

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

№ 1 (103) январь–февраль 2025

8
Марта



Сгенерировано нейросетью

С праздником!

17 Сохраняем традиции качества
стр.

29 Вибрационный мониторинг турбогенераторов Белорусской АЭС
стр.

50 Атомная энергетика – это будущее
стр. По итогам форума «Атомная энергетика: новые возможности
для инновационного развития национальной экономики»

53 К 80-летию Великой Победы
стр. О ветеранах и участниках Великой Отечественной войны Брестчины



9 772310 673007

ISSN 2310 - 0735





НАУКА. ИННОВАЦИИ. ОПЕРЕЖЕНИЕ

26 января 2025 года

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
СТРАТЕГИЯ**

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ПОДПИСКА – 2025

Оформить подписку можно:

в редакции

по тел./факсу +375 17 286-08-28

электронная почта

2934682@mail.ru

oao@economenergo.datacenter.by

на сайте

energystrategy.by

в любом почтовом отделении

подписной
индекс
009382



Учредитель
**МИНИСТЕРСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Редакционная коллегия:

- Мороз Д.Р.**, к.т.н., доцент, заместитель Министра энергетики Республики Беларусь (председатель)
- Реентович С.В.**, заместитель Министра энергетики Республики Беларусь (заместитель председателя)
- Бондарь А.М.**, первый заместитель генерального директора – главный инженер атомной электростанции республиканского унитарного предприятия «Белорусская атомная электростанция»
- Грунтович Н.В.**, д.т.н., профессор кафедры «Теплоэнергетика и эффективное использование ТЭР» УО «ГППК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»
- Жемжуров М.Л.**, д.т.н., доцент
- Закревский В.А.**, к.т.н., директор Департамента энергетики Евразийской экономической комиссии
- Карницкий Н.Б.**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции» БНТУ
- Ковалев Д.В.**, заместитель генерального директора по оперативной работе – главный диспетчер ГПО «Белэнерго»
- Майоров В.В.**, генеральный директор ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»
- Панченко А.В.**, генеральный директор ГПО «Белэнерго»
- Пенязьков О.Г.**, д.ф.-м.н., академик НАН Беларуси, директор Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси
- Прищепов М.А.**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электрооборудование сельскохозяйственных предприятий» БГАТУ
- Рыков А.Н.**, к.т.н., заместитель главного инженера по тепломеханической части РУП «Белнипиэнергопром»
- Седнин В.А.**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника» БНТУ
- Шавловский Д.В.**, первый заместитель генерального директора ГПО «Белтопгаз»
- Издатель: открытое акционерное общество «Экономэнерго»

Редакция:

Главный редактор	Федосеенко Н.В.
Зам. главного редактора	Гончар О.В.
Выпускающий редактор	Моисеева Е.Н.
Редактор	Лемехова Д.Д., Соболев О.В.
Компьютерный дизайн и верстка	Яценко О.А.
Реклама	Тропашко С.А.

По вопросам размещения рекламы
обращайтесь по тел.:

+375 17 2860828, +375 29 3991104, +375 33 3191104

Адрес редакции: 220088, г. Минск, ул. Захарова, 59.
Т/ф: +375 17 2860828, +375 17 2934682,
+375 29 3991104, +375 33 3191104
e-mail: oao@economenergo.datacenter.by, 2934682@mail.ru
www.energystrategy.by

Цена свободная. Свидетельство о регистрации журнала № 931
от 27.08.2010.

Отпечатано ООО «НАВИТЕХ». ТМ «ГРАДИЕНТ».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий №2/194
от 23.02.2017г. Республика Беларусь, 220024, г. Минск,
ул. Бабушкина, 6А, комн. 204.
Подписано в печать 20.02.2025 г., формат 60х90/4,
тираж 1285 экз., заказ № 3399.

© ОАО «Экономэнерго», 2025



Минэнерго Официальный

главные новости, важные события,
актуальные комментарии



НОВОСТИ

- 2 Государство и общество
- 4 ТЭК Беларуси
- 7 Выход стран Балтии из БРЭЛЛ не окажет влияния на надежность синхронной работы энергосистем Беларуси и России
- 8 Моя Беларусь – место силы
По итогам выставки достижений суверенной Беларуси
- 14 Мировая энергетика

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

- 17 Сохраняем традиции качества
Ю.А. Шмаков, Е.Н. Долбик
- 20 Применение современного поста микроконтроля с программным обеспечением для металлографических исследований
О.Л. Синькевич
- 22 Возможные пути модернизации двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа на электрическую энергию
Б.В. Пекелис

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 26 Опыт создания информационного комплекса для автоматизации учета технической документации оперативно-диспетчерских служб
А.А. Ковзан, Н.А. Попкова

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

- 29 Вибрационный мониторинг турбогенераторов Белорусской АЭС
*А.Б. Петрашкевич, М.А. Шевалдин,
Е.В. Шеметовец*
- 34 Основы эффективного управления ресурсом оборудования АЭС. Часть 2
П.К. Нагула, Е.В. Жилинская

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГОГАЗНАДЗОР

- 38 Основные нарушения при эксплуатации систем внутреннего газоснабжения в жилищном фонде
Н.К. Варонька

НАУКА – ЭНЕРГЕТИКЕ

- 40 О конечных формах упаковок для захоронения радиоактивных отходов низкой активности Белорусской АЭС
М.Л. Жемжуров, Д.И. Павлов
- 46 Оценка биоэнергетической эффективности транспортной логистики щепы быстрорастущей ивы
А.А. Бутько, В.А. Пашинский, Г.Э. Мазейко

ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

- 50 Атомная энергетика – это будущее
По итогам форума «Атомная энергетика: новые возможности для инновационного развития национальной экономики»

БЕЛАРУСЬ ПОМНИТ

- 53 Самая большая награда – жизнь
80-летию Великой Победы посвящается

ЭКОЛОГИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

- 57 Производственный учет выбросов парниковых газов как инструмент устойчивого развития энергетики
Д.В. Мелех

МИРОВОЙ ОПЫТ

- 60 Малые модульные реакторы: наработки и перспективы
- 63 Тенденции развития возобновляемой энергетики в мире
Ю.А. Станецкая, А.И. Туровец

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

- 66 Возможности IT-фасилитации при организации непрерывного профессионального обучения взрослых
*П.А. Кабанов, М.М. Бахолдина,
Е.Н. Капешко*

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ПРАВО

- 69 Новости законодательства (январь–февраль)

ПОДВЕДЕНЫ ИТОГИ ВЫБОРОВ ПРЕЗИДЕНТА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ – 2025

3 февраля Центральная избирательная комиссия Беларуси подвела итоги выборов Президента Республики Беларусь, состоявшихся 26 января 2025 года.

ЦИК констатировала, что кампания проведена в сроки, установленные национальным законодательством, на основании требований Конституции и Избирательного кодекса, в полном соответствии с принципами открытости и гласности, с привлечением национальных и иностранных наблюдателей. Участие в голосовании приняли 5 916 195 избирателей. Президентом Беларуси избран Лукашенко

Александр Григорьевич, за кандидатуру которого подано 5 136 293 голоса, или 86,82 %, то есть более половины голосов граждан, принявших участие в голосовании.

Председатель ЦИК Игорь Карпенко отметил, что выборы завершили электоральный цикл по формированию органов госуправления на основе обновленного конституционного законодательства. Задача на ближайшее будущее – обобщить практики его применения, выработать предложения по совершенствованию избирательных процедур, в том числе с применением элементов цифровизации.

3 февраля в соответствии с Конституцией Республики Беларусь Правительство в полном составе сложило свои полномочия перед вновь избранным Главой государства. Для обеспечения бесперебойной работы исполнительной власти Александр Лукашенко поручил Премьер-министру, его заместителям, министрам, председателям госкомитетов и руководителю Аппарата Совета Министров продолжить выполнение обязанностей до формирования нового Правительства. В этот же день Глава государства подписал соответствующий Указ.

