где ρ_V – плотность заряда; $[\rho_V] = [\text{Кл}/\text{м}^3]$, $[\gamma] = [\text{Кл}/\text{м}^3 \cdot \text{с}]$.

Плотность потока субстанции в уравнении переноса заряда состоит из молекулярной и конвективной составляющих:

$$\vec{J}_q = \vec{J}_{qM} + \vec{J}_{qK}. \quad (2)$$

Учитывая выражения для плотности потока заряда на молекулярном и конвективном уровнях и по аналогии с выводом других уравнений переноса, с учетом математических преобразований, окончательно получаем дифференциальное уравнение конвективного переноса заряда:

$$\vec{J}_{qM} = -\sigma \text{grad}(\rho_V / C_m \rho) = -\frac{\sigma}{C_m \rho} \text{grad} \rho_V; \quad (3)$$

$$\vec{J}_{qK} = \vec{\omega} \rho_V. \quad (4)$$

Обозначим $\frac{\sigma}{C_m \rho} = b$ – коэффициент «зарядопродности».

По аналогии с выводом других уравнений переноса:

$$\frac{\partial \rho_V}{\partial \tau} + \rho_V \text{div} \vec{\omega} + \vec{\omega} \text{grad} \rho_V = b \nabla^2 \rho_V. \quad (5)$$

Если поток неразрывен $\text{div} \vec{\omega} = 0$, то полученное уравнение (5) фактически является уравнением переноса заряда или конвективной электропроводности, которое выражает в общем виде распределение плотности заряда в движущемся потоке:

$$\frac{\partial \rho_V}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial \rho_V}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial \rho_V}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial \rho_V}{\partial z} = \frac{\sigma}{c_m \rho} \nabla^2 \rho_V. \quad (6)$$

Стоит отметить, что фактически первое слагаемое $\frac{\partial \rho_V}{\partial \tau}$ характеризует параметры переменного тока. Учитывая, что $\rho_V = c_m \rho U$, можно записать

$$\frac{\partial \rho_V}{\partial \tau} = c_m \rho \frac{\partial U}{\partial \tau}. \quad (7)$$

Так как плотность тока зависит от напряжения U , то при математическом моделировании можно учитывать конфигурацию переменного тока.

По аналогии с теплообменным критерием Пекле $\frac{\omega l}{a} = \text{Pe}$ можно вывести электрический Пекле:

$$\frac{b \rho_V}{l^2} \approx \frac{\omega \rho_V}{l} \Rightarrow \frac{\omega \rho_V \cdot l^2}{l \cdot b \rho_V} + \frac{\omega l}{b} = \text{Pe}_q. \quad (8)$$

Также по аналогии с критерием Прандтля $Pr = Pe/Re$ можно получить электрический критерий Прандтля как $Pr_q = Pe_q/Re$:

$$Pr_q = \frac{\omega l}{b} \cdot \frac{\mu}{\omega \rho} = \frac{\mu}{b \rho} = \frac{\mu c_m \rho}{\sigma \rho} = \frac{\mu c_m}{\sigma}. \quad (9)$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильина, С.И. Электромембранные процессы / С.И. Ильина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013.
2. Electrodeionization: Principles, Strategies and Applications / Lucía Alvarado, Aicheng Chen // *Electrochimica Acta*. – 2014. – V. 132. – P. 583–597.
3. Sata, T. Monovalent cation permselective exchange membrane / T. Sata // *Kolloid-Zeitschrift und Zeitschrift für Polymere*. – 1972. – V. 250. – P. 980.
4. Ильина, С.И. Оценка эффективности получения электроэнергии методом обратного электродиализа / С.И. Ильина, Л.В. Равичев, Д.А. Вегель, В.И. Быков, А.А. Титов // *Академическая наука – проблемы и достижения*. – 2021.
5. Щедрин, П.А. Получение электроэнергии методом обратного электродиализа / П.А. Щедрин, Д.А. Вегель, С.И. Ильина // *Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: тезисы докладов*. – М., 2020. – С. 486.
6. Княжев, В.В. Экспериментальные исследования энергетической установки на основе обратного электродиализа / В.В. Княжев // *Проблемы транспорта Дальнего Востока: сборник материалов конференции*. – 2009. – С. 113–115.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ТОКА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ РАСТВОРОВ

Свиццов А.А. – канд. техн. наук, доцент

Титов А.А. – студент

Быков В.И. – аспирант

Ильина С.И. – канд. техн. наук, доцент

Равичев Л.В. – д-р техн. наук, профессор

Логинов В.Я. – канд. техн. наук, доцент

РХТУ им. Д.И. Менделеева

АННОТАЦИЯ. В данной статье представлены результаты исследования электродиализного разделения растворов хлорида натрия и хлорида кальция при постоянном и пульсирующем токе различной формы и частоты. Сделаны выводы о влиянии параметров на удельную скорость и коэффициент разделения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электродиализ, постоянный ток, пульсирующий ток, катионообменные мембраны, анионообменные мембраны, хлорид кальция, хлорид натрия.

ABSTRACT. This article presents the results of a study of the separation of solutions of sodium and calcium chlorides at a constant and pulsating current of various

shapes and frequencies. Conclusions are drawn about the influence of the parameters on the specific speed of the separation coefficient.

KEYWORDS: *electrodialysis, direct current, pulsating current, cation exchange membranes, anion exchange membranes, calcium chloride, sodium chloride.*

Рост потребляемого электричества и невозобновляемых ресурсов во всем мире без внедрения новых технологий может привести к экологической катастрофе. Для решения этих проблем приоритетной задачей стала разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий. К таким технологиям относится мембранное разделение. Классификация мембранных процессов основана на движущей силе, которая в большей степени определяет скорость данного процесса [1].

В качестве такой технологии можно выделить электродиализ – электро-мембранный процесс разделения, в основе которого лежит направленный перенос ионов через мембраны, проницаемые только для одного типа ионов, под действием разности электрических потенциалов, образуемой двумя электродами, рис. 1. Данный процесс имеет наибольший среди всех мембранных процессов спектр применений, зависящий от конструкции аппарата: концентрирование и обессоливание растворов (электродиализ), в том числе глубокое обессоливание (электродеионизация), получение кислот и щелочей из солей (электродиализ с биполярными мембранами) [2].

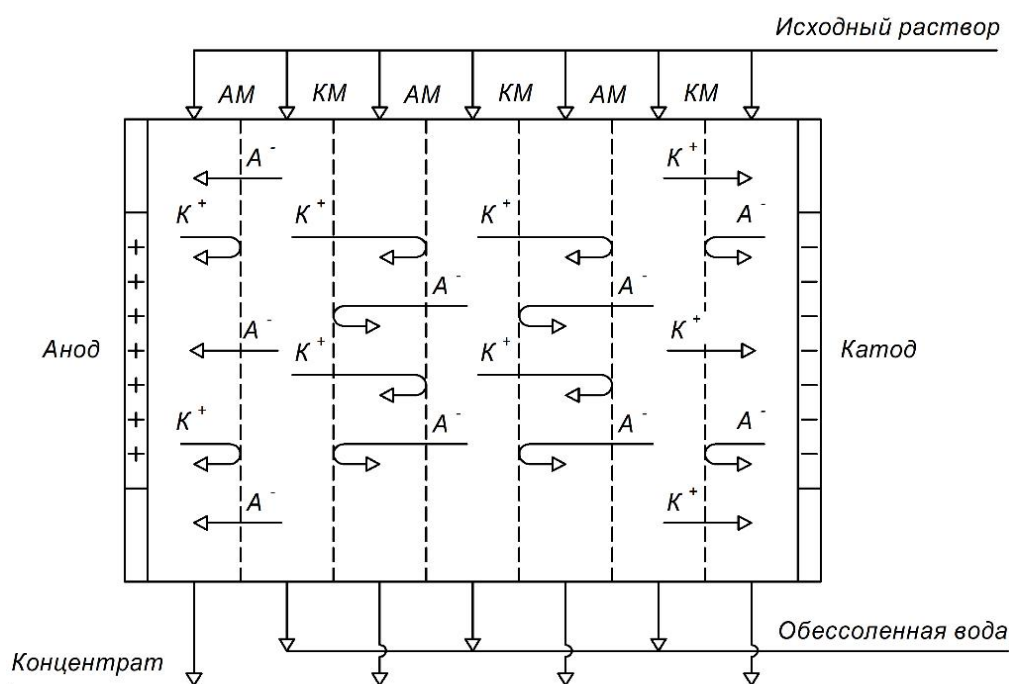


Рис. 1. Схема процесса электродиализа в многокамерном аппарате

Решение технологических задач, которые возможно реализовать в электродиализных аппаратах, зависит как от материалов, из которых изготовлены мембраны и электроды, так и от конструкций аппаратов и организации в них потоков.

Примером может служить разделение одноименно заряженных ионов с различным зарядом. Одним из способов является порядок чередования, например последовательное расположение двух анионообменных или двух катионообменных мембран. Другим способом является разработка многослойных мембран, направленная на улучшение селективности по одновалентным ионам. Существуют два основных метода: использование противоположно заряженного слоя (основан на различии электростатического отталкивания ионов с разной величиной заряда) и использование слоя с высокой степенью сшивки (основан на различии радиусов гидратированных ионов) [3, 4].

Помимо конструкционных особенностей, на проведение процесса также оказывают влияние и токовые режимы. При использовании электродиализа при постоянном токе возможно селективное разделение, однако коэффициент разделения очень мал, что связано с ограничениями плотности тока и характеристиками мембран.

По традиционной технологии процесс электродиализа проводится при постоянном токе. В 1970-х гг. был реализован реверсивный электродиализ – метод кратковременного использования тока обратной полярности для самоочистки мембран и аппаратов.

В настоящее время ведутся многочисленные исследования по применению нестационарных токовых режимов в электрохимических процессах, при которых будет достигаться максимальная эффективность при минимальных затратах энергии. При протекании переменного тока наблюдаются различные взаимодействия в растворе, на межфазной границе и электродах [5].

При использовании импульсного тока возникают новые факторы, влияющие на процесс электродиализного разделения. К таким факторам относятся частота и амплитуда импульсного тока. Также стоит отметить, что рабочая плотность тока при пульсирующем токе имеет более высокие значения по сравнению с переменным асимметричным током, что увеличивает производительность электродиализной установки. Кроме того, на снижение расхода электроэнергии влияет наличие токовых пауз.

Для исследования проведения процесса электродиализного разделения при импульсном токе использовалась лабораторная электродиализная установка. Для проведения опытов при постоянном токе использовался лабораторный источник питания.

Для исследования зависимостей электродиализного разделения от параметров пульсирующего тока использовался генератор пульсирующего тока, схема которого показана на рис. 2.

Данный генератор пульсирующего тока состоит из генератора сигналов, выпрямителя для отсечения отрицательной области, усилителя мощности и двух блоков питания. Получаемые с помощью данного генератора формы тока показаны на рис. 3.

Так как параметры переменного и пульсирующего тока являются меняющимися во времени величинами, то для их сравнения требуется использовать

действующее (среднеквадратичное) значение, численно равное значению при постоянном токе при той же нагрузке. Для контроля параметров используется осциллограф и два RMS-мультиметра.

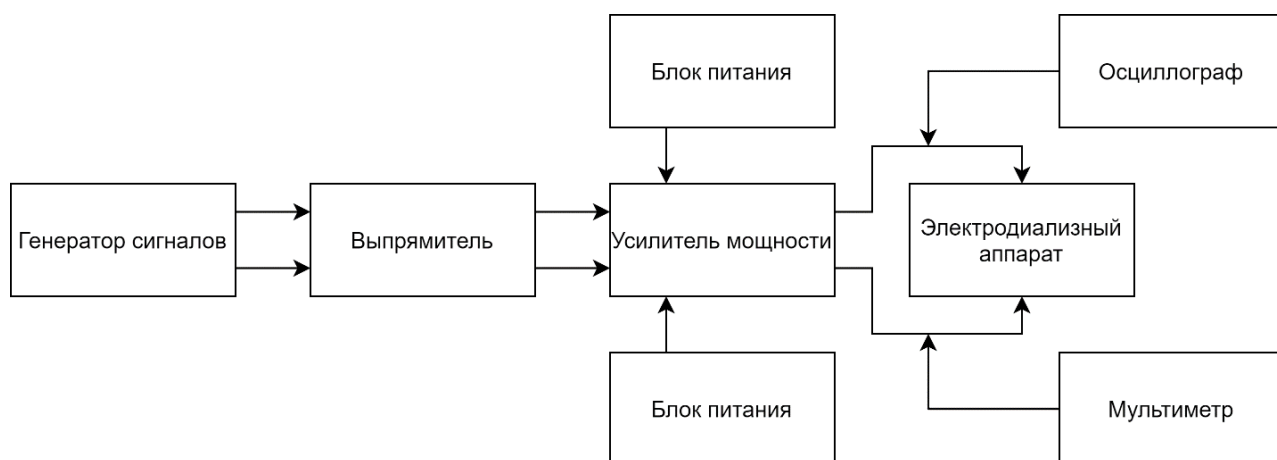


Рис. 2. Схема источника пульсирующего тока

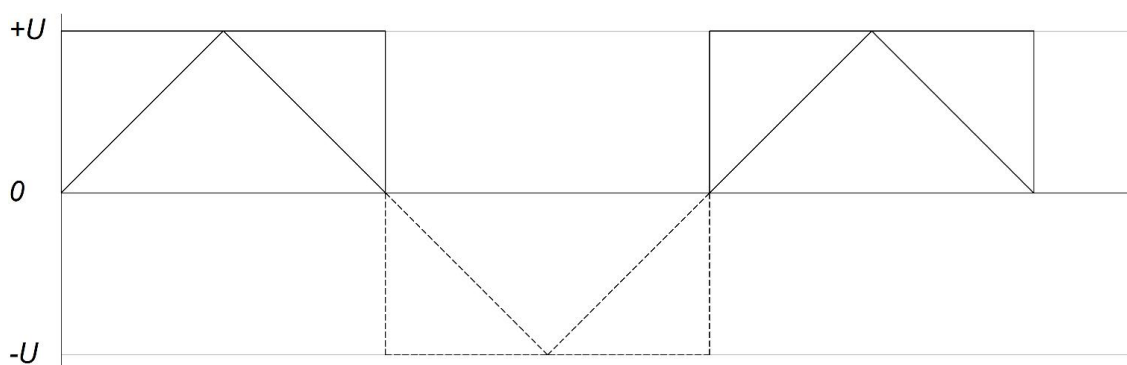


Рис. 3. Формы тока (прямоугольная и треугольная), подаваемого на электродиализную ячейку при использовании схемы с выпрямителем

Для проведения исследования были приняты треугольная и прямоугольная формы тока и частоты 0,15 кГц, 1,5 кГц, 15 кГц. Исследование проводилось на растворах хлорида натрия и хлорида кальция. Измерение концентраций фиксировались кондуктометром с последующим переводом показаний электропроводности в концентрацию с помощью калибровочных кривых. Опыты проводились при постоянной начальной температуре. Изменения температуры и pH при проведении опытов были незначительными и не учитывались.

Были получены следующие экспериментальные зависимости удельной скорости для треугольной и прямоугольной форм тока, рис. 4.

Коэффициенты разделения катионов натрия и кальция были рассчитаны по формуле. Зависимость коэффициента разделения катионов натрия и кальция от частоты при различных формах тока представлена на рис. 5.

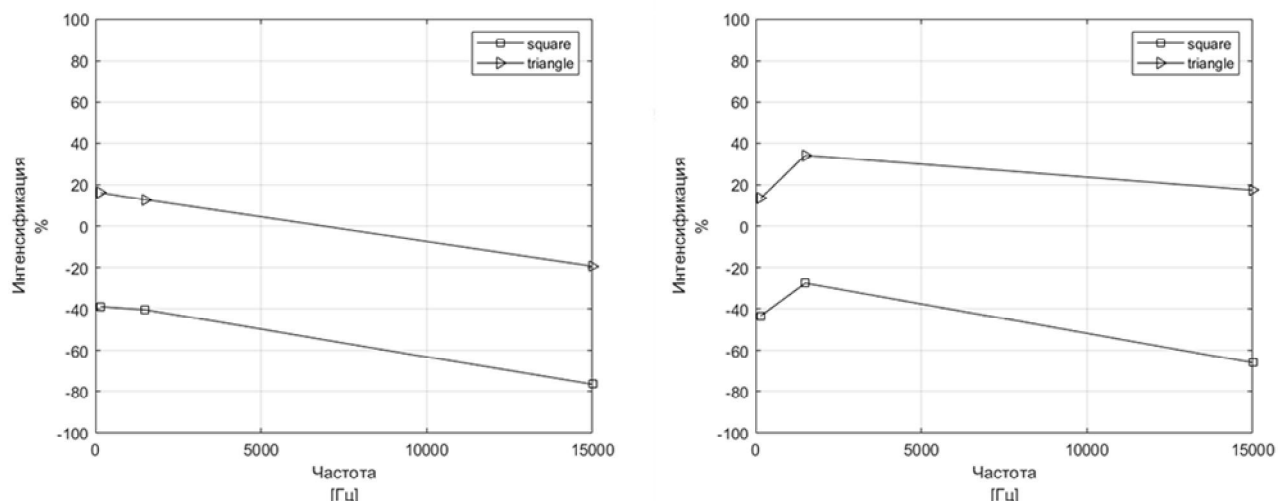


Рис. 4. Зависимость интенсификации процесса относительно постоянного тока для растворов хлорида кальция и хлорида натрия

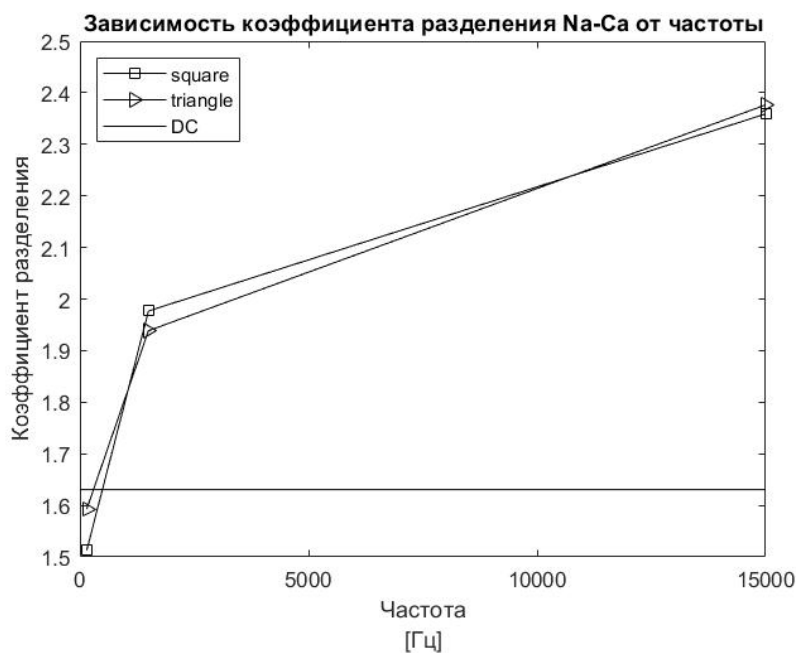


Рис. 5. Зависимость коэффициента разделения катионов натрия и кальция от частоты при различных формах тока

На основании проведенных исследований можно сделать выводы, что частота тока влияет на коэффициент разделения одноименно заряженных ионов с разной величиной заряда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильина, С.И. Электромембранные процессы / С.И. Ильина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2013.
2. Быков, В.И. Электродиализ: история и перспективы развития / В.И. Быков, С.И. Ильина, В.Я. Логинов, Л.В. Равичев, А.А. Свитцов // Вестник технологического университета. – 2021. – Т. 24. – № 7. – С. 5–10.

3. Studies on cation-exchange membranes having permselectivity between cations in electro-dialysis / Toshikatsu Sata, Tomoaki Sata, Wongkang Yang // Journal of Membrane Science. – 2002. – V. 206. – № 1–2. – P. 31–60.

4. Diazonium-induced anchoring process: an application to improve the monovalent selectivity of cation exchange membranes / Xuan Tuan Le, Pascal Viel // Journal of Materials Chemistry. – 2010. – V. 18.

5. Диденко, А.И. Интенсификация электрохимических процессов на основе несимметричного переменного тока // Интенсификация электрохимических процессов / А.И. Диденко, В.А. Лебедев, С.В. Образцов и др.; под ред. А.П. Томилова. – М.: Наука, 1988. – 213 с. – С. 192–193.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

Чернобаева Л.А. – студент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В настоящее время экологической проблемой века стали твердые отходы, их масштабы и степени негативного воздействия на окружающий мир. Поэтому их сбор, удаление, детоксикация, переработка и утилизация – одна из главнейших задач инженерной защиты окружающей природной среды.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: отходы, методы утилизации.

ABSTRACT. Currently, the environmental problem of the century has become solid waste, their scale and degree of negative impact on the world around them. Therefore, their collection, removal, detoxification, recycling and disposal is one of the most important tasks of engineering environmental protection.

KEYWORDS: waste, disposal methods.

Отходы – атрибут любой действующей производственной системы. Накапливаемые в сфере антропогенеза они определяются как «остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий и продуктов, которые образовались в процессе производства и потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства».

Из-за неправильного обращения с теми или иными отходами, возможны ситуации, которые могут привести к длительным загрязнениям почвы, грунтовых вод и нанести вред здоровью человека. Поэтому, чтобы грамотно избавляться от отходов (без вреда окружающей среде и человеку), была создана специальная классификация, позволяющая определить класс опасности отхода. Промышленные отходы классифицируют по классам.

I класс – чрезвычайно опасные отходы.

II класс – высокоопасные отходы.

III класс – умеренно опасные отходы.

IV класс – малоопасные отходы.

V класс – практически неопасные отходы.

Под утилизацией отходов подразумевается полная ликвидация или повторное использование отходов для различных целей. В конечном результате получают энергию, материалы, сырье или топливо.

Существуют различные современные методы утилизации отходов производства.

1. Механический метод.

Данный метод применяется в основном как первичное отстаивание и фильтрация отходов. Он не является полноценным обезвреживающим способом и используется как первый этап перед биологическим обезвреживанием.

2. Термический метод.

Это наиболее высокотехнологичный, разработанный, более сложный и дорогой способ в отношении промышленных отходов. Данный метод снижает объем и массу твердых отходов более чем в три раза, устраняет распространение токсичных запахов и жидкостей. Помимо этого, мусоросжигающие заводы получают дополнительную энергию (электрическую и тепловую). Большим минусом этого метода является экологическое воздействие на атмосферу, проблемы, связанные с захоронением золы от сжигания отходов. Сжигание осуществляется в специальных высокотемпературных печах.

3. Химический метод.

Данный метод обезвреживания отходов проводится на специальных технологических установках с помощью химических реакций и реагентов. Химические реакции производятся в газообразной и жидкой среде. В ходе многочисленных окислительно-восстановительных реакций вредные вещества нейтрализуются, становясь стабильными и менее опасными соединениями.

4. Физико-химический метод.

Этот метод используется для обезвреживания твердых промышленных отходов. Для этого используется электрический ток, расщепляющий более токсичные вещества в менее токсичные. Для более полного обезвреживания используются химические реагенты.

5. Биологический метод.

Инновационный и успешно применяемый биологический способ обезвреживания опасных отходов основан на способности микроорганизмов аккумулировать их на себя и расщеплять. В результате более опасные для жизнедеятельности человека и животных вещества становятся менее опасными.

По своему агрегатному состоянию отходы всех классов делятся на твердые, жидкие, пастообразные и газообразные. В зависимости от агрегатного состояния применяются свои методы утилизации тех или иных отходов.

Наиболее перспективными методами утилизации отходов являются следующие.

1. Переработка отходов на основе сжигания в барботируемом расплаве шлака.

При высокотемпературном разложении компонентов рабочей массы в слое барботируемого шлакового расплава при температуре 1250–1400 °С

с выдерживанием ее в течение 2–3 секунд обеспечивается полное разложение всех сложных органических соединений до простейших компонентов. На выходе пылегазового потока из печи отсутствуют высокотоксичные соединения диоксинов, фуранов и др. Остающиеся вредные микропримеси (пылевозгоны, хлористый водород, сернистые соединения и др.) улавливаются и нейтрализуются благодаря высокоэффективной пылегазоочистной системе оборудования. Данная технология является рентабельной и окупается при оптимальной производительности в условиях средней полосы России за 4–5 лет с начала строительства.

2. Высокотемпературная обработка отходов в электротермическом реакторе.

При электротермическом нагреве рабочей массы реактора до температуры от 300 до 2000 °С с подачей в зону реактора твердых отходов и воды происходит полное разложение многих токсичных отходов. Использование данного метода по утилизации отходов позволит получать в процессе утилизации синтезгаз, который может быть использован в качестве топлива с высокой теплотворной способностью.

3. Огневая регенерация.