ПОДВИГИ ВОИНОВ-ИНТЕРНАЦИОНАЛИСТОВ ЖИВУТ В СЕРДЦАХ ПОТОМКОВ

15 февраля в Беларуси традиционно отмечается День памяти воинов-интернационалистов, установленный Указом Президента Республики Беларусь от 26 марта 1998 года № 157. Этот день свят для тех, кто воевал в Афганистане, и членов семей погибших. С 1979 по 1989 год в Афганистане служило около 32 тыс. белорусов.

В канун Дня памяти в республике прошли торжественно-траурные мероприятия, встречи представителей местных исполнительных органов власти, управлений социальной защиты и здравоохранения, коммунальных и юридических служб с ветеранами, инвалидами афганской войны, членами семей погибших. В г. Минске на Острове Мужества и Скорби состоялся митинг, посвященный Дню памяти воинов-интернационалистов.

В обращении к тем, кто участвовал в военных действиях в Афганистане, Президент Беларуси Александр Лукашенко отметил: «С честью выполняя свой интернациональный долг, вы защищали дружественный народ Афганистана от междоусобных войн и конфессиональных противоречий. Закладывая основу развитой экономики и современной социальной инфраструктуры, открывали для среднеазиатской страны новую страницу ее истории. Спустя десятки лет подвиги молодых ребят



и опытных командиров продолжают жить в сердцах благодарных потомков».

Глава государства подчеркнул, что воины-интернационалисты и ветераны войны в Афганистане, внося весомый вклад в патриотическое воспитание молодежи, прививают любовь к Отечеству, содействуют сохранению мира и спокойствия на родной земле.

В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ОБЪЯВЛЕНЫ ГОД БЛАГОУСТРОЙСТВА И ПЯТИЛЕТКА КАЧЕСТВА

Решениями Главы государства 2025 год объявлен в Республике Беларусь Годом благоустройства, а 2025–2029 годы – пятилеткой качества. Соответствующие указы Александр Лукашенко подписал 3 февраля 2025 года.

В рамках Года благоустройства будут приняты масштабные меры

по наведению порядка на земле, благоустройству населенных пунктов, производственных объектов, поддержанию в надлежащем состоянии территорий вдоль автомобильных и железных дорог.

Пятилетка качества предусматривает всесторонние преобразования,

направленные на достижение высоких стандартов качества жизни, рост благосостояния общества, повышение эффективности экономики и управленческой деятельности, оптимизацию производственных процессов, улучшение характеристик товаров (работ, услуг).

ГОСУДАРСТВО И ОБЩЕСТВО

ВПЕРВЫЕ ВРУЧЕНЫ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ЗНАКИ КАЧЕСТВА



23 января во Дворце Независимости Президент Беларуси Александр Лукашенко вручил первые государственные знаки качества за 2024 год 17 отечественным производителям.

В группе продукции производственно-технического назначения Государственный знак качества присвоен карьерным самосвалам БЕЛАЗ-7513 ОАО «БЕЛАЗ», трактору BELARUS-1222.3 ОАО «Минский тракторный завод», автомобильному шасси МАЗ-631228-8575-012 ОАО «Минский автомобильный завод», жатке для зерновых культур ЖЗК-9-2 (комплектация 01) ОАО «Гомельский завод литья и нормалей», легковым шинам 215/60R17 модель BEL-402 96H и 225/65R17 модель BEL-411 102H ОАО «Белшина», ми-

кросхеме регулируемого стабилизатора К1242ЕР1БП (IL431AM-1) ОАО «ИНТЕГРАЛ».

Государственного знака качества также удостоены промышленные товары для населения производства РУПТП «Оршанский льнокомбинат», ОАО «Гомельдрев», ЗАО «Холдинговая компания «Пинскдрев», ОАО «Лако-раска». В группе продовольственных товаров отмечены изделия СОАО «Коммунарка», ОАО «Рогачевский молочноконсервный комбинат», ОАО «Лидахлебопродукт», ОАО «Брестский мясокомбинат», ОАО «Беллакт», ОАО «Савушкин продукт», ОАО «Витебскхлебпром».

Государственный знак качества был учрежден соответствующим Указом Президента в январе 2024 года.

ОДОБРЕНЫ СТРАТЕГИИ УЧАСТИЯ БЕЛАРУСИ В ШОС И БРИКС



Президент Беларуси Александр Лукашенко одобрил стратегии участия Беларуси в работе Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) и БРИКС. Стратегии рассчитаны на пять лет (до 2030 года), но в дальнейшем могут быть продлены, обновлены и пересмотрены с учетом актуальных тенденций.

В числе приоритетных задач в рамках ШОС обозначены:

- создание неделимого пространства безопасности, совместное противодействие традиционным и новым вызовам и угрозам безопасности, включая экстремизм, терроризм и сепаратизм во всех проявлениях, незаконный оборот наркотиков и оружия, другие виды транснациональной преступной деятельности, незаконную миграцию, вызовы в киберпространстве, а также в сфере предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- углубление практического торгово-экономического, финансового и инвестиционного взаимодействия, совместной проектной деятельности;

- расширение культурно-гуманитарного сотрудничества, в том числе в сферах науки, техники и технологий, образования, здравоохранения, спорта, охраны окружающей среды, развитие межчеловеческих связей.

Приоритетными направлениями взаимодействия Беларуси с членами и партнерами БРИКС определены:

- сотрудничество в сферах политики и безопасности, основанное на принципах взаимного уважения, неделимой безопасности, гарантий странового развития без конфронтации и противоборства;

- устойчивое экономическое развитие, направленное на сохранение и приумножение человеческого по-



тенциала, обеспечение высоких социальных стандартов и достойного качества жизни, внедрение инноваций и новейших технологий;

- обеспечение глобальной продовольственной безопасности, борьба с голодом, бедностью, последствиями изменения климата;

- расширение многостороннего сотрудничества в гуманитарной сфере.

Полноправным членом ШОС Беларусь стала летом 2024 года, а затем в числе первых оформила статус государства – партнера БРИКС.

ТЭК БЕЛАРУСИ

Рассмотрены ключевые вопросы электроэнергетического рынка ЕАЭС

6–7 февраля в Москве прошло 140-е заседание Подкомитета по формированию общего электроэнергетического рынка Евразийского экономического союза (ЕАЭС) Консультативного комитета по электроэнергетике. В нем приняла участие делегация ГПО «Белэнерго» под руководством заместителя генерального директора объединения Андрея Шершеня.



На заседании обсуждались ключевые вопросы развития общего электроэнергетического рынка ЕАЭС (ОЭР). Важной темой дискуссии стали предложения Министерства энергетики Республики Казахстан по внесению изменений и дополнений в Протокол об ОЭР в части принятия решения о торговле на ОЭР уполномоченными организациями, в том числе после вступления в силу решения о формировании общего рынка газа ЕАЭС.

Участники заседания рассмотрели оптимальные варианты организации торгов срочными контрактами на электроэнергию в рамках ЕАЭС с точки зрения обеспечения стабильности и прозрачности продаж, а также проект регламента определения доступной пропускной способности межгосударственных и внутренних сечений для всех видов торговли.

Парламентарии обсудили развитие электроэнергетики и газификацию населенных пунктов

14 февраля в Палате представителей Национального собрания Республики Беларусь состоялся семинар-совещание на тему «Проблемные вопросы и перспективы развития электроэнергетики и газификации населенных пунктов в Республике Беларусь», организованный в рамках мероприятий Года благоустройства, пятилетки качества и формирования госпрограмм на следующее пятилетие.

Выступая перед парламентариями, Министр энергетики Алексей Кушнаренко сообщил, что установленная мощность Белорусской энергосистемы составляет 13,5 тыс. МВт, в том числе благодаря БелАЭС, которая уже выработала свыше 39 млрд кВт·ч. Этого более чем достаточно для внутреннего потребления. Введение стимулирующих мер в тарифной политике и частичная компенсация затрат

при выполнении работ по электроснабжению создали условия для повышенного спроса на использование электроэнергии на нужды отопления, горячего водоснабжения и приготовления пищи.