В основу этого метода положен процесс высокотемпературного разложения и окисления токсичных компонентов отходов с образованием практически нетоксичных или малотоксичных дымовых газов и золы. Использование данного метода дает возможность получения ценных продуктов: отбеливающей земли, активированного угля, извести, соды и других материалов. Огневая регенерация предназначена для извлечения из отходов какого-либо производства реагентов, используемых в этом производстве, или восстановления свойств отработанных реагентов или материалов.

4. Переработка и обезвреживание отходов с применением плазмы.

Применение низкотемпературной плазмы – одно из перспективных направлений в области утилизации опасных отходов. Посредством плазмы достигается высокая степень обезвреживания отходов химической промышленности (в том числе галлоидосодержащих органических соединений), медицинских учреждений; ведется переработка твердых, пастообразных, жидких, газообразных, органических и неорганических, слаборадиоактивных, бытовых, канцерогенных веществ, на которые установлены жесткие нормы ПДК в воздухе, воде, почве и др.

Основной технологический процесс происходит в камере, внутри которой находятся два электрода (катод и анод), обычно из меди, иногда полые. В камеру под определенным давлением в заранее установленных количествах поступают отходы, кислород и топливо, может добавляться водяной пар. В камере поддерживаются постоянные давление и температура. Возможно применение катализаторов. При переработке отходов плазменным методом в восстановительной среде возможно получение ценных товарных продуктов: из жидких хлорорганических отходов можно получать ацетилен, этилен, HCl и продукты на их основе. В водородном плазмотроне, обрабатывая фторхлорорганические отходы, можно получить газы, содержащие 95–98 % по массе HCl и HF.

5. Эффективным возобновляемым источником энергии является биомасса.

Биомасса образуется при помощи микроорганизмов. Варианты использования биомассы: производство возобновляемой энергии, тепла, газа посредством пиролиза, производство угля, волокнистых материалов, пищевых элементов, повышение эффективности добычи полезных ископаемых. В форме древесного топлива биомасса может стать основным источником энергии.

Отходы могут выступать полноценным сырьем для дальнейшего производства, в результате выигрывают несколько сторон:

- сдающие отходы предприятие решает проблему их утилизации;
- перерабатывающее предприятие получает бесплатные ресурсы, снижая свои издержки, максимизируя финансовую выгоду;
- уменьшается негативное воздействие на окружающую среду. В связи с этим возможен также новый вид бизнес-услуг в России: компании, внедряющие модели циркулярной экономики на конкретные предприятия, в частности на крупные промышленные комбинаты.

6. Еще одним из перспективных направлений по утилизации промышленных отходов, в частности твердых, является утилизация с помощью пиролиза.

Пиролизный способ переработки органических отходов приводит к практически полной их утилизации, и при этом затраты возвращаются в виде тепла и электричества. Достижение высоких температур для разложения углеродсодержащих отходов в существующих пиролизных установках обеспечивается за счет сжигания дополнительного топлива либо за счет непосредственного сжигания части самих органических отходов.

7. Для более эффективного использования ресурсов следует применять вторичное использование.

Так, детали неработающей техники можно переплавлять, и из этого металла производить новую продукцию. Разбитое стекло добавляют при выплавке нового. Стекло и стеклотара могут использоваться для производства бетона и асфальтовых покрытий, компост – для удобрения почвы. Несмотря на большое будущее, вторичная утилизация в России реализуется лишь на 4,5 %.

Все вышеперечисленные методы не до конца позволяют избавиться от отходов, но с их применением дается возможность получить менее опасные объекты переработки, новое топливо, способ получения энергии, новое сырье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Учет и утилизация отходов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.bestreferat.ru/referat-62299.html> (дата обращения: 16.12.2021).
2. Перспективные методы утилизации промышленных отходов [Электронный ресурс] // Студопедия.нет. URL: https://studopedia.net/18_16085_perspektivnie-metodi- (дата обращения: 16.12.2021).

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГЕНЕРИРУЮЩИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Дудин Д.В. – магистрант

Агринская С.А. – канд. техн. наук

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье представлена методика построения системы мониторинга генерирующих объектов на основе цифровых технологий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мониторинг, генерирующий объект, цифровые технологии.

ABSTRACT. The article presents a methodology for building a monitoring system of generating facilities based on digital technologies.

KEYWORDS: monitoring, generating facility, digital technologies.

Современные системы мониторинга решают одну из важнейших технико-экономических задач – управление производственными активами электросетевых компаний. Однако по большей части они не отвечают растущим требованиям надежности и безопасности. Поэтому наиболее актуальной является задача разработки и исследования структур систем мониторинга, повышающих надежность их работы, алгоритмов прогнозирования аварий, действующих в реальном времени, протоколов передачи данных, обеспечивающих эффективную передачу данных по каналам с низкой скоростью и ненадежной связью.

Наблюдаемый в настоящее время переход всего энергокомплекса на цифровую модель управления невозможен без внедрения эффективной системы мониторинга, позволяющей получать исчерпывающую информацию о состоянии энергосистемы, необходимую для принятия управленческих решений, своевременного внесения изменений в производственный процесс, решения задач автоматизации производства и синхронизации оборудования. Эта система мониторинга должна быть адаптируемой и легко модернизируемой, с интеграцией новых устройств в существующую сеть. Важной ее частью является анализ сетевых процессов, процессов генерации, передачи данных диспетчерскому персоналу и оперативной бригаде на местах. Внедрение систем мониторинга на основе цифровых технологий дает возможность не только непрерывно контролировать производственный процесс, состояние линий электропередачи, но и применять предиктивную диагностику. С помощью этой системы можно в автоматическом режиме фиксировать время и продолжительность работы оборудования, простои, любые нештатные ситуации. Кроме того, появляется возможность собирать данные о технологических режимах, любых возникающих ошибках и максимально быстро определять причины простоев.

Проведем анализ существующих цифровых технологий, на основе которых

возможно построение системы мониторинга генерирующих объектов.

Big Data. Под «большими данными» (Big Data) принято понимать данные, объем и сложность которых превосходят вычислительные возможности традиционных аналитических систем.

Энергетический сектор в целом генерирует огромное количество информации, которая не используется в полной мере при использовании традиционных аналитических методов. Big Data позволяет извлекать, преобразовывать, обрабатывать и хранить данные, которые не всегда учитываются, но могут косвенно повлиять на работу производства.

Big Data позволяет более внимательно следить за динамикой потребления электроэнергии, точно отслеживать дебиторскую задолженность, дает возможность прогнозировать появление спроса на дополнительные услуги у отраслевых заказчиков.

Интернет вещей. Интернет вещей (Internet of Things) объединяет устройства в компьютерную сеть и позволяет им собирать, анализировать, обрабатывать и передавать данные другим объектам с помощью программного обеспечения, приложений или технических устройств.

Сегодня в российском энергетическом секторе IoT-технологии используются в двух основных направлениях: снижение энергопотребления и мониторинг технического состояния оборудования для предотвращения аварийных ситуаций. Технологии Интернета вещей основаны на телеметрии и телеуправлении и поэтому используются в промышленности для построения «умных» сетей и инфраструктуры Smart Grids при помощи датчиков и сенсоров, подключенных к общему облачному или онлайн-сервису.

СОТИ АССО – это система обмена технологической информацией с Автоматизированной системой Системного оператора (АССО). Она предназначена для измерения и сбора оперативной технологической информации о работе основного и вспомогательного оборудования и передачи ее в диспетчерские пункты филиалов СО ЕЭС.

Ядром такой системы являются программируемые логические контроллеры (ПЛК), работающие в режиме реального времени. Контроллеры сбора и обработки информации осуществляют сбор информации с нижнего уровня с требуемой периодичностью (обычно один раз в секунду). Кроме того, они выполняют следующие функции: самодиагностику; диагностику каналов связи и устройств нижнего уровня; выбор данных с исправного канала или источника данных в случае неисправности одного из каналов или источника данных; первичную обработку данных; синхронизацию времени с приемником GPS/ГЛОНАСС; прием и передачу данных в SCADA-систему.

SO-5 – это распределенная система, типа SCADA, объединяющая в себе специализированные устройства и программное обеспечение, предназначенные для автоматизации электроэнергетических подстанций всех уровней напряжения. Система SO-5 может принимать и обрабатывать аналоговые сигналы от различного контрольно-измерительного оборудования; формировать системную

интеграцию с устройствами защиты, интеграцию технологических систем подстанций в АСУ ТП; реализовывать обмен данными с удаленными диспетчерскими центрами, управление подстанционными устройствами, осуществляемое с локальных рабочих мест и удаленных диспетчерских центров.

ССПИ. Система сбора и передачи информации (ССПИ) – это программно-технический комплекс, предназначенный для сбора, обработки и отображения информации, необходимой для оперативного управления энергетическим объектом.

Данная система выполняет следующие функции:

- сбор (измерение), первичную обработку, контроль и регистрацию текущей аналоговой информации о режимных параметрах электрической сети;
- сбор, обработку, контроль и запись текущей дискретной информации о состоянии схемы соединений и оборудования энергообъекта;
- дистанционное управление коммутационными аппаратами;
- оперативный контроль и визуализацию текущего режима и состояния оборудования энергообъекта на мнемосхеме;
- формирование отчетных документов;
- формирование аварийных сигналов о различных технологических событиях, состоянии оборудования, неисправности, срабатывании устройств релейной защиты и автоматики;
- синхронизацию времени всех устройств, входящих в состав системы, с точностью до 1 мс;
- обмен информацией с центрами управления по стандартным протоколам;
- организацию и ведение информационных архивов с возможностью предоставления архивных данных на АРМ оператора;
- тестирование и самодиагностику компонентов ПТК;
- обеспечение информационной безопасности.

Таким образом, систему мониторинга генерирующего объекта на основе цифровых технологий можно представить в виде цепочки от получения информации о состоянии объекта до выдачи информации потребителю для принятия решений, а методика построения такой системы выглядит в виде выполнения последовательности следующих шагов.

Шаг 1. Поскольку мониторинг осуществляется на конкретном объекте, построение системы мониторинга должно начинаться с характеристики самого объекта, то есть его исследования и процесса его функционирования. Результаты и выводы, полученные на этом этапе, являются основой для реализации всех последующих этапов построения системы мониторинга.

Шаг 2. Далее определяются принципы, проблемы, цели и задачи мониторинга объекта.

Шаг 3. Решаются задачи определения показателей, по которым оценивается состояние объекта, разрабатываются схемы информационных потоков, определяются методы и периодичность сбора и идентификации данных, взятых с объекта.

Шаг 4. С учетом специфики объекта мониторинга, сложности его задач технология мониторинга определяется в соответствии с классификацией систем мониторинга: традиционная, автоматизированная или автоматическая.

Шаг 5. Выбираются существующие методы анализа и оценки состояния объекта или разрабатываются новые методы для возможности принятия альтернативного решения:

- продолжение работы объекта в заданном режиме;
- принятие управленческих решений для поддержания объекта в стабильном состоянии;
- корректировка целей и показателей объекта.

На этом этапе также разрабатывается компьютерная программа для анализа и оценки состояния объекта.

Шаг 6. Для учета в процессе мониторинга ситуаций нарушения устойчивого состояния объекта разрабатывается система диагностики состояния объекта на конец планового периода, включающая соответствующие диагностические модели, а также оценки их эффективности, их информационное обеспечение и соответствующие компьютерные программы.

Шаг 7. Осуществляется разработка системы проверки полученной информации на соответствие заданным требованиям и пересмотра, при необходимости, системы мониторинга. Создание такой системы позволяет проверить, можно ли эффективно управлять объектом на основе этой информации? Если полученная информация соответствует заданным требованиям, систему мониторинга можно оставить без изменений. При несоблюдении этих требований, а также при возникновении новых задач система мониторинга пересматривается.

Шаг 8. Далее разрабатывается система генерации исходной информации для реализации моделей и методов принятия корректирующих управленческих решений и подготовки информационно-аналитических материалов (отчетов, обзоров) для управления объектом по результатам мониторинга.

Шаг 9. Разрабатываются состав, структура, функции и обязанности службы мониторинга объекта, нормативная документация по выполнению мониторинга, схема организации мониторинга (распределение обязанностей исполнителей, система их подготовки, порядок отчетности), определяются период, частота, вид наблюдения за объектом, характер охвата наблюдением объекта.

Шаг 10. Определяется объем ресурсов, необходимых для построения системы мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носкова, А.И., Токранова, М.В. Обзор автоматизированных систем мониторинга / А.И. Носкова, М.В. Токранова // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2017. – № 1. – С. 42–47.
2. Шмелев, В.В. Метод мониторинга технологических процессов на основе структурно-логического подхода / В.В. Шмелев // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2017. – № 2. – С. 5–14.