Алексей Кушнаренко подчеркнул: «Наша главная задача – это создание условий для повышения качества жизни людей». Министр отметил, что сегодня в области энергоснабжения при поддержке государства проведена колоссальная работа, но есть и проблемные вопросы, которые необходимо рассматривать и решать совместными усилиями. «Каждый раз при обращении наших граждан необходимо находить разумный баланс технических и экономических возможностей, но в любом случае мы должны предложить вариант – это может быть газификация, электрификация или местные виды топлива, и все эти варианты связаны с поддержкой государства и направлены на решение вопросов повышения уровня жизни», – сказал Алексей Кушнаренко.

На первом энергоблоке БелАЭС завершился планово-предупредительный ремонт

27 января после завершения планово-предупредительного ремонта энергоблок № 1 Белорусской АЭС включен в сеть. В полном объеме было выполнено его плановое техническое обслуживание, а также проведен эксплуатационный контроль металла оборудования и трубопроводов.

В соответствии с международной практикой плановые ремонтные работы проводятся ежегодно на каждом энергоблоке АЭС для подтверждения надежности оборудования и технологических систем.

На энергоблоке № 2 закончен комплекс работ по диагностике датчиков обеспечивающих систем. После подтверждения всех параметров безопасности блок также был включен в работу.

Состоялось 6-е заседание белорусско-венгерской экспертной группы по сотрудничеству в сфере ядерной энергетики

С 11 по 13 февраля на Белорусской АЭС прошло 6-е заседание белорусско-венгерской экспертной группы по сотрудничеству в сфере ядерной энергетики. Венгерская де-



легация ознакомилась со структурой энергосистемы страны, значением в ней атомной электростанции.

Участники мероприятия обсудили актуальные аспекты сооружения АЭС, обменялись мнениями по вопросам обеспечения качества строительно-монтажных работ и эксплуатации объекта.

Белорусские специалисты поделились с венгерскими коллегами опытом в области строительства АЭС, взаимодействия с генеральным подрядчиком и регулятором, лицензионной деятельности, закупки оборудования и др.

В Год благоустройства в республике продолжают расширять сетевую инфраструктуру

В 2025 году планируется построить и модернизировать порядка 3 тыс. км электрических и свыше 240 км тепловых сетей. Об этом сообщил Министр энергетики Алексей Кушнарченко в ходе встречи с коллективом Мстиславского РЭС Климовичских электросетей.

Министр отметил, что по итогам 2024 года электропотребление как реальным сектором экономики, так и населением в стране выросло на 5 % по сравнению с 2023 годом и составило 43 млрд кВт·ч. Прежде всего рост отмечен в тех секторах, где введены стимулирующие меры. Так, использование электроэнергии населением для отопления и горячего водоснабжения увеличилось на 34 % – до 880 млн кВт·ч.

В прошлом году в энергоснабжающие организации от граждан поступило свыше 33 тыс. заявок на присоединение электроустановок многоквартирных жилых домов к электросетям для целей нагрева, 94 % из них удовлетворены.

Сети природного газа в Беларуси прирастут на 700 км

Благодаря строительству новых газопроводов и электрификации жилья потребление сжиженного углеводородного газа (СУГ) в Беларуси за последние 10 лет снизилось в два раза. В 2024 году этот показатель составил 43,3 тыс. т. За тот же период потребителям республики поставлено 17 млрд м³ природного газа.

На сегодняшний день общая протяженность газовых сетей в стране превышает 68 тыс. км. Обеспечены природным газом все 115 городов, 118 районных центров, 85 городских, рабочих, курортных поселков Беларуси, более 3,7 тыс. деревень и агрогородков. В текущем году в планах – газификация порядка 10 тыс. домовладений и 40 населенных пунктов.

Введен в эксплуатацию гидроагрегат № 2 Гродненской ГЭС

Плановый капитальный ремонт комплекта гидроагрегата № 2 на Гродненской ГЭС начался в 2021 году. В непростых условиях санкций специалисты ОАО «Белэнергоремналадка» и РУП «Гродноэнерго» сумели решить все

поставленные задачи по обеспечению эффективности агрегата. После выполнения реинжиниринга и разработки конструкторской документации в конце 2024 года все необходимые комплектующие поступили на ГЭС.



Основные запасные части изготовлены на заводах в Китае и России, а также на собственных производственных площадках. Для сборки и наладки механизмов потребовалась сверхурочная работа персонала подрядчика и заказчика. Результатом стал ввод гидроагрегата № 2 в работу до начала весеннего паводка.

Началась реконструкция ПС 330 кВ «Лида»

В феврале началась реконструкция ПС 330 кВ «Лида», расположенной в д. Минойты Лидского района. Подстанция является опорным центром питания сети 110 кВ, обеспечивающей электроснабжение Лиды и прилегающего района.

Подстанция, введенная в эксплуатацию в 1981 году, нуждается в масштабной реконструкции. В настоящее время на ней установлены два автотрансформатора напряжением 330/110/10 кВ мощностью по 125 МВА. В 2020 году здесь установили нерегулируемые шунтирующие реакторы 10 кВ, и ПС 330 кВ «Лида» была присоединена к энергосистеме по ВЛ 330 и 110 кВ.

Проект реконструкции предусматривает две очереди. Оба автотрансформатора будут отключены, а ячейки на ОРУ 330 и 110 кВ наружной установки с элегазовой изоляцией – реконструированы. Компоновка сооружаемых ОРУ предполагает дальнейшее развитие подстанции с заходом ВЛ 330 кВ от БелАЭС и ПС «Россь», а также линий 110 кВ. Реализацию проекта планируется завершить в марте 2027 года.

В Могилеве открыли первую в регионе подстанцию закрытого типа

12 февраля в Могилеве состоялось торжественное открытие двухтрансформаторной подстанции закрытого типа 110/10 кВ «Соломинка». В ходе церемонии Министр энергетики Алексей Кушнарченко отметил, что осуществление проекта стало возможным благодаря реализации отраслевой программы модернизации производств энергетической сферы. Новая подстанция будет надежным источником энергоснабжения для целого микрорайона и обеспечит повышенное качество электроэнергии.



ПС «Соломинка» – первая подстанция 110/10 кВ закрытого типа в Могилевской области. Объект построен за 15 месяцев с опережением графика. Здесь установлено самое современное и надежное оборудование, которое отвечает за автоматическую работу подстанции и дает возможность дистанционно управлять процессами. Это не только снижает эксплуатационные затраты, но и обеспечивают постоянный мониторинг состояния основного оборудования и управление им.

Подстанция звукоизолирована, ее работа не будет мешать жителям. При этом доступ посторонних на объект исключен. ПС «Соломинка» уникальна также тем, что от ее работы зависит не только электроснабжение, но также отопление и горячее водоснабжение электродомов.

На повестке дня – реализация требований Директивы № 1

13 февраля в Минске состоялся семинар-совещание, посвященный реализации плана мероприятий ГПО «Белэнерго» по реализации требований Директивы Президента Республики Беларусь от 11 марта 2004 года № 1 «Об укреплении общественной безопасности и дисциплины» в области обеспечения пожарной и промышленной безопасности. С основным докладом по теме выступил заместитель начальника управления охраны труда, пожарной и промышленной безопасности ГПО «Белэнерго» Сергей Давыдовский.



Участники семинара-совещания рассмотрели вопросы предупреждения пожаров и подготовки организаций ГПО «Белэнерго» к действиям в пожароопасный период 2025 года, обсудили структуру и механизмы реализации стратегии промышленной безопасности на предприятиях, обменялись мнениями о ходе цифровизации бизнес-процессов управления безопасностью в организациях объединения.

Энергетики обменялись опытом эксплуатационно-ремонтного обслуживания электротехнического оборудования

5–6 февраля на базе филиала «Березовская ГРЭС» РУП «Брестэнерго» прошло республиканское совещание по вопросам эксплуатационно-ремонтного обслуживания электротехнического оборудования. В ходе совещания специалисты подвели итоги ремонтной кампании 2024 года и обсудили планы на перспективу.