СЕКЦИЯ «ОБРАЗОВАНИЕ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ»

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

*Дубовикова Е.Ю.*¹ – канд. экон. наук, доцент

*Егоров Г.Г.*² – канд. юрид. наук, доцент

¹Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

²ВГИ (филиал) ВолГУ

АННОТАЦИЯ. В статье анализируются тенденции развития высшего образования в цифровой экономике, когда создание единого электронного пространства для российского образования обусловлено необходимостью развития принципиально новой системы непрерывного образования, предполагающей индивидуализацию спроса и возможностей его удовлетворения. Благодаря онлайн-обучению расширятся возможности российского образования. Это позволит вузам открыть новые возможности: привлечь к дистанционному преподаванию практиков. Будущее, по мнению авторов, за совмещением онлайн-образования с классическим, где решающим фактором останется мотивация человека и готовность регулярно уделять время своему самообразованию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: единое электронное пространство, виртуальная образовательная среда, дистанционные образовательные технологии, цифровая экономика.

ABSTRACT. The article analyzes the trends in the development of higher education in the digital economy, when the creation of a single electronic space for Russian education is due to the need to develop a fundamentally new system of lifelong education, which presupposes the individualization of demand and opportunities to satisfy it. Online education will expand the possibilities of Russian education. This will allow universities to open up new opportunities: to attract practicing to distance teaching. The future, according to the authors, lies in combining online education with classical education, where the decisive factor will remain a person's motivation and willingness to regularly devote time to self-education.

KEYWORDS: common electronic space, virtual educational environment, distance educational technologies, digital economy.

Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации предусматривается переход Российской Федерации к передовым цифровым интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам,

новым материалам и способам конструирования, созданию систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта, которые позволят получить научно-технические результаты, являющиеся основой устойчивого положения России на внешнем рынке [3].

Начиная с 2010 года формируется концепция Education 3.0, отражающая новый подход к организации образовательного процесса, обучению и представлению образовательного контента. Концепция основана на новом подходе к организации образовательного процесса и созданию образовательной среды на основе интеграции традиционных и цифровых технологий.

Доктор Джеф Бордон так определил образование будущего: «Education 3.0 – это синтез трех образовательных элементов: нейробиологии, когнитивной психологии и образовательных технологий».

Новая образовательная экосистема направлена на обучение, предоставление знаний и формирование компетенций, которые возникают сегодня, но направлены в будущее: креативность, результативность и целеустремленность, работа в информационной и цифровой среде, инновационность, научность, инжиниринг, технологии производства и др. При этом к наиболее востребованным сферам занятости в XXI столетии можно отнести: экологию, гидрологию и т. п.

В настоящее время современные школы и учебные заведения по-прежнему находятся в мироощущении индустриальной эпохи. Обучение связано с индивидуальной работой, индивидуальной системой оценивания, выдачей готовых заданий и исходных данных, отсутствием многозадачности и фокусом на правильном, единственно возможном решении поставленной проблемы. При этом в большинстве учебных заведений запрещается или ограничивается использование Интернета и цифровых устройств во время уроков и для получения информации.

Переход к новой образовательной модели возможен только при условии полной интеграции образовательной системы в цифровую среду и создание цифровой образовательной экосистемы [1].

Интересный метод обучения был предложен психологом Дэвидом Колбом. Основная идея заключается в том, что процесс обучения – это не дискретный, а итеративный поэтапный процесс. При этом различные этапы обучения перетекают друг в друга, являются замкнутым циклом, и цикл может начинаться с любого этапа. Таким образом, Д. Колб выделил четыре стиля обучения, которые объединены в единый итеративный цикл или процесс обучения.

В центре модели мы можем поместить способы, с которыми человек воспринимает окружающий мир и информацию, как он думает, а также способы работы с информацией, как учится и действует.

Цикл обучения представляет собой последовательную спиральную итерацию стадий обучения: личный непосредственный опыт формирует личные ощущения, на основе которых человек наблюдает, обдумывает полученный опыт. Затем эти размышления ассимилируются, то есть преобразуются в некие

абстрактные концепции, которые затем человек может применить на практике, получив новый опыт.

Отсюда выделяются четыре стиля обучения: отстраненный (используется при получении непосредственного опыта и наблюдении), ассимилирование (при наблюдении и ассимиляции), конвергенция (при стадии ассимиляции, формировании, концепций, активном экспериментировании) и стиль «приспособление», адаптация полученных знаний и опыта, сформированных абстрактных концепций.

В 2017 г. в России была разработана и утверждена программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Цифровая экономика – это обеспечение цифрового пространства. Целями настоящей программы является создание цифровой системы для всех сфер жизнедеятельности страны, и в первую очередь для экономики Российской Федерации, в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства и в которой обеспечено эффективное взаимодействие бизнеса, научно-образовательного сообщества, государства и граждан. Приоритетная задача сегодня – повышение качества высшего образования в российских университетах и формирование кадрового задела на будущее.

Эффективная социальная политика требует повышения качества жизни и расширения возможностей самореализации каждого человека, роста благосостояния всего населения, а значит, качества образования и здравоохранения. Система высшего образования в России должна быть современной, цифровизированной, ориентированной на конкретного человека.

Применение цифровых технологий в российском образовании остается на низком уровне, значительны региональные различия по уровню внедрения технологий цифрового здравоохранения, что является большой проблемой.

Онлайн-образование сегодня является частью государственной политики в области образования. Под электронным обучением (онлайн-обучением), согласно ст. 16 Федерального закона «Об образовании», понимается учебный процесс, проходящий с использованием специальных дистанционных образовательных программ и технических средств. Отличительная черта такого обучения – опосредованное взаимодействие обучающегося и педагога, происходящее в цифровых условиях посредством компьютера через телекоммуникационную сеть (Интернет).

Создание единого электронного пространства для российского образования обусловлено необходимостью развития благоприятных условий для формирования принципиально новой системы непрерывного образования, предполагающей индивидуализацию спроса и возможностей его удовлетворения. Это означает, что в условиях цифровой экономики возникла необходимость заново определить новую роль образования для устойчивого развития России и обеспечения структурных изменений экономики страны.

Развитие открытого онлайн-образования активно поддерживается в нашей стране в рамках национального проекта Министерства образования

и науки «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации».

Что касается организации инклюзивного онлайн-образования, то важными условиями реализации требований к нему, на наш взгляд, являются информационная открытость вуза, наличие адаптированной образовательной программы, а для лиц с ограниченными возможностями и инвалидов – индивидуальной программы реабилитации. В вузе должна быть создана возможность обучаться по индивидуальному учебному плану с увеличенным сроком получения образования, с особым порядком освоения отдельных дисциплин [2].

Будущие профессии неизбежно связаны с интеллектуальной деятельностью и использованием знаний в практической деятельности. Задача школы будущего – создание образовательной среды, в которой обучающиеся смогут научиться работать со знаниями, получать их и развиваться в области познания. Аналитика и систематизация знаний в различных профессиях становится все более востребованной. Кроме этого, эпистемические технологии позволяют решить задачу коммуникации между студентами, обсуждения темы или проблемы, высказывания своего мнения, обратной связи от преподавателя, коллективного освоения материала и формирования коллективного знания [1].

Эпистемические технологии формируют у обучающихся компетенции работы со знаниями, а именно: 1) систематизация знаний. Получение данных, умение их систематизировать по какому-либо признаку решаемой задачи, цели исследования; 2) формирование концепции проекта и исследования, то есть общее представление и обобщение базовой идеи проекта или проводимого исследования; 3) понятийный анализ: исследование понятий, определений, их сущности, подходов к определению того или иного понятия, сравнительный анализ подходов к понятиям, сопоставление понятий и терминов; 4) построение схем и схематизация знаний: аналитические навыки работы с данными и создания схем, графиков, обобщающих таблиц, диаграмм, рисунков и т. д.; 5) аналитика и критериальный анализ: выработка критериев для анализа проблемы, анализ проблемы по выбранным критериям.

Так, к примеру, обучение специалистов предлагает внедрение подходов, ориентированных на идею, включающую:

- знания, получаемые в школах и университетах, часто не имеют общего с тем, что действительно востребовано в профессиональной деятельности;
- обучение строится на основе специфических знаний и видов активностей, которые необходимы специалистам данной сферы;
- работа над интересной для студента проблемой;
- использование накопленной базы знаний и опыта других.

Организация учебного процесса основана на совместной деятельности обучающихся, которые связаны общим опытом и обменом знаниями. При этом личные знания, которые получает каждый студент, оцениваются с позиции их нужности для исследования и развития общей идеи или решения проблемы, выступая элементом коллективного знания. При этом рост знаний и опыта

каждого студента увеличивает области их компетенций и применения, соответственно, тем более они способны исследовать интересующие их проблемы. Коллективное знание и взаимодействие позволяют исследовать проблему с различных сторон и точек зрения, что дает более комплексную картину и объемное представление исследуемой области.

Дистанционные платформы, онлайн-форумы и общение позволяют решить проблему организации взаимодействия, обмениваться студентами информацией, мнением и видением идеи, выстраивать свою образовательную траекторию в контексте формирования коллективного знания. Так, к примеру, данные формы могут включать как «фабрику идей» (коллективное пространство для генерирования идей, командного решения задач и ориентацию на постоянное создание нового и обмен знаниями), так и «форум» знаний (онлайн- или оффлайн-платформа для обмена знаниями, мнениями, обсуждения, выработки совместных решений, стратегии развития командной идеи, методов решения проблем).

Кроме того, в цифровой экономике каждому вузу, оценив свои кадровые ресурсы, сетевые возможности и потребности, предстоит определить, какие онлайн-курсы, симуляторы, другие цифровые продукты он может предложить, используя свои преимущества; определить категорию курсов, благодаря которым удастся вырастить своих молодых преподавателей, входящих в научную школу кафедр и вузов, сконцентрировав свои интеллектуальные и финансовые ресурсы на исследованиях и разработках [1].

Таким образом, создание единого электронного пространства для российского образования будет способствовать развитию принципиально новой системы непрерывного образования, расширению возможностей российского образования, повышению качества высшего образования в российских университетах и формированию кадрового потенциала будущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубовикова, Е.Ю., Егоров, Г.Г. Финансовое благополучие Волгоградской области как неотъемлемый аспект развития экономики страны (экономико-юридические показатели) / Е.Ю. Дубовикова, Г.Г. Егоров // Детерминанты и точки роста современной экономики России : монография / под общ. ред. М.М. Гузева, А.В. Литвиновой, М.В. Леденевой; ВФ ВолГУ. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2019. – Разд. 2.2. – С. 204–223.
2. Каракозов, С.Д., Маняхина, В.Г. Массовые открытые онлайн-курсы в зарубежном и российском образовании / С.Д. Каракозов, В.Г. Маняхина // Вестник РУДН. Серия «Информатизация образования». – 2014. – № 3. – С. 24–29.
3. Чхутиашвили, Л.В. Тенденции развития высшего образования в цифровой экономике / Л.В. Чхутиашвили // Право и цифровая экономика. – 2021. – № 1. – С. 21–25.

ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Соловьева Е.Ю. – студент

Дубовикова Е.Ю. – канд. экон. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В данной работе осуществляется анализ одного из подходов декарбонизации энергетики России для того, чтобы в дальнейшем полностью перейти на «чистую» энергетику, отказавшись от использования углеводородов. Предлагается решение проблемы высокой углеродоемкости экономики энергетики.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: декарбонизация, экономика, энергетика, ВИЭ.

ANNOTATION. This paper analyzes one of the approaches to decarbonization of the Russian energy sector in order to completely switch to «clean» energy in the future, abandoning the use of hydrocarbons. A solution to the problem of high carbon intensity of the energy economy is proposed.

KEYWORDS: decarbonization, economy, energy, RES.

На данный момент в связи с ростом цен на нефть, пандемией COVID-19, процессами, которые происходят в мировой энергетике, осуществляется трансформация рынка в целом посредством широкого внедрения «зеленых», невозобновляемых источников энергии. В последнее время технический прогресс оказал негативное влияние на изменение климата.

На основе создания индекса SDG Index (глобальный индекс целей устойчивого развития) можно составить рейтинг государств по ЦУР, используя измеримые индикаторы. Множество современных предприятий под влиянием тенденций постепенно переходят на устойчивое развитие, при этом основанием для такого перехода являются числовые и порядковые данные, созданные организациями, которые занимаются долговыми обязательствами эмитентов. Поскольку национальные экономики связаны между собой, то развитие декарбонизации энергетики является важным фактором для экономики.

Главная причина глобального потепления – это парниковый эффект, возникающий из-за увеличения концентрации углекислого газа. Так, в одном из докладов специалистов ООН было сделано заявление, что вследствие технического прогресса за последние полвека существует большой шанс увеличения температуры атмосферы.