Участники мероприятия посетили цифровой технопарк (майнинговую ферму) и объекты Березовской ГРЭС (главный корпус, ПГУ 427 МВт, ОРУ 110, 220 кВ, ПРЭИ и ПС 330 кВ «Белоозерск»), где ознакомились с организацией ремонтов электротехнического оборудования и оснащением производственных цехов филиала «Белоозерскэнергоремонт» РУП «Брестэнерго».

Разработано программное обеспечение для оценки пропускной способности электросетей 0,4 кВ

14 февраля на базе филиала «Учебный центр» РУП «Гомельэнерго» прошла встреча с представителями Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого (ГГТУ). Ведущий вуз и энергоснабжающая организация региона продолжают совместную работу над методикой оценки пропускной способности электрических сетей 0,4 кВ. Методика должна стать надежным инструментом объективной оценки резервов сетей данного класса напряжения. Это особенно важно в условиях растущих потребностей в электроэнергии граждан, которые намерены использовать дополнительную мощность, в том числе для отопления и горячего водоснабжения.

В ходе встречи были продемонстрированы результаты соответствующей научно-исследовательской работы, выполненной ГГТУ. В ее рамках был создан программный продукт для расчета напряжений в узлах однофазных и трехфазных потребителей. В ближайшее время планируется провести тестирование данного продукта на реальных объектах сетевой инфраструктуры.

Подготовлено по материалам Минэнерго, ГПО «Белэнерго», ГПО «Белтонгаз», информагентств, собственных корреспондентов, телеграм-канала «Минэнерго Официальный»

ВЫХОД СТРАН БАЛТИИ ИЗ БРЭЛЛ НЕ ОКАЖЕТ ВЛИЯНИЯ НА НАДЕЖНОСТЬ СИНХРОННОЙ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМ БЕЛАРУСИ И РОССИИ



На протяжении более чем 20 лет работа энергосистем Беларуси, России, Эстонии, Латвии и Литвы была синхронизирована в рамках Соглашения о параллельной работе энергосистем БРЭЛЛ, заключенного в 2001 году между системными операторами этих стран. Между тем начиная с 2014 года страны Балтии начали подготовку к отделению от энергокольца и присоединению к ENTSO-E – энергообъединению Европейского союза. Были введены в эксплуатацию несинхронные электрические связи между Эстонией и Финляндией (две подводные линии электропередачи 1000 MВт Estlink), Литвой и Швецией (подводная линия 700 MВт NordBalt) и Литвой и Польшей (наземная двухцепная линия LitPol Link).

В июле 2024 года операторы AST AS (Эстония), Elering AS (Латвия) и LITGRID AB (Литва) уведомили АО «СО ЕЭС», ПАО «ФСК ЕЭС» (Россия) и ГПО «Белэнерго» об одностороннем отказе от участия в действующем соглашении с 7 февраля 2025 года.

С учетом этого в Белорусской энергосистеме были своевременно проработаны вопросы перспективных режимов работы после выхода стран Балтии из БРЭЛЛ, реализован ряд мероприятий по сохранению устойчивой работы ОЭС Беларуси и обеспечению надежного электроснабжения потребителей приграничных с Литвой Гродненского, Лидского, Поставского и Полоцкого энергорайонов. Кроме того, АО «СО ЕЭС» и ГПО «Белэнерго» разработали ряд документов, регламентирующих параллельную работу энергосистем России и Беларуси в новых условиях.

8 февраля 2025 года параллельный режим работы с энергосистемами Эстонии, Латвии и Литвы был прекращен: отключена линия 330 кВ, связывающая ОЭС Беларуси с энергосистемой Литвы, четыре линии 330 кВ между ОЭС Северо-Запада и энергосистемами Латвии и Эстонии, три линии связи между Литвой и Калининградской областью, а также все межгосударственные ВЛ более низкого класса напряжения.

9 февраля страны Балтии синхронизировались с электросетями континентальной Европы по двухцепной ВЛ 400 кВ переменного тока, соединяющей энергосистемы Литвы и Польши.

В настоящее время энергосистемы России и Беларуси продолжают работать параллельно и имеют электрические связи по трем межгосударственным ЛЭП 330 кВ и одной 750 кВ, а также по ряду линий 35–110 кВ. Энергосистема Калининградской области в результате разрыва энергокольца БРЭЛЛ и десинхронизации стран Балтии была переведена на изолированную работу. Это стало возможным благодаря реализованным за последние 10 лет мероприятиям по развитию и повышению надежности генерирующего комплекса и сетевой инфраструктуры этой региональной энергосистемы.

В объеме выработки электроэнергии общей синхронной зоны доля Эстонии, Латвии и Литвы составляла порядка 1,15 %. В связи с этим выход энергосистем этих стран из параллельной работы не повлияет на устойчивость синхронного функционирования энергосистем Беларуси и России, а также на надежность снабжения потребителей нашей страны тепловой и электрической энергией.

*Д.В. Ковалев, заместитель генерального директора
по оперативной работе – главный диспетчер
ГПО «Белэнерго»*

СПРАВОЧНО

До 2020 года Белорусская энергосистема неоднократно поставляла электроэнергию странам Балтии в рамках оказания аварийной помощи. С 2015 года ее объем составил порядка 50 млн кВт·ч, а транзит электроэнергии в страны Балтии и Россию, включая Калининградскую область, – более 8 млрд кВт·ч, достигая мощности 1000 МВт.



Уважаемые коллеги!

С большим успехом прошла выставка достижений суверенной Беларуси «Моя Беларусь». Она продемонстрировала главное – наша республика является самодостаточной, высококоразвитой страной с мощным интеллектуальным потенциалом.

Большой общественный резонанс вызвала экспозиция Министерства энергетики под единым девизом «Мирная энергия Беларуси». Экспозиция представила важнейшие технологические достижения энергетической сферы за годы независимости республики. Эти достижения стали результатом деятельности всех отраслевых организаций и были бы невозможны без поддержки Главы государства и Правительства.

Наш вклад в работу выставки получил высокую оценку. За эффективное сотрудничество в организации и проведении этого общественно значимого мероприятия Министерство энергетики отмечено Благодарностью Управления делами Президента Республики Беларусь. Хочу подчеркнуть, что эта награда имеет непосредственное отношение ко всем, кто принимал участие в организации экспозиции и ее работе.

Выражаю искреннюю признательность всем, кто причастен к реализации этого выставочного проекта, за профессионализм, креативность и ответственное отношение к делу. Особенно хочется отметить активное участие в подготовке и сопровождении работы экспозиции РУП «Белорусская атомная электростанция», РУП «Минскэнерго», Учебный центр РУП «Витебскэнерго», ОАО «Экономэнерго», филиал «АйТиГаз» УП «Витебскоблгаз», ОАО «Белсельэлектроcетcтpой», ОАО «Электроцентрмонтаж», РУП «Гродноэнерго», УП «Брестоблгаз». Залогом успеха экспозиции стали также скоординированные действия ГПО «Белэнерго», ГПО «Белтопгаз» и Госэнергогазнадзора.

Вклад каждой организации стал важным слагаемым успешного решения нашей общей задачи – через призму истории и современности продемонстрировать белорусам и гостям столицы достижения энергетической отрасли за годы суверенитета, а также рассказать о самом масштабном и высокотехнологичном проекте – строительстве Белорусской атомной электростанции.

За высокий уровень профессионализма, значительный вклад в подготовку и сопровождение работы экспозиции «Мирная энергия Беларуси» команда участников выставки отмечена наградами Министерства энергетики.

Уверен, что посещение экспозиции Минэнерго позволило белорусам не только получить обширные знания, но и испытать эмоциональный подъем, позитивное настроение и чувство гордости за свою страну!



**ВЫСТАВКА ДОСТИЖЕНИЙ
СУВЕРЕННОЙ БЕЛАРУСИ**

С 28 декабря по 27 января в Минском международном выставочном центре проходила масштабная выставка «Моя Беларусь», в рамках которой были представлены достижения республики за 30 лет независимости. Выставка стала уникальной по разнообразию экспонатов и поставила рекорд по популярности. За время работы ее посетили более 400 тыс. человек, в том числе 150 тыс. детей. В рамках выставки состоялось порядка 70 культурно-развлекательных и 25 деловых мероприятий, а на сцене центра выступили 74 творческих коллектива.

МОЯ БЕЛАРУСЬ – МЕСТО СИЛЫ!

По итогам выставки достижений суверенной Беларуси



Выставка «Моя Беларусь» привнесла в общественную жизнь республики особую атмосферу праздника и творчества, поразила насыщенностью интерактивными стендами и экспонатами, цифровыми трендами и умными технологиями. Главные технологические, социальные и культурные достижения Беларуси за последние 30 лет были представлены в 11 тематических кластерах: «Мы – будущее», «Умный город», «Красивая страна», «Наука и интеллект», «Атомная энергия», «Знак качества», «Культурное наследие» и др. Здесь были сконцентрированы новаторские проекты в промышленности, энергетике, науке, технологиях, образовании, медицине, спорте и туризме. Увидеть первый белорусский электромобиль, заглянуть в спускаемый аппарат космического корабля, попробовать свои силы на VR-тренажерах, пообщаться с роботами – все это только часть тех возможностей, которые выставка предоставила посетителям. Здесь можно было посмотреть и послушать, почитать и поиграть, сфотографироваться и пообщаться и, конечно, узнать что-то новое, удивиться и зарядиться позитивом и гордостью за родную страну!

Одним из самых посещаемых стал кластер «Атомная энергия», в рамках которого была развернута экспозиция Министерства энергетики под девизом «Мирная энергия Беларуси», представленная ведущими организациями отрасли.

Историческая перспектива

Композиция выставочного стенда Министерства энергетики включала различные тематические зоны и была выстроена как историческая линия развития белорусской энергетики, вершиной которого стало строительство Белорусской атомной электростанции.

На площади 400 м² было сосредоточено значительное количество экспонатов и большой объем информации

о наиболее значимых событиях в истории энергетической сферы. На масштабных видеопанелях демонстрировались ролики о строительстве Белорусской АЭС, реконструкции и модернизации объектов энергосистемы, цифровой трансформации отрасли, а также виртуальный 3D-тур по атомной электростанции.

Открывала экспозицию зона «Белорусская энергетика. Начало пути». Уникальные архивные фотографии переносили посетителей в прошлое, когда большинство электростанций Белорусской энергосистемы работало на торфе и угле, а опоры линий электропередачи были деревянными.

Особой популярностью у посетителей всех возрастов пользовались макеты энергообъектов. В экспозиции можно было увидеть уменьшенные копии Белорусской ГРЭС – первой в республике электростанции, построенной в рамках плана ГОЭЛРО, Лукомльской ГРЭС – самой мощной в стране, а также макет цифровой подстанции 110/10 кВ, основные системы которой работают в режиме реального времени без участия человека.

В экспозицию органично вписалась символическая конструкция опор ЛЭП, изготовленная для выставки ОАО «Электроцентрмонтаж». Для всех посетителей были организованы панорамные фотозоны, где можно было сделать снимок на память, в том числе и с ростовыми куклами.

Энергия будущего

Центром притяжения стал интерактивный макет Белорусской АЭС. Посетители могли в подробностях рассмотреть площадку станции, ее здания и сооружения и получить детальную информацию о каждом из этих объектов – достаточно было лишь кликнуть по нужной метке электронной карты на планшете.



Экспозиция Министерства энергетики «Мирная энергия Беларуси»

Не меньший интерес вызывал почти пятиметровый макет тепловыделяющей сборки ядерного реактора БелАЭС – ТВС, состоящей из 312 топливных стержней – ТВЭЛов. В активную зону реактора загружаются 163 такие сборки. Это самое современное и эффективное ядерное топливо, имеющее успешный опыт эксплуатации на аналогичных энергоблоках – на нем работает каждый шестой энергетический реактор в мире.

Строительству первой атомной электростанции в стране был посвящен еще один экспонат – фотоальбом «Мирная энергия Беларуси». Полистать этот фолиант мог каждый желающий. В издании, подготовленном и выпущенном отраслевой организацией ОАО «Экономэнерго», собрано около 600 фотоснимков, запечатлевших самые важные вехи реализации крупнейшего белорусско-российского проекта в истории суверенной Беларуси – от принятия решения о сооружении БелАЭС до ввода энергоблоков в эксплуатацию.

Электроэнергия для комфортной жизни

Благодаря вводу атомной станции в стране были созданы условия для расширения использования электроэнергии, в том числе за счет создания энергоемких производств, модернизации электросетевой инфраструктуры, строительства многоэтажных электродомов и развития электротранспорта. В 2024 году электропотребление в республике достигло 43 млрд кВт·ч. Это максимальное значение за всю историю независимой Беларуси.

Этой тематике был посвящен ряд локаций. Так, в зоне «Энергия для комфортной жизни» был представлен прообраз квартиры, в которой отопление, горячее водоснабжение и приготовление пищи обеспечивает электроэнергия.

Посетители также могли осмотреть опытный образец электромашины BELGEE E-X50, собранный в Объединенном институте машиностроения НАН Беларуси и электрозарядную станцию SKAT производства ОАО «Белэлектросетьстрой».

Достижения энергетики суверенной Беларуси

Отдельным акцентом экспозиции стала зона, посвященная достижениям энергетической отрасли за 30 лет независимости Беларуси. Листая страницы презентации на сенсорной панели, посетители могли ознакомиться с тем, как обновлялась и модернизировалась Белорусская энергосистема, как развивалась в республике возобновляемая энергетика, чего достигла газовая отрасль страны.

Успехи энергетиков за три десятилетия впечатляют. Беларусь вышла на передовые позиции по удельному расходу топлива на производство электроэнергии, в 1,8 раза нарастила установленную мощность объектов генерации. На 30 тыс. км увеличилась протяженность электросетей, более чем в пять раз – протяженность газовых сетей. По уровню газификации республика стала лидером не только в СНГ, но и среди стран Восточной Европы.

Здесь можно было увидеть факел, который был задействован в церемонии пуска газа в г. Глубокое на Витебщине, с автографом Главы государства. Факел стал настоящим раритетом для энергетиков и газовиков республики и символом успешного развития газовой отрасли – сегодня в стране обеспечены природным газом все города и районные центры, а уровень газификации квартир превысил 83 %.

Все экспонаты были снабжены QR-кодами со ссылками на расширенную информацию. Гидами по экспозиции вы-

ступали лучшие специалисты газовой и электроэнергетической отраслей, которые помогали ориентироваться в многообразии экспонатов, в доступной форме знакомили посетителей с историей энергетики и инновационными разработками в этой сфере.

Цифровая повестка

Инновационность и интерактивность стали главными чертами экспозиции Минэнерго. В зонах, где были представлены цифровые разработки специалистов электроэнергетической и газовой отраслей, всегда собиралось много посетителей, которые с удовольствием принимали участие в виртуальных турах по объектам энергетики, пробовали свои силы на VR-тренажерах и общались с роботами.

Так, филиал «АйТиГаз» УП «Витебскоблгаз» представил голосового помощника «Алена» и бионического робота-собаку, которого успешно используют в своей работе аварийные бригады газовиков. Привлекали внимание и такие разработки филиала, как программа генерации портретов посетителей нейросетью (с ее помощью каждый мог увидеть себя в образе «энергетика будущего»), а также симулятор комплексной проверки газоиспользующего оборудования частного домовладения.

Особой популярностью пользовались цифровые разработки Учебного центра РУП «Витебскэнерго». Уникальную возможность увидеть процесс генерации электроэнергии предоставляли VR-туры по объектам энергетики. Прове-

рить свои знания в области охраны труда позволял тренажер для профилактики и предотвращения электротравматизма. С помощью VR-тренажера «Безопасный дом» можно было ознакомиться с основными правилами электробезопасности и безопасного пользования газовым оборудованием в быту. Неизменный интерес вызывал симулятор вождения автомобиля, а также виртуальный тур по музею РУП «Витебскэнерго».