В последнее время в мире довольно широко стал использоваться термин декарбонизации. На данный момент можно выделить следующие его толкования.

1. Снижение количества выбросов углекислого газа до конечного показателя.
2. Сокращение, с точки зрения удельного понимания, углеродной интенсивности.

3. Процесс, при котором происходит трансформация экономической отрасли, базируясь на энергетической системе, с соответствующим снижением уровня углекислого газа в атмосфере.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующий вывод: энергетический переход – это процесс, при котором экономика совершает переход на новый вид энергии, который, например, является выгодным с точки зрения эффективности или экологии [1].

Можно выдвинуть предположение, что декарбонизация станет следующим энергетическим переходом, так как предполагается, что со временем основным видом энергии станут ВИЭ.

Рассмотрим теоретическую модель декарбонизации энергетической системы. Для ее реализации в Российской Федерации необходимо адаптировать национальный экономический сектор под процессы декарбонизации, которые происходят в мировой экономике, взяв, например, за основу модель развития framework. На схемах № 1–4 (рис. 1–4) можно рассмотреть эту модель подробнее.



Рис. 1. Схема № 1



Рис. 2. Схема № 2



Рис. 3. Схема № 3

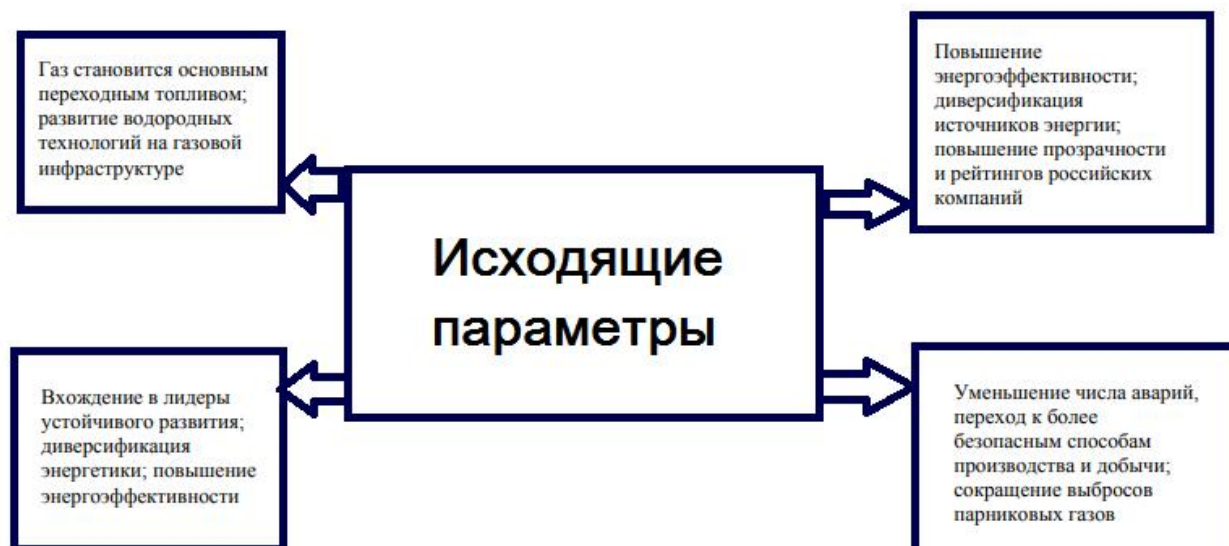


Рис. 4. Схема № 4

Проанализировав ситуацию в стране, можно прийти к выводу, что на законодательном уровне существует недостаточное количество подкреплений идей устойчивого развития или снижения парникового эффекта. Как вариант решения этой проблемы можно использовать международный опыт. Рассматривая мировую экономику в целом, выделим три метода обеспечения глобального климатического управления в энергетике.

1. Создание единой системы для решения проблемы декарбонизации.
2. Создание узконаправленных секторов из государств, которые будут решать вопросы, касающиеся определенных видов энергии.
3. Смешанная система, при которой основное учреждение курирует работу всех подразделений.

В заключение нужно отметить, что пандемия оставила свой отпечаток на функционировании энергетической отрасли, вследствие чего очень остро встала проблема энергетического перехода и возник повышенный интерес к ВИЭ. Для успеха модели декарбонизации требуется как применение современных технологий для возобновляемых источников энергии, так и какие-либо координирующие действия со стороны государства и экономики в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия долгосрочного развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года.
2. Порфирьев, Б.Н. Проблемы и перспективы развития альтернативной энергетики на современном этапе модернизации мировой и российской экономики / Б.Н. Порфирьев, С.А. Рогинко // Альтернативная энергетика как фактор модернизации российской экономики: тенденции и перспективы: сборник научных трудов. – М., 2016. – С. 10–37.

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИННОВАЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ

Илюхина Е.В. – студент

Дубовикова Е.Ю. – канд. экон. наук, доцент
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье представлена модель обучения студентов компаниями топливно-энергетического комплекса посредством электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, IT-технологий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: электронное обучение и дистанционные образовательные технологии, IT-технологии, инновации, компании топливно-энергетического комплекса.

ABSTRACT. The article presents a model of teaching students by companies of the fuel and energy complex through e-learning and distance learning technologies, IT technologies.

KEYWORDS: e-learning and distance learning technologies, IT technologies, innovations, fuel and energy complex companies.

В настоящее время технические вузы и компании топливно-энергетического комплекса (ТЭК) заинтересованы во взаимовыгодном сотрудничестве. Сферы образования и труда тесно взаимосвязаны друг с другом, вузы при подготовке кадров ориентируются на потребности рынка труда. Энергетические компании нуждаются в кадрах, знающих специфику предприятия, но выпускникам после завершения обучения необходимо приобретение дополнительных компетенций для работы в компании. Приобретение нужных компетенций может осуществляться за счет дополнительного обучения студентов предприятиями посредством информационных технологий.

По данным аналитической справки комитета по труду и занятости населения Волгоградской области, распределение потребности на 2020–2026 гг. в квалифицированных рабочих и специалистах по видам экономической деятельности, входящим в сферу обрабатывающего производства, представлено на рис. 1 [3].

По данным аналитической справки комитета по труду и занятости населения Волгоградской области, наиболее востребованные специальности уровня высшего профессионального образования представлены в табл. ниже [3].

Цели настоящей работы.

1. Применение модели обучения студентов компаниями ТЭК посредством электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, IT-технологий.

2. Настройка новой системы профориентационной работы с участием энергетических компаний, в том числе за счет системы олимпиад, хакатонов, кейс-игр и конкурсов профессионального мастерства.

3. Формирование позитивного имиджа и повышение интереса со стороны студентов (абитуриентов) к специальностям в энергетической отрасли.

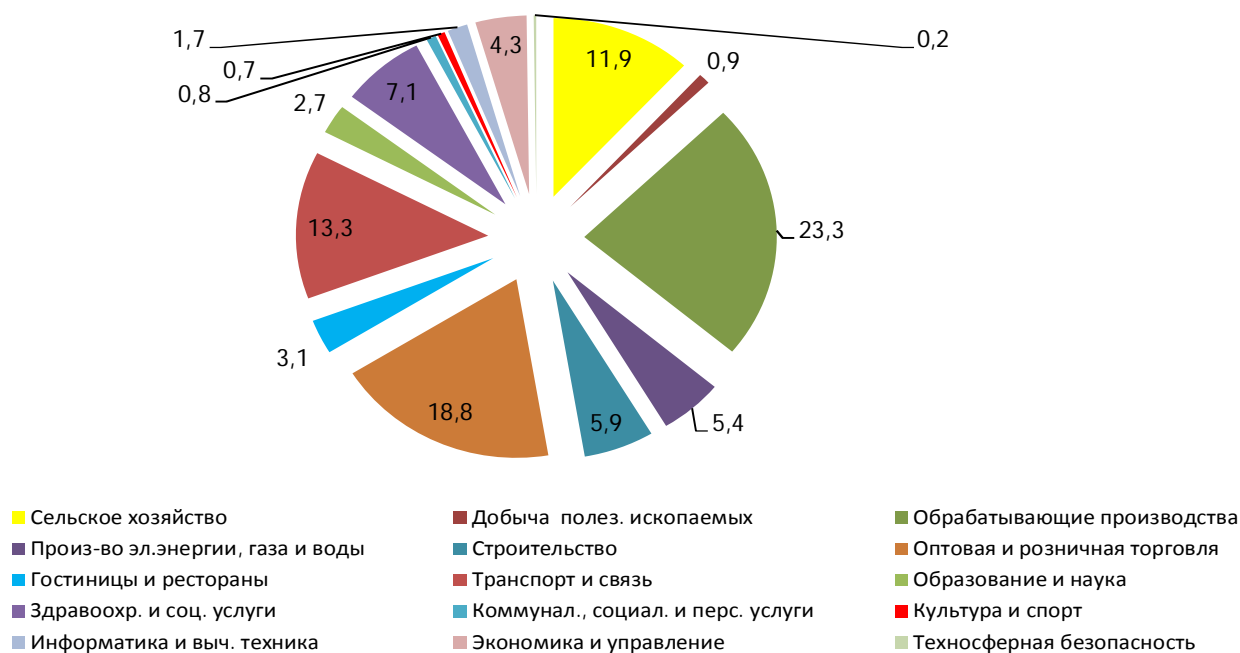


Рис. 1. Распределение потребности на 2020–2026 гг. в квалифицированных рабочих и специалистах по видам экономической деятельности

Перечень востребованных специальностей уровня высшего профессионального образования

Наименование	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Социальная работа	97	98	97	97	94	98	96
Педагогическое образование	141	85	85	80	91	88	82
Электроэнергетика и электротехника	66	78	76	66	69	101	124
Лечебное дело	97	90	86	74	64	56	54
Фармация и фармацевтическая технология	93	93	67	68	61	60	59
Сельское хозяйство	86	68	67	64	66	68	61
Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного производства	55	53	57	60	66	65	66

Модель обучения подразумевает закрепление наставника от предприятия ТЭК за учебной группой, установление тесного общения и взаимодействия между ними. В процессе взаимодействия группы с предприятием студенты усваивают требования и компетенции, предъявляемые работодателем. Для лучшего усвоения теоретического материала предлагается использование на

практических занятиях VR-очков для прохождения производственных квестов, качественного программного обеспечения и тренажеров [2].

От реализации данной модели обучения могут быть получены следующие преимущества.

1. Возможность индивидуального темпа обучения. График обучения подстраивается под график работы сотрудника предприятия ТЭК и расписание студентов.

2. Отсутствие территориальных ограничений для обучения. Предприятие ТЭК может располагаться в различных районах страны, для взаимодействия не требуется личное присутствие куратора.

3. Получение дополнительных знаний посредством информационных технологий.

4. Наставник организует помощь обучающимся в научных исследованиях и разработках.

5. Применение современных средств, электронных библиотек и современной техники.

6. Мобильность, своевременная и эффективная обратная связь между кураторами и студентами.

7. Кадровый потенциал. Выбор перспективных студентов.

8. Повышение качества знаний и навыков будущих сотрудников.

9. Уменьшение затрат предприятия на курсы повышения квалификации.

Данные программы обучения для студентов могут использоваться и для работы с сотрудниками компании [1].

При реализации данной модели обучения могут быть встречены следующие препятствия.

1. Административные барьеры.

2. Недостаточное материально-техническое оснащение участников кластера.

3. Недостаточная подготовленность участников кластера.

Такая практика реализуется на базе филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском. На рис. 2 представлена наглядная схема взаимодействия обучающихся Предприятия МЭИ (ПРУ МЭИ), студентов филиала и потенциальных работодателей.

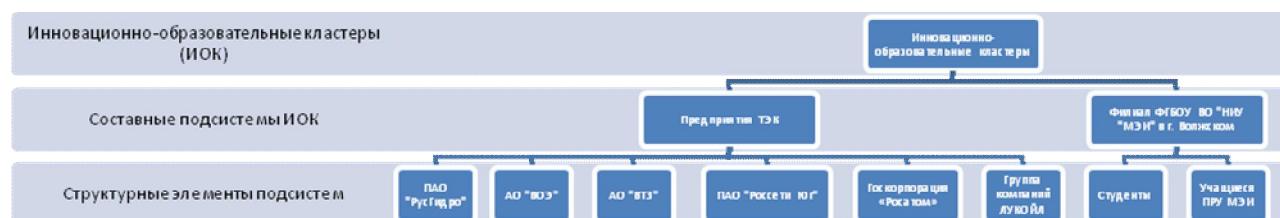


Рис. 2. Система инновационных образовательных кластеров

Потенциальными работодателями выступают компании – партнеры филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском: ПАО «РусГидро», АО «Волгоградоблэлектро», АО «Волжский трубный завод», ПАО «Россети Юг», Госкорпорация «Росатом», группа компаний «ЛУКОЙЛ».