В центре внимания – безопасность

Особое внимание в экспозиции было уделено вопросам профилактики электро- и теплотравматизма и безопасного пользования газом в быту.

В организованном Госэнергогазнадзором классе безопасности специалисты учреждения в доступной форме с элементами игры рассказывали малышам и подросткам об элементарных мерах предосторожности при эксплуатации бытовых электроприборов, теплового и газового оборудования, а также о правилах поведения вблизи линий электропередачи. Молодежь с готовностью принимала участие в познавательных играх и тестах по вопросам электротеплобезопасности, разгадке ребусов и загадок.

Взрослым напоминали о правилах подключения электрооборудования в ванной комнате и функциях устройств защитного отключения, демонстрировали нарушения, часто встречающиеся при пользовании электрическими и газовыми приборами.



Заключительный день работы экспозиции



Поставленные цели достигнуты

По результатам работы выставки экспозиция Министерства энергетики была отмечена Благодарностью Управления делами Президента Республики Беларусь. Главным фактором успеха экспозиции «Мирная энергия Беларуси» стал стратегический подход к ее организации, реализованный под руководством Министерства энергетики. Логика формирования стенда, подбор и размещение экспонатов, подача информации были тщательно продуманы. К тому же разработчиками концепции, организаторами и участниками работы экспозиции, гидами и переводчиками стали специалисты отрасли, которые могли оперативно и грамотно реагировать на любые запросы посетителей.

В целом выставка «Моя Беларусь» стала одним из самых масштабных и зрелищных мероприятий и оставила яркие впечатления у каждого, кто ее посетил. Современность контекста, многообразие достижений, инновационность представленных технологий стали свидетельством высокого уровня технологического суверенитета и конкурентоспособности республики и позволили всем, кто побывал на выставке и ее мероприятиях, заново открыть для себя Беларусь, лучше узнать ее прошлое и настоящее.

Подводя 4 февраля итоги участия отраслевых организаций в выставке «Моя Беларусь», Министр энергетики Алексей Кушнарченко отметил, что все, кто работал над подготовкой экспозиции Минэнерго, с первой минуты включились в работу, ни у кого не было равнодушных глаз.

Энергетики продемонстрировали свои успехи, достигнутые при поддержке Главы государства за 30-летний период истории суверенной Беларуси. «Мы не просто шли в ногу со временем, а опережали его в развитии энергосистемы», – подчеркнул Алексей Кушнарченко.

«Выставочный комплекс – уникальный объект. Я уверен, он станет базовой площадкой для демонстрации возможностей, как отраслевых, так и всей страны в целом. Нам есть чем гордиться. Все это стало возможным благодаря тому, что в нашей системе есть вы, уважаемые коллеги!», – сказал Министр и поблагодарил работников отраслевых организаций за их вклад в подготовку и проведение мероприятия.

За активное участие в организации и сопровождении экспозиции Министерства энергетики «Мирная энергия Беларуси», представленной в рамках выставки «Моя Беларусь», более 70 работников отрасли были награждены почетными грамотами и благодарностями Министерства энергетики, ГПО «Белэнерго», ГПО «Белтопгаз» и Госэнергогазнадзора.

Ольга Гончар



Работники отрасли, удостоенные Благодарности Министра энергетики Республики Беларусь



Работники отрасли, награжденные Почетной грамотой Министерства энергетики Республики Беларусь

Фото Анастасии Данюковой,
участников экспозиции



На торжественной церемонии награждения работников отрасли, принявших участие в подготовке и сопровождении экспозиции Министерства энергетики на выставке «Моя Беларусь»

МИРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Глобальный газовый баланс останется нестабильным в 2025 году

Согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), в текущем году ситуация на рынках природного газа останется напряженной, поскольку спрос продолжает расти быстрее, чем предложение.

В последнем квартальном отчете, содержащем подробный обзор событий на газовых рынках в 2024 году и прогноз на 2025-й, сделан вывод, что в прошлом году рынки перешли к постепенной перебалансировке. При этом мировой газовый баланс остается хрупким, что подчеркивает необходимость более тесного международного сотрудничества для повышения безопасности поставок.

Благодаря быстрорастущим рынкам Азии мировой спрос на газ в 2024 году вырос на 2,8 %, или на 115 млрд м³, что превышает средний темп в 2 % с 2010 по 2020 год. В то же время рост производства сжиженного природного газа (СПГ) был ниже среднего и поддерживал дефицит предложения.

Волатильность цен на голубое топливо подпитывается геополитической напряженностью. Хотя прекращение транзита российского газа через Украину с 1 января не несет неминуемой угрозы поставкам для ЕС, оно может повысить потребность Европы в СПГ.

Прогнозируется, что рост мирового спроса на газ замедлится и составит менее 2 % по итогам года. Этот рост по-прежнему будет в значительной степени обеспечен азиатскими рынками.

Эксперты МЭА заключают, что основные показатели газового рынка за 2024 год улучшились, но сохраняется напряженность из-за высокого спроса, сдержанного роста мощностей СПГ и геополитической неопределенности.

Во Франции заработал новый ядерный реактор

В конце декабря 2024 года ядерный реактор «Фламанвиль-3» (Flamanville 3) мощностью 1600 МВт был подключен к национальной электросети Франции. На текущий момент это самый мощный реактор в стране и один из крупнейших в мире. Он расположен в Нормандии и будет обеспечивать электроэнергией более 2 млн домохозяйств.



«Фламанвиль-3» относится к типу EPR (European Pressurized Reactor). Это реакторы с водой под давлением, которые начали разрабатывать в 1992 году. По словам создателей, реактор EPR обеспечивает более эффективную и безопасную выработку электроэнергии, чем его предшественники. Помимо Франции такие установки эксплуатируются в Китае и Финляндии.

На реализацию проекта «Фламанвиль-3» ушло около € 13 млрд (первоначальная оценка стоимости – € 3,3 млрд). Задержка в строительстве составила 12 лет.

В рамках процедур пуска в начале сентября 2024 года реактор останавливали из-за срабатывания системы безопасности, которая автоматически отключила установку. Причиной стала ошибка в настройке оборудования.

В Китае запустили крупнейшую в мире ГАЭС

По сведениям информационного агентства «Синьхуа», Китай ввел в эксплуатацию гидроаккумулирующую электростанцию (ГАЭС) «Фэннин» в г. Чэндэ провинции Хэбэй на севере страны. Это крупнейшая подобная электростанция в мире.



Установленная мощность ГАЭС «Фэннин» – 3,6 млн кВт. Она может вырабатывать до 6,61 млрд кВт·ч электроэнергии в год. Ожидается, что станция позволит стране ежегодно экономить 480,8 тыс. т у.т. в угольном эквиваленте и на 1,2 млн т в год сократить выбросы углекислого газа. Это станет весомым вкладом в достижение целей Китая в области энергоэффективности и экологической устойчивости.

Польша планирует получать более 70 % энергии от АЭС и ВИЭ

По информации Министерства климата и окружающей среды Польши, новая энергетическая политика страны подразумевает получение к 2040 году 73 % электрической энергии от АЭС и возобновляемых источников.

В ближайшие годы Польша намерена активно развивать сектор ВИЭ. С учетом атомной энергетики доля источников с нулевым уровнем выбросов углерода в структуре мощностей к 2040 году должна составить 74 %.

Пуск первого ядерного энергоблока в Польше планируется в 2033 году. Предполагается, что в 2040 году мощность АЭС страны составит 7,8 ГВт.

Прекращение транзита из России через Украину снизит европейские запасы газа до 30 %

По данным агентства Bloomberg, из-за прекращения транзита газа из России в Евросоюз через Украину запасы в европейских газовых хранилищах к апрелю текущего года могут снизиться до 30–35 %.

Такое положение дел ставит Европу перед выбором – значительно увеличить расходы на обеспечение энергобезопасности или столкнуться с угрозой иссякания запасов.

В соответствии с законодательством Евросоюза заполненность хранилищ к 1 ноября 2025 года должна составлять 90 %. Для соблюдения этого требования ЕС будет вынужден закупить недостающий объем топлива. Как правило, закупки происходят летом, в период сезонного снижения цен на газ. Однако в текущем году на фоне ожидания повышенного спроса со стороны ЕС рынок может отреагировать нестандартно, что может привести к летнему росту цен.

Американские танкеры с СПГ переориентировались на Европу

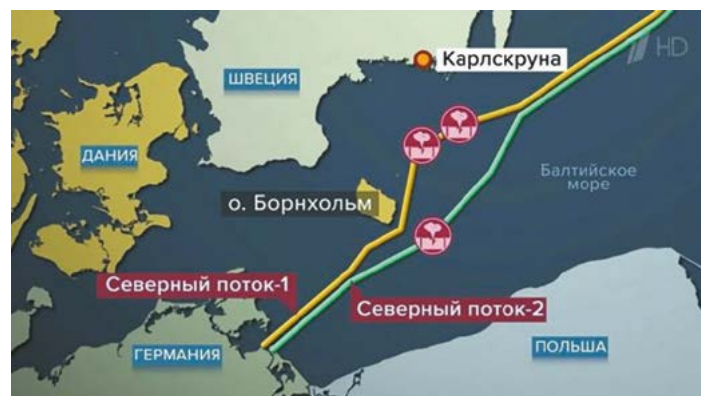
По информации журнала Financial Times, в январе танкеры, перевозящие сжиженный природный газ из США в Азию и Южную Африку, по ходу следования массово сменили курс и направились в порты Европы. Согласно данным компании Independent Commodity Intelligence Services (ICIS), это по меньшей мере семь судов, шесть из которых первоначально направлялись к мысу Доброй Надежды и в Азию, а одно – в Колумбию.



Подобное резкое изменение направления поставок является крайне нехарактерным. Его связывают с тем, что грузовладельцы надеются извлечь максимальную выгоду на газовом рынке на фоне «отключения» Евросоюза от российского трубопроводного газа.

Дания разрешила законсервировать «Северный поток – 2»

Датское энергетическое агентство (DEA) выдало оператору газопровода «Северный поток – 2» Nord Stream 2 AG разрешение на консервацию поврежденного трубопровода.



На каждом конце трубы собираются поставить специальные заглушки. Это нужно для того, чтобы предотвратить дальнейшие выбросы газа, а также поступление морской воды внутрь трубы.

Взрывы на российских «Северных потоках» произошли в конце сентября 2022 года. Поставка топлива в Европу по первому газопроводу была остановлена, а по второму так и не началась.

В компании Nord Stream 2 AG не исключили продажу трубопровода в обозримом будущем ради закрытия долговых обязательств перед крупными инвесторами и кредиторами проекта.

Солнечные электростанции ЕС впервые обошли по выработке угольные

По итогам 2024 года в странах Европейского союза солнечные электростанции впервые выработали больше энергии, чем ТЭС на угле. По данным аналитического центра Ember, в 2024 году в ЕС на солнечную генерацию пришлось 11,1 % всей электроэнергии (304 ТВт·ч), тогда как за счет угля выработано 9,8 % (269 ТВт·ч).

Эксперты отмечают, что рост солнечной энергетики стал ключевым фактором сокращения использования ископаемого топлива.

Суммарно солнечные и ветряные электростанции в 2024 году обеспечили 29 % энергопотребления Евросоюза. Доля атомной энергетики составила 23,7 %, ГЭС – 13,2 %, за счет газа выработано 15,7 % электроэнергии. Общий вклад возобновляемых источников достиг 47 %, что свидетельствует об устойчивом движении ЕС к зеленой энергетике.

Казахстан намерен построить две атомные электростанции

6 октября 2024 года в Казахстане состоялся референдум о возможности строительства первой в стране АЭС. Сооружение станции поддержали 71,12 % проголосовавших при явке 63,66 %.

В ближайшее время правительство республики планирует заключить необходимые соглашения для начала строительства АЭС. В качестве наиболее предпочтительного района ее размещения выбрана территория в Алматинской области недалеко от озера Балхаш. Претендентами на право построить первую казахстанскую АЭС являются

китайская компания CNNC, южнокорейская KHNP, российский «Росатом» и французская EDF.

В Казахстане уже планируют строительство второй атомной электростанции – в настоящее время завершается анализ возможных мест ее возведения.

В Швеции демонтировали реакторы четырех остановленных блоков АЭС

В Швеции продолжают работы по выводу из эксплуатации четырех ядерных энергоблоков. На АЭС «Барсебек» два реактора были остановлены в 1999 и 2005 годах, на АЭС «Оскарсхамн» – в 2013 и 2017 годах.

Работами занимается консорциум UNNU, в состав которого входят немецкие компании NUKEM Technologies Engineering Services и Uniper Nuclear Services (UNS).



По информации NUKEM, в конце 2024 года был полностью завершён демонтаж корпусов реакторов. В настоящее время компания UNS занимается сегментацией и упаковкой разрезанных корпусов в контейнеры и подготовкой их к окончательному захоронению. В ходе демонтажа использовались передовые технологии, включая специально разработанный метод плазменной резки и инновационные инструменты, позволяющие безопасно работать с радиоактивными материалами.

Энергоблоки атомных станций «Барсебек» и «Оскарсхамн» были введены в эксплуатацию с 1971 по 1985 год. На АЭС «Оскарсхамн» продолжает эксплуатироваться один блок 1400 МВт с самым мощным в мире кипящим водным реактором (BWR).

Общая долгосрочная стратегия предусматривает демонтаж четырех энергоблоков с последующим удалением всех радиоактивных отходов в период с 2020 по 2028 год. Общая стоимость вывода блоков из эксплуатации оценивается в 10 млрд шведских крон.

Ветроэнергетические проекты в Германии под угрозой срыва

В Германии под угрозой оказалось около 1000 проектов по строительству ветроэлектростанций.

По данным Bloomberg, все дело в поправках, которые предполагается внести в энергетическое законодательство, а именно – в отмене предварительного одобрения

для некоторых ВЭС. Эта процедура помогала ускорить получение полного разрешения на строительство. В Немецкой федерации возобновляемой энергетики опасаются, что подобные изменения могут обернуться массовым отклонением заявок инвесторов.

Между тем в 2024 году Германия выдала рекордное количество разрешений на строительство ветропарков. Правительство обозначило проекты ВИЭ как приоритетные, служащие национальной безопасности. Однако такая политика встретила сопротивление многих местных сообществ, которые выступают против появления на их территориях ветроустановок.

В России разработан бестопливный термоэлектрический генератор

Ученые НИУ «МЭИ» разработали термоэлектрический импульсный генератор – автономную установку, которая может производить электроэнергию, используя разницу температур в водоемах. Установка бестопливная, что является важным преимуществом, так как нет необходимости в сжигании органического топлива, как и в строительстве плотины для ГЭС или мачты для ветроустановки.

В основе разработки российских ученых – принцип самоподдерживающегося водоподъемного устройства на основе гидравлического тарана. Холодная вода поднимается и циркулирует вдоль холодной стороны термоэлектродгенератора. После этого вода направляется в канал, в котором создаются локальные гидроудары. Их энергия, в свою очередь, используется для пульсирующей перекачки теплой воды вдоль теплой стороны генератора, как при работе диафрагменного насоса. При этом использование потенциала колеблющихся потоков позволяет не только обойтись без электронасоса, но и интенсифицировать теплообменные процессы.



Термоэлектродгенератор рассчитан на широкую область применения. Он может быть использован в конструкциях прибрежных электростанций, предназначенных для энергоснабжения небольших объектов, в том числе жилых, а также найти применение в теплоутилизационных системах с попутной генерацией электроэнергии.