Учащиеся ПРУ МЭИ со школьной ступени формируют для себя базу знаний и компетенции для обучения в техническом вузе, привыкают к специфике обучения в филиале НИУ «МЭИ» в г. Волжском, знакомятся с особенностями работы в топливно-энергетической отрасли.

Будучи уже студентами, они продолжают знакомство с предприятиями ТЭК, формируют навыки и компетенции для работы в компании, демонстрируют свои способности посредством участия в научно-исследовательских работах, олимпиадах и чемпионатах. Таким образом, талантливые и перспективные студенты попадают в кадровый резерв предприятия.

На базе филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском открыт IT-парк Волжский, где студенты в рамках научно-исследовательской работы, участия в хакатонах, решения кейсов разрабатывают, проектируют и внедряют в производство инновационные проекты и передовые технологии. Такая площадка способствует формированию базы знаний, навыков и опыта для исследования и решения актуальных проблем энергетики, что крайне необходимо для развития топливно-энергетической отрасли.

Таким образом, взаимодействие вуза и потенциальных работодателей является важным показателем современных тенденций деятельности вуза, что является важнейшим критерием его конкурентоспособности среди других образовательных учреждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колганов, Е.А. Использование электронного обучения и дистанционных образовательных технологий / Е.А. Колганов, Р.М. Сафуанов, Р.Т. Фархтдинов // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. – 2018. – № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-elektronnogo-obucheniya-i-distantsionnyh-obrazovatelnyh-tehnologiy> (дата обращения: 15.11.2021).

2. Кучер, О.Н. Варианты включения дистанционных образовательных технологий, электронного обучения в учебный процесс вуза / О.Н. Кучер // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27008> (дата обращения: 15.11.2021).

3. Аналитическая справка на 2020–2026 годы // Комитет по труду и занятости населения Волгоградской области: официальный сайт. – 2020. URL: <https://ktzn.volgograd.ru/current-activity/analytics/3989/> (дата обращения: 17.11.2021).

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ФУНДИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ-ЭНЕРГЕТИКОВ

Ходырева Н.Г. – канд. пед. наук, доцент

Устинова Л.Г. – канд. пед. наук, доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. Статья посвящена вопросам внедрения в учебный процесс вуза концепции фундирования содержания математического образования, которая предусматривает взаимодействие фундаментальной и профессиональной составляющих в подготовке инженеров-энергетиков.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фундирование, спираль фундирования, локальное фундирование, математика, векторная алгебра.

ABSTRACT. The article is devoted to the issues of introducing the concept of funding the content of mathematical education into the educational process of the university, which provides for the interaction of the fundamental and professional components in the training of power engineers.

KEYWORDS: funding, funding spiral, spiral principle, mathematics, vector algebra.

Одной из главных целей освоения дисциплин математического цикла в энергетическом вузе является приобретение студентами опыта реализации фундаментальных знаний в профессиональной сфере. Важна направленность изучения высшей математики на развитие навыков математического моделирования и экспериментального исследования в области энергетики, формирование готовности формулировать проблемы, устанавливать связи между исследуемым объектом и производственным процессом, анализировать данные, проводить расчеты, делать выводы. Вследствие этого проектирование содержания математической подготовки инженеров-энергетиков должно быть ориентировано на усиление профессиональной направленности процесса обучения математике.

Создание условий для повышения качества фундаментальной и прикладной математической подготовки будущих специалистов возможно посредством использования концепции фундирования знаний и опыта личности обучающегося. Концепция была разработана в Ярославском государственном педагогическом университете Е.И. Смирновым, Р.М. Зайниевым, В.В. Афанасьевым и другими учеными под руководством профессора В.Д. Шадрикова [1].

Согласно определению Р.М. Зайниева, *фундирование* – «это процесс создания условий для актуализации базовых учебных элементов школьной и вузовской математики с последующим теоретическим обобщением структурных единиц, раскрывающим их сущность, целостность и трансдисциплинарные связи в направлении профессиональных знаний и формирования личности специалиста» [2]. Отличительной особенностью концепции фундирования от

традиционного построения содержания образования является «определение профессионально-ориентированной теоретической основы для спиралевидной схемы развертывания и моделирования базовых учебных элементов в направлении их творческого обобщения» [1].

Спираль фундирования – это способ планирования и организации учебного процесса, построенный на установлении преемственности знаний, опыта и качеств личности обучающихся, с целью их развития от школьных характеристик до профессиональных компетенций будущего инженера-энергетика. Построение спирали фундирования предполагает установление взаимосвязи между содержательными линиями школьного и вузовского математического образования с целью расширения и углубления знаний в направлении профессионализации.

Спиралевидное моделирование предметных знаний направлено на изменение содержания дисциплины в направлении отбора теоретических положений, которые необходимы для решения профессиональных задач будущих инженеров-энергетиков. При этом школьные знания по математике выступают структурообразующим фактором, который позволяет отобрать теоретические знания из предметной области более высокого уровня и усилить школьный компонент математического образования на разных стадиях инженерно-технической подготовки.

Концепция фундирования математического образования в энергетическом вузе включает в себя следующие компоненты: базовые учебные элементы школьной и высшей математики, условия их использования и развития; профессионально-ориентированные задачи для развития мотивации учебной деятельности; спирали фундирования, содержание, этапы и уровни их развертывания; технологии фундирования, фундирующие комплексы задач [3, 4].

В процессе фундирования учебного элемента выделяются три уровня: локальный, модульный и глобальный [5]. Признаками локального фундирования являются:

- целостность структурного анализа видового обобщения базового школьного элемента, непосредственность и преемственность видового общения, выделение существенных связей;
- использование известной модели для изучения новых объектов и расширения количества ее компонентов и их смысловой нагрузки на следующем уровне обучения;
- применение обобщенных знаний и приемов практической деятельности на следующем витке спирали фундирования.

Учитывая, что основной целью изучения высшей математики для инженеров-энергетиков является применение полученных знаний в профессиональных дисциплинах, необходимо фундирование следующих содержательных линий школьного курса: функциональной зависимости, дифференциального и интегрального исчислений, векторной алгебры, решений систем линейных уравнений, элементов теории вероятностей и математической статистики.

Рассмотрим пример реализации идеи локального фундирования темы «Векторы. Метод координат». В курсе средней школы с понятием вектора на плоскости учащиеся впервые встречаются в 9-м классе на уроках геометрии. В 11-м классе этот материал изучается на новом уровне: рассматривается определение и приемы действий с векторами в пространстве. Содержание обучения включает в себя: понятие вектора, равенство, коллинеарность и компланарность векторов, координаты вектора, линейные операции над векторами в геометрической и координатной форме и определение скалярного произведения векторов и его свойства.

В курсе высшей математики, согласно учебному плану подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», элементы линейной алгебры, векторной алгебры и аналитической геометрии изучаются в первом семестре. Расширение системы знаний по теме «Векторная алгебра» идет в направлении изучения скалярного, векторного и смешанного произведения векторов, их свойств и геометрических приложений. Теоретическое обобщение материала предполагает освоение понятия векторного пространства и связанных с ним определений.

Множество векторов в трехмерном пространстве с введенными на этом множестве операциями сложения и умножения вектора на скаляр является самым простым примером векторного пространства, ярко иллюстрирующим выполнимость аксиом. Важным продвижением в направлении теоретического обобщения этой темы с учетом практического применения знаний является понимание векторного пространства как множества математических объектов произвольной природы, удовлетворяющих аксиомам векторного пространства.

В этом смысле векторами являются непрерывные функции, заданные на одном и том же промежутке, с введенными операциями сложения функций и умножения функции на число. Соответственно, на множество непрерывных функций распространяются важнейшие понятия векторного пространства: линейная зависимость и независимость системы векторов, размерность, базис.

Следующий виток спирали фундирования в развитии этой темы возникает на втором курсе в разделе «Ряды». Понятие скалярного произведения векторов и ортогональности выходит на новый уровень применительно к двум непрерывным на отрезке $[a, b]$ функциям, а именно: если $f(x)$ и $g(x)$ – непрерывные на отрезке $[a, b]$ функции, то их скалярным произведением называется число

$$(f, g) = \int_a^b f(x) \cdot g(x) dx.$$

Система функций $\varphi_n(x) (n \in N)$ на промежутке $[a, b]$ называется ортогональной, если $(\varphi_k, \varphi_l) = \int_a^b \varphi_k(x) \cdot \varphi_l(x) dx = 0$ при $k \neq l$.

Произвольную функцию $f(x)$, заданную на этом промежутке $[a, b]$, можно разложить по ортогональной системе векторов, как геометрический вектор рас-

кладывается в ортогональном базисе. Это разложение представляет собой тригонометрический ряд Фурье на промежутке $[-l, l]$

$$f(x) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(a_k \cos \frac{\pi k}{l} x + b_k \sin \frac{\pi k}{l} x \right),$$

где a_k, b_k – коэффициенты Фурье. Функции $1, \cos \frac{\pi k}{l} x, \sin \frac{\pi k}{l} x, \dots, k = 1, 2, \dots$ являются ортогональными на промежутке $[-l, l]$, так как скалярное произведение двух различных функций этой системы равно нулю. Таким образом, получаем периодическую функцию, описывающую некоторые колебательные движения в виде суммы гармоник. Иначе говоря, преобразование Фурье позволяет представить непрерывную сложную функцию в виде суммы бесконечного числа более простых тригонометрических (базисных) функций.

Следующий этап фундирования этой темы предполагает применение рядов Фурье для решения профессионально ориентированных задач. Например, при изучении дисциплины «Автоматизация технологических процессов» используют метод гармонической линеаризации. Его суть заключается в следующем: если при прохождении гармонического сигнала $A \sin \omega t$ через разомкнутую нелинейную систему на выходе получают синусоидальный сигнал в виде функции $\varphi(A \sin \omega t)$, которая является периодической, то она может быть разложена в ряд Фурье

$$\varphi(A \sin \omega t) = x^0 + \sum_{k=1}^n (A_k \sin \omega_k t + B_k \cos \omega_k t).$$

Ограничиваясь рассмотрением первой гармоники данного разложения, получают линейную зависимость между выходным и входным сигналами, то есть заданное нелинейное уравнение $\varphi(A \sin \omega t)$ можно заменить линейным.

При изучении дисциплины «Тепломассообмен», решая задачу распространения тепла, подводимого изнутри тела к поверхности посредством теплопроводности пластины, возникает необходимость при соответствующих краевых условиях решить дифференциальное уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial \theta}{\partial F_0} = \frac{\partial^2 \theta}{\partial X^2},$$

где θ – безразмерная избыточная температура; X – нормируемая безразмерная координата; F_0 – безразмерное время. Решение уравнения представляется в виде ряда Фурье

$$\theta(X, F_0) = \sum_{\varepsilon} e^{-\varepsilon^2 F_0} (C_1 \cos \varepsilon X + C_2 \sin \varepsilon X),$$

который определяет температуру пластины в любой момент времени.

Подводя итог, отметим, что содержание математического образования в энергетическом вузе необходимо рассматривать как единую систему знаний и методов, представляющих собой фундирование школьных учебных элементов. Построение спирали фундирования предусматривает согласование фундаментальной и профессиональной составляющих подготовки инженера-энергетика, формирование приемов научного мышления и методологической подготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подготовка учителя математики: инновационные подходы: учеб. пособие / под ред. проф. В.Д. Шадрикова. – М.: Гардарики, 2002. – 383 с.
2. Зайниев, Р.М. Реализация концепции фундирования в математической подготовке будущих специалистов / Р.М. Зайниев, Е.И. Смирнов // Ярославский педагогический вестник. – 2010. – № 2. – С. 144–151.
3. Лунгу, К.Н. Образовательный эффект фундирования преподавания математики в вузе / К.Н. Лунгу, Н.В. Измайлова, Н.Л. Борисова, В.Д. Ересов // Наука и современность. – 2016. – С. 32–36.
4. Шабалина, А.И. Основные характеристики оснащенных спиралей фундирования математико-методических умений будущего учителя математики / А.И. Шабалина // Ярославский педагогический вестник. – 2010. – № 4. – Том II. – С.123–129.
5. Лунгу, К.Н. Фундирование опыта личности как основа профессионально-прикладной направленности обучения студентов технических вузов / К.Н. Лунгу // Ярославский педагогический вестник. – 2009. – № 4 (61). – С.120–124.

АНГЛИЦИЗМЫ В РУССКОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ДИСКУРСЕ

*Соловьева Е.Ю.*¹ – студент

*Опара А.А.*² – канд. филол. наук, доцент

^{1,2}Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В данной статье рассмотрены понятийные группы англицизмов, которые активно используются в образовательном процессе. Данное языковое явление отрицательно влияет на словообразовательную систему русского языка, так как оно изменяет терминологию образовательного дискурса, наполняя сознание обучающихся непониманием коммуникативной интенции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: англицизмы, образование, словообразование, экстралингвистические факторы, дискурс.

ABSTRACT. In this article the conceptual groups of anglicisms that are actively used in the educational process are considered. This linguistic phenomenon negatively affects the word-forming system of the Russian language, as it changes the

terminology of educational discourse, filling the consciousness of students with a lack of understanding of communicative intentions.

KEYWORDS: anglicisms, education, word formation, extralinguistic factors, discourse.

Актуальность данного исследования обусловлена наплывом большого количества англицизмов в русское языковое сознание. Возникновение различных экстралингвистических факторов, в частности пандемии, способствовало частичному переходу сферы образования на дистанционное обучение. В результате чего образовательный процесс пополнился англицизмами, влияющими на формирование сознания молодежи. Цель данной работы заключается в составлении понятийного поля англицизмов в образовательном процессе. Задачи: 1) провести анализ теоретического материала в области словообразования англицизмов; 2) составить понятийное поле англицизмов, являющееся частью образовательного дискурса.

Согласно данным словаря Сергея Ивановича Ожегова, англицизм – это «слово или оборот речи какого-либо языка, которые заимствованы или образованы по образу английского языка» [1]. Например: инглиш, дистант, коворкинг, хакатон. Данные языковые явления всегда были объектом рассмотрения ученых из-за их влияния на словообразовательную систему русского языка. А.И. Дьяков констатирует, что частеречность слова (существительное, глагол, прилагательное) влияет на словообразовательную активность английских заимствований в русском языке, а их словообразовательный потенциал напрямую связан с актуальностью явления, называемого англицизмом [2].

С.Г. Апетян разбирает словообразовательную активность англицизмов в различных типах дискурса: массово-информационном, компьютерном, официально-деловом и научном, обращая внимание на большое количество жаргонизмов в компьютерном дискурсе [3].

Объектом нашего исследования являются англицизмы в образовательном дискурсе. Дискурс мы рассматриваем, как «текст в ситуации реального общения» [4]. Образовательный или педагогический дискурс, будучи частью институционального, обладает типовыми участниками (учитель, ученик), хронотопом (время, закрепленное за учебным процессом (школьный урок, лекция)) и место (школа, класс, учебная аудитория), целью, ценностями, стратегией, жанрами, прецедентными текстами и дискурсивными формулами [4]. Если считать целью педагогического дискурса социализацию нового члена общества, то есть овладение ценностями, знаниями, культурой данного социума, следовательно, наличие большого количества англицизмов изменяет терминологию дискурса, наполняя сознание обучающихся непониманием «коммуникативной интенции» [4].

Под влиянием экстралингвистического фактора, пандемии, произошли значительные изменения в лексиконе. Например, слова «коронавирус», «дистант», «карантин», «пандемия» и «удаленка» закреплены в прецедентных текстах (приказы, отчеты, программы) педагогического дискурса современного общества.

На материале интернет-сайтов, толковых словарей мы выделяем следующие понятийные группы англицизмов, которые стали актуальными в последнее время в образовательной сфере под влиянием экстралингвистических факторов.

1. Англицизмы, обозначающие новые техники «прокачки» профессиональных навыков: а) слово «тьютор» образовано от английского tutor – наставник, репетитор, преподаватель, неформальная педагогическая должность. Синонимы: репетитор, частный преподаватель. Словообразовательная продуктивность: существительные (тьютор, тьюторство, тьюторант), прилагательное (тьюторское сопровождение). Лексема «ментор» греческого происхождения – наставник, воспитатель, – часто употребляемая в образовательном дискурсе, не является англицизмом.

2. Англицизмы, обозначающие коммуникативные способы получения образования: а) слово «кейс» образовано от английского case – обстоятельства, реальный случай, на котором разбираются теоретические идеи. Словообразовательная активность: существительное (метод кейсов, кейс-технология, кейс-стади); б) слово «хакатон» образовано от английского hackathon соединением двух основ – hacker (хакер) + marathon (марафон), это форум для разработчиков, во время которого специалисты из разных областей разработки программного обеспечения (программисты, дизайнеры, менеджеры) вместе решают какую-либо проблему за определенное время. Словообразовательная активность низкая, употребляется только как существительное.

3. Англицизмы, обозначающие электронные и цифровые технологии в обучении: а) слово «клип» образовано от английского clip. Словообразовательная активность: существительное (видеоклип). Синонимы: видеоматериал, видеоролик; б) курс обучения без физического контакта преподавателя и студента: дистанционный (курс). Синонимы: удаленный, кнопочный, пусковой, портативный, автоматический. Словообразовательная активность: существительное (дистант), прилагательное (дистанционный). Ассоциативный ряд: дистанционное обучение/управление/трубка/начальник; в) место (пространство): виртуальный университет, виртуальная аудитория, интернет-класс, вебинар; г) специальные устройства: электронный учебник, стилус, лэптоп; д) методы обучения: слово «коучинг» образовано от английского coaching в процессе которого человек, называемый коучем, помогает обучающемуся достичь некой жизненной или профессиональной цели. Данная лексема сочетается с прилагательными (эффективный, индивидуальный), существительными (процесс коучинга, в формате коучинга), глаголами (заниматься, приступить); е) задание: слово «веб-квест» произошло от английского webquest.

Таким образом, приведенные выше понятийные группы свидетельствуют о большом количестве англицизмов в образовательном процессе, что подтверждает низкую словообразовательную активность русского языка и отсутствием актуальных явлений в русском языковом сознании, требующих заимствования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ожегов, С.И. Толковый словарь русского языка / С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова. – 4-е изд., доп. – М.: ИТИ Технологии, 2015. – 944 с.
2. Дьяков, А.И. Словообразовательный потенциал и словообразовательная активность англицизмов в русском языке / А.И. Дьяков // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 4 (5). – С. 252–256.
3. Апетян, С.Г. Словообразовательная активность англицизмов в различных типах дискурса / С.Г. Апетян // Культурная жизнь Юга России. – 2011. – № 3 (41). – С. 86–88.
4. Карасик, В.И. Языковой круг: личность, концепты, дискурс / В.И. Карасик. – Волгоград: Перемена, 2002. – 477 с.

МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ КАК СРЕДСТВО ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО ДОЗИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ У СТУДЕНТОВ ВУЗА В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19

Косухина П.В. – студент

Ишанова О.В. – канд. пед. наук, доцент

Наумов Д.В. – доцент

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

АННОТАЦИЯ. В статье рассматривается актуальность применения мобильных приложений в качестве средства физического воспитания при самостоятельных занятиях спортом студентами вуза, а также контроля и планирования нагрузок. Представлена структура блоков занятий по методу *Run-Walk-Run*, направленная на физическую подготовку, снятие нервного напряжения у студентов, находящихся на удаленном обучении, которое может быть вызвано большим объемом учебной работы и умственной напряженностью.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мобильные приложения, физическое воспитание, студенты вуза, дистанционное образование, самостоятельные занятия, двигательная активность.

ABSTRACT. The article discusses the relevance of using mobile applications as a means of physical education in the independent exercise of university students, as well as control and planning loads. Presented the structure of blocks of classes using the method *Run-Walk-Run*, aimed at physical training, relieving nervous tension in students who are remote learning, which can be caused by a large amount of academic work and mental stress.

KEYWORDS: mobile applications, physical education, university students, distance education, self-study, motor activity.

Двигательная активность – один из важнейших компонентов здорового образа жизни студентов, в основе которого лежит систематическое,

соответствующее возрасту, полу, состоянию здоровья использование физических нагрузок. Она представляет собой сочетание разнообразных двигательных действий, выполняемых в повседневной жизни, в организованных и самостоятельных занятиях физическими упражнениями и спортом.

Так, в результате исследования М.Я. Виленского, двигательная активность студентов в период учебных занятий составила всего 56–65 % необходимого двигательного режима, а во время экзаменов и того меньше – 39–46 % от минимальной нормы [1], и это при очном обучении. При дистанционной работе двигательная активность уменьшается в разы.

Организация учебного процесса по физическому воспитанию становится еще более актуальной в период пандемии коронавируса COVID-19, которая изменила все стороны привычного уклада жизни людей и не могла не затронуть проведение учебных занятий по физической культуре в вузе, которые повсеместно были переведены на дистанционный режим.

Отличительной чертой современного образования является повышение многообразия форм и видов организации учебной деятельности. Информационные технологии, интегрированные с педагогическими системами и методами, позволяют сегодня значительно увеличить возможности обучающихся в выборе и реализации индивидуально ориентированной траектории образования, в том числе физической подготовки и развития [2–4]. Режим вынужденной самоизоляции нивелировал фундаментальные принципы тренировки – систематичность и непрерывность [3, 5], что отрицательно сказалось на перспективном планировании учебных занятий. Активное внедрение в образование современных информационных технологий изменяет образовательный процесс, его содержательную, организационную и методические основы.

В современном мире сотовая связь прочно вошла в нашу жизнь. С наплывом мобильных устройств и с развитием технологий облачных вычислений в образовании развивается мобильное обучение (mobile learning, m-learning). С технологической точки зрения мобильное обучение – это передача и получение учебной информации с использованием технологии WAP или GPRS на любое портативное мобильное устройство, при помощи которого можно выйти в Интернет, получить или найти материалы, ответить на вопросы в форуме, сделать тест и т. п. Все новое и современное больше всего интересует новое поколение, молодежь активно пользуется смартфонами и мобильными приложениями, которые стали для них самыми популярными и действенными спортивными гаджетами. С их помощью действительно удобно отслеживать свои тренировки, собирать статистику, планировать свои будущие занятия.

Для педагога использование мобильных приложений, а также использование интернет-ресурсов дает возможность достичь ощутимых результатов в решении актуальных задач:

- устойчивого интереса и потребности в двигательной активности;
- повышение интереса к самостоятельным занятиям физическими упражнениями;

- формирование навыков мониторинга физических нагрузок и умение осуществлять обработку информации.

Педагогом в практике физкультурных занятий мобильные приложения применяются в качестве текущего контроля, коррекции результатов двигательной деятельности, оптимизации процессов тестирования физического и психического состояния.

Цель – совершенствование технологии конструирования учебных программ по физической культуре для студентов, находящихся на дистанционном обучении.

За основу была взята методика Run-Walk-Run, которую в 1973 году разработал американский бегун и тренер Джеф Галловэй. При применении данного метода соблюдаются одни из главных принципов спортивной и оздоровительной тренировок: «постепенность» и «динамичность». Сложно судить о последствиях COVID-19 на сердечно-сосудистую и дыхательную системы организма во время выполнения физических упражнений, поэтому считаем, что чередование ходьбы и бега является наиболее универсальным средством.

Этот метод подойдет для начинающих бегунов, для которых полчаса бега кажутся «мучением», а также для студентов, которые уже были в хорошей форме, но из-за вынужденной изоляции пропустили регулярные тренировки. Поэтому студентам, которые большую часть рабочего или учебного времени находятся в сидячем положении и часто имеют избыточный вес, этот метод поможет частично восполнить недостаток движения. Также важным моментом является то, что во время сегментов ходьбы снижается нагрузка не только на сердце, но и на опорно-двигательный аппарат, что уменьшает риск получения травмы. Чаще всего они случаются именно из-за перегрузки мышц, суставов, связок и сухожилий. Психологический аспект тоже присутствует: после сегментов бега во время ходьбы активно вырабатываются эндорфины, которые приносят чувство удовольствия и эйфории. Организм запоминает это состояние, ассоциируя его с тренировками. Своего рода происходит «перезагрузка» всего организма.

Установлено, что динамика сохранения умственной работоспособности и высокой умственной активности зависят от объема физических нагрузок в режиме дня. Вследствие этого наблюдается тесная связь между физической и умственной работоспособностью [6].

Методы и организация исследования. Педагогический эксперимент был проведен с участием студентов первого и второго курсов факультетов «Теплоэнергетика» и «Электроэнергетика» филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском, которые находились на дистанционном обучении в период с марта 2020 года по февраль 2021 года. Студентам была предложена программа, состоящая из четырех недельных блоков, с дозированной физической нагрузкой. Во время выполнения задания использовались мобильные приложения и фитнес-трекеры. Обратная связь осуществлялась через сбор информации в виде скриншот-активности, где имелась также информация о средней ЧСС, среднего темпа движения, продол-

жительности по времени тренировки, каденса, количества потраченных калорий, зоны сердечного ритма, времени пауз.

Пример плана практической работы по физической культуре с использованием мобильных приложений на первую и четвертую недели четвертого модуля приведен в табл. 1, 2.

Таблица 1

План работы на первую неделю модуля

Дни недели	Выполняемая работа	Повтор задания
Понедельник	Бег 2 мин. + ходьба 2 мин.	Повтор 10 раз
Вторник	Ходьба в медленном темпе 30 мин.	–
Среда	Бег 3 мин. + ходьба 2 мин.	Повтор 7 раз
Четверг	Ходьба в медленном темпе 30 мин.	–
Пятница	Бег 4 мин. + ходьба 1 мин.	Повтор 6 раз
Суббота	День отдыха	–
Воскресенье	День активного отдыха	–

Таблица 2

План работы на четвертую неделю модуля

Дни недели	Выполняемая работа	Повтор задания
Понедельник	Бег 7 мин. + ходьба 3 мин.	Повтор 4 раза
Вторник	Ходьба в медленном темпе 30 мин.	–
Среда	Бег 7 мин. + ходьба 3 мин.	Повтор 4 раза
Четверг	Ходьба в медленном темпе 30 мин.	–
Пятница	Бег 8 мин. + ходьба 3 мин.	Повтор 3 раза
Суббота	День отдыха	–
Воскресенье	День активного отдыха	–

Стоит заметить, что по мере продолжительности практической работы повышалась нагрузка, благодаря которой организм не привыкал к постоянным упражнениям.

Вывод

На основе анализа и обобщения результатов проведенного педагогического эксперимента можно констатировать, что реализация экспериментальной программы с использованием методики Run-Walk-Run и применением мобильных приложений на учебных занятиях по физической культуре обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным обучением.

1. Наблюдение за собственным прогрессом является серьезной мотивацией для поддержания двигательной активности, что способствует воспитанию у обучающихся привычки к занятиям спортом и физической культурой.

2. Полученные результаты помогут преподавателю физической культуры при составлении индивидуальной траектории двигательной активности студента.

3. Студенты не прерывали учебный процесс, не потеряли спортивной формы (сохранили, а в отдельных случаях и улучшили уровень общей выносливости на 19 %).

Таким образом, домашние занятия физической культурой при использовании дистанционных технологий, а именно мобильных приложений, можно считать средством, обеспечивающим взаимодействие преподавателя с каждым из воспитанников в период вынужденной самоизоляции, а также поддержание непрерывности учебно-тренировочного процесса и его эффективность в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виленский, М.Я. Основы здорового образа жизни студентов: учебное пособие / М.Я. Виленский, А.Г. Горшков. – М.: МНЭПУ, 1995. – 96 с.

2. Блоховцова, Г.Г. Перспективы развития дистанционного обучения / Г.Г. Блоховцова, Т.Л. Маликова, А.А. Симоненко // Новая наука: Стратегии и векторы развития. – 2016. – № 118 (3). – С. 89–92.

3. Левина, И.Л. Дистанционные образовательные технологии в организации онлайн-тренировок / И.Л. Левина // Norwegian Journal of development of the International Science. – 2020. – № 42. – С. 66.

4. Калина, И.Г. Использование электронных образовательных ресурсов в физическом воспитании школьников / И.Г. Калина, И.А. Самохвалова, О.В. Зайнеева, Т.В. Власенко // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 6 (172). – С. 108–113.

5. Тагиров, Д.Т. Методика проведения занятий в школьной секции борьбы / Д.Т. Тагиров, Н.П. Тагирова // Формирование физической культуры и культуры здоровья учащихся в условиях модернизации образования. – 2015. – С. 245–246.

6. Сосуновский, В.С. Влияние спортивной деятельности на личностные качества студентов / В.С. Сосуновский, А.И. Заглевская // Физическая культура и здоровье. – 2016. – № 3 (58). – С. 82–86.

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарные доклады

Скоков Р.Ю. Роль государственных организаций: от информационной революции к глобальному энергопереходу.....	3
Родионов А.К. Контроль чистоты водорода в энергетике.....	8
Крылов М.Э., Низамова А.Ш. Перспективы совершенствования атомных реакторов атомных электростанций с двухконтурной системой.....	14
Кутин А.Г. Об особенностях измерения удельной электрической проводимости воды для лабораторного анализа (ГОСТ Р-52501).....	17
Лойко А.В., Каграманов Г.Г., Шибанов И.В., Парусов Д.В., Бланко-Педрехон А.М. Очистка попутно-добываемой воды до качества питательной воды паровых котлов.....	22
Roberto Vizcón Toledo, Nelson Santiago López Ripoll, Alberto Eduardo Calvo González, Yanán Camaraza Medina, Jorge Emilio Vizcón Villarreal. Nexus among Thermo-economic productivity and environmental sustainability.....	25

Секция «Электроэнергетический комплекс»

Хропост Д.А. Анализ необходимости реализации ремонтной программы энергетических предприятий по техническому состоянию энергетического оборудования.....	37
Николаева С.И., Арванитаки Н.В., Некшин Б.Б. Релейная защита и автоматика фазоповоротного трансформатора Волжской ГЭС.....	41
Кулин Г.В., Николаева С.И. Внедрение конструкции активного энергетического комплекса для агрокомплекса «Волжский».....	46
Валирахманова И.Р., Вилданов Р.Р. К вопросу безопасности светодиодного освещения.....	51
Бабенко П.А., Колесов В.А., Савельева А.Т. Использование системы видеонаблюдения с нейросетью в зарядных станциях для электротранспорта.....	55
Табачникова Т.В., Грачева Е.И., Швецова Л.В. Исследование устойчивой работы погружного асинхронного двигателя с ЭЦН при снижении напряжения питания.....	57
Батчаева Л.М., Звезинцев Д.А. Терминал быстрой зарядной станции для электромобиля.....	64
Рябикова Т.А., Иваницкий М.С. Анализ характеристик инвертора при проектировании солнечной электростанции.....	69
Чернобаева Л.А. Анализ методов борьбы с обледенением на ЛЭП.....	73
Герасимов А.С., Зенина Е.Г. Использование комбинированных проводов в сетях 0,4 кВ.....	78
Коробов К.А., Крылов А.Д. Быстрая зарядная станция для электромобилей.....	81

Бекметов Т.И. Применение анализа растворенных в масле газов для оценки состояния измерительных трансформаторов.....	83
--	----

Секция «Цифровизация энергетики»

Мещеряков Д.А., Курьянов В.Н. Исследование эффективности функционирования программных комплексов на современном предприятии.....	91
Баймурзин А.Х., Богданова Н.В. Внедрение передовых цифровых технологий в энергетическую отрасль России.....	96
Казиханов А.Р., Мавлеев Р.Р., Богданова Н.В. Оптимизация производственных процессов с помощью MES-системы.....	99
Варганова А.М., Закирова И.А. Цифровизация в теплоэнергетике Российской Федерации.....	102
Пономаренко Д.Д., Гришин С.С. Обработка программными средствами результатов, полученных при экспериментальном изучении работы модели автоколебательного ветродвигателя.....	108
Чернобаева Л.А. Анализ применения нейронных сетей для прогнозирования в энергетической системе.....	117
Попова М.В., Юрина В.Ю., Зенина Е.Г. Аспекты эффективного внедрения микропроцессорных устройств РЗиА в современные энергосистемы.....	121
Попова М.В., Зенина Е.Г. Актуальные направления развития алгоритмов функционирования МП РЗ.....	125

Секция «Теплоэнергетический комплекс»

Варганова А.М., Закирова И.А. Повышение эффективности систем теплоснабжения.....	128
Колтун Ю.А., Говорухина М.Б., Иваницкий М.С. Оценка эффективности и надежности работы градирен ТЭС испарительного типа.....	133
Васильев А.Р., Кострюков С.А., Иваницкий М.С. Анализ и оценка условий формирования нормативов экологических платежей за выбросы парниковых газов в атмосферу от объектов теплоэнергетики.....	138
Кострюков С.А., Васильев А.Р., Гусева Ю.В. Обоснование конструктивных параметров и создание физической модели ветрогенератора для комплексного исследования рабочих характеристик в лабораторных условиях.....	142
Сорокин К.С. Анализ тепловыделяющих сборок ядерных реакторов.....	146
Акберова Г.И., Зиганишин М.Г. Лизинг и кредит как способы финансирования перевода учебного корпуса КГЭУ на децентрализованное теплоснабжение.....	149

Кудрявцев А.Ю., Болдырев И.А. Сравнительное исследование эффективности различных типов теплоизоляционных материалов для энергетического оборудования.....	153
Камалиева Р.Ф., Филимонова А.А. Технологии улавливания углекислого газа при работе топливного элемента.....	157
Гаврилин В.В., Печенкин А.В., Филимонова А.А. Создание пилотной водородной заправочной станции на базе высшего учебного заведения.....	162
Житников М.А., Чубрина О.А., Спиридонов Д.А., Одоевцева М.В. Исследование и разработка мероприятий по повышению тепловой экономичности котельного оборудования Волжской ТЭЦ.....	166
Чубрина О.А., Житников М.А., Агринская С.А. Разработка и исследование системы автоматического управления компрессорной установкой.....	172
Балашенков А.Е., Николаева С.И. Разработка мер по улавливаю парниковых газов на Волжском трубном заводе.....	176
Фатыхов И.И., Чичиров А.А. Мировой опыт применения водородного топливного элемента на автотранспорте.....	182

Секция «Физико-химические процессы в энергетике»

Дудина А.Д., Савенко А.В., Одоевцева М.В. Влияние структуры слабоосновных анионитов различных производителей на их эксплуатационные свойства.....	185
Мишакова А.А., Одоевцева М.В. Влияние режима эксплуатации обратноосмотических установок на регенерацию мембранных элементов.....	190
Гапеку М., Власова А.Ю. Современные технологии водоподготовки на тепловых электрических станциях.....	195
Гарифуллина А.М. Технологии для удаления жесткости воды и предотвращения накипи.....	199
Мирошниченко Д.В., Козлова А.А., Шалыгин М.Г., Свитцов А.А., Сапегин Д.А. Мембранный метод подготовки природного газа: удаление паров воды и метанола.....	202
Чумаков Н.Г., Перелыгин Т.В., Одоевцева М.В., Афонин А.В. Исследование и разработка статистических моделей расчета показателей надежности оборудования ТЭС с учетом параметров водно-химического режима.....	207
Со Тхурейн, Лин Маунг Маунг, Свитцов А.А. Реагентно-мембранное разделение для умягчения воды.....	213
Дегтярь А.С., Смирнов А.А., Смирнов В.Б. Определение общего содержания растворенных органических веществ в природных водах методом спектрофотометрии.....	219
Астахов Е.Ю., Астахова А.Ю., Панкратов А.А., Горобец С.В. Изучение свойств различных фильтрационных материалов производства ГК «Обнинские фильтры» при очистке гидравлических масел.....	223

Жохов В.Н. Техэксперт: Цифровые кабинеты.....	229
Свитцов А.А., Быков В.И., Титов А.А., Ильина С.И., Равичев Л.В., Логинов В.Я. Электро-массообменные процессы в решении экологических проблем.....	234
Свитцов А.А., Титов А.А., Быков В.И., Ильина С.И., Равичев Л.В., Логинов В.Я. Применение электродиализа с использованием пульсирующего тока при переработке растворов.....	239
Чернобаева Л.А. Анализ методов утилизации твердых отходов производства.....	244
Дудин Д.В., Агринская С.А. Разработка методики построения системы мониторинга генерирующих объектов на основе цифровых технологий.....	248

Секция «Образование в энергетической отрасли»

Дубовикова Е.Ю., Егоров Г.Г. Современные тенденции развития высшего образования в цифровой экономике.....	253
Соловьева Е.Ю., Дубовикова Е.Ю. Декарбонизация экономики России.....	258
Илюхина Е.В., Дубовикова Е.Ю. Современные информационные технологии инновационного обучения в вузе.....	262
Ходырева Н.Г., Устинова Л.Г. Реализация концепции фундирования в процессе математической подготовки инженеров-энергетиков.....	266
Соловьева Е.Ю., Опара А.А. Англицизмы в русском образовательном дискурсе.....	270
Косухина П.В., Ишанова О.В., Наумов Д.В. Мобильные приложения как средство физического воспитания и рационального дозирования физической нагрузки у студентов вуза в период пандемии COVID-19.....	273