Подготовлено по материалам международных энергетических агентств, информационных порталов

Ю.А. ШМАКОВ,
первый заместитель генерального
директора – главный инженер
ГПО «Белэнерго»



Е.Н. ДОЛБИК,
ведущий инженер отдела по формированию
научно-технической политики
в области энергоснабжения, экологии,
подготовки аналитических материалов
производственно-технического управления
ГПО «Белэнерго»



СОХРАНЯЕМ ТРАДИЦИИ КАЧЕСТВА

Начало развитию действующей сегодня системы менеджмента качества было положено в СССР в 1920-х годах. Тогда в целях увеличения масштабов производства необходимо было решать задачи по внедрению и совершенствованию методов контроля за готовым продуктом. Применялись статистические методы, предполагавшие выборочный контроль и использование специальных контрольных карт. В последующие десятилетия развивались новые, более сложные подходы к обеспечению качества производимых товаров. Сегодня понятие качества охватывает не только потребительские, но и технологические свойства продукции – надежность, долговечность, уровень стандартизации и унификации деталей, узлов и др.

На разных этапах развития народного хозяйства в СССР активно предпринимались попытки организовать планомерную работу в области обеспечения, контроля и повышения качества производимой продукции. Стартом системного подхода к управлению качеством в Советском Союзе принято считать 1955 год, когда Саратовский авиационный завод внедрил свою систему бездефектного изготовления продукции (БИП).

Система бездефектного изготовления продукции

До создания системы менеджмента качества всю полноту ответственности за качество продукта на предприятии нес отдел технического контроля (ОТК). Система бездефектного изготовления продукции (БИП), разработанная Саратовским авиазаводом, представляла собой комплекс мер, связанных между собой, но относящихся к различным сферам деятельности предприятия. Эти меры реализовывались организационными, экономическими, воспитательными методами, что в конечном итоге позволяло изготавливать бездефектный продукт, соответствующий требованиям нормативно-технической документации.

В основе системы БИП лежали следующие принципы:

- полная ответственность непосредственного исполнителя за качество продукта;
- точное соблюдение технологической дисциплины;
- тотальный контроль за качеством изделий в соответствии с принятой документацией до предъявления службам ОТК;
- технический контроль не столько на этапе регистрации брака, сколько на уровне мероприятий, которые исключают возможность появления дефекта.

Согласно этой системе последовательность предъявления продукта ОТК регламентировалась рядом документов, составляемых данным отделом и утверждаемых руководителем предприятия. В частности, этими документами исполнителям запрещалось предоставлять ОТК изделия и узлы, имеющие отклонения от нормативно-технической документации.

После внедрения БИП возникло новое направление – работа с персональным клеймом. Его могли использовать специалисты, которые в течение полугода изготавливали продукцию без дефектов и переделок. Особенно важным явлением в системе БИП стала возможность количественно оценивать качество труда как отдельного исполнителя, так и целых подразделений и соответственно стимулировать специалистов морально и материально.

Эффективность этой системы была обусловлена в первую очередь высоким уровнем подготовки кадров, который обеспечивался школами качества, а также строгим соответствием оборудования, оснастки, инструментов, измерительных приборов и технической документации требованиям к технологическим процессам.

Благодаря внедрению и использованию системы БИП изменилась и структура управления качеством. На предприятиях создавались постоянные комиссии по качеству, менялся функционал ОТК, проводились дни качества.

Система БИП стала основой комплексного подхода к обеспечению деятельности, направленной на повышение качества продукта. Постепенно ее принципы совершенствовались, видоизменялись и обогащались новыми, адаптируясь к специфике каждого производственного предприятия.

Введение государственного Знака качества СССР

Новым этапом развития подходов к повышению качества продукции стало введение государственного Знака качества СССР. Знак качества был предназначен для маркировки товаров гражданского назначения, которые отвечают высоким стандартам, предъявляемым к производимой продукции.

СПРАВОЧНО



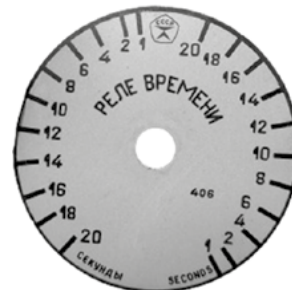
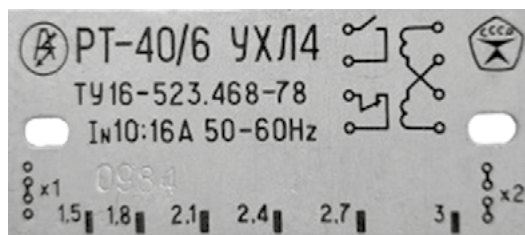
В 1967 году Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете министров СССР объявил конкурс на изображение Знака качества. На рассмотрение жюри было представлено более 200 вариантов. За основу Государственного знака качества СССР, разработанного Всесоюзным научно-исследовательским институтом стандартизации (ВНИИС), был принят занявший призовое место проект Л.С. Стрижевской. Создателями окончательной версии Знака качества стали начальник отдела стандартизации требований технической эстетики ВНИИС В.И. Гуков, а также ответственные исполнители В.В. Лазурский и Б.А. Макин.

20 апреля 1967 года в СССР был издан ГОСТ 1.9-67 «Государственный Знак качества. Форма, размеры и порядок применения». Целью его введения являлось стимулирование повышения качества и эффективности производства, улучшение характеристик товаров. Право на использование Знака качества применялось всеми республиками Советского Союза во всех отраслях народного хозяйства.

Знак качества наносился на особо важную продукцию, прошедшую аттестацию. Ее производство должно было носить массовый или серийный характер. К 1977 году в процесс аттестации включились уже свыше 5 тыс. предприятий, Знака качества была удостоена почти 21 тыс. изделий. В БССР первым его получил самосвал для перевозки грунта «БелАЗ-540А», созданный на автозаводе в г. Жодино. Он стал также первым автомобилем в СССР, удостоенным Знака качества.

Главным показателем качества является надежность, которая подразу-

Знак качества
на эксплуатируемом
энергетическом оборудовании,
произведенном в СССР



мекает безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость и, что особенно важно, долговечность – свойство объекта оставаться работоспособным до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Яркий пример долговечности – оборудование со Знаком качества СССР, которое по сей день успешно эксплуатируется в энергетике: трансформаторы 1000–6300 кВА, высоковольтные и автоматические выключатели, вводы РУ 0,4 кВ, измерительные приборы, релейное оборудование, станки и др. (см. рисунок).

Примером высокого качества и долговечности является кабельная линия 6 кВ ТП-68 – ТП-593 протяженностью 57 м в г. Минске. Она была введена в эксплуатацию в 1933 году и проработала более 90 лет. Линия проложена по улице Я. Купалы и пересекает проспект Независимости. Сегодня в системе энергообеспечения столицы эта КЛ является лучшей по соотношению времени ее эксплуатации и количества (типа) повреждений.

Управление качеством в современной Беларуси

Вопросы качества продукции и сегодня остаются актуальными, при этом в современном контексте само понятие качества следует трактовать значительно шире, чем надежность. Сегодня оно включает такие характеристики, как инновационность, эко-

логичность, сервиспригодность, эффективность и др.

Во всем мире управлению качеством уделяется особое внимание. Международной организацией по стандартизации более 25 лет назад были разработаны стандарты серии ISO 9000, определившие принципы управления качеством (менеджмента качества). Пятая версия этого документа – ISO 9001:2015 «Системы менеджмента качества. Требования». Стандарт помогает организациям всех отраслей улучшать свою работу, соответствовать ожиданиям клиентов и демонстрировать приверженность качеству. Его требования определяют порядок создания, внедрения, поддержания и постоянного улучшения системы менеджмента качества, а также общие принципы управления качеством, включая ориентацию на потребителя, ответственность персонала, управление взаимоотношениями и др. В нашей стране действует идентичный ISO 9001:2015 стандарт СТБ ISO 9001-2015 «Системы менеджмента качества», утвержденный постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 14 декабря 2015 г. № 58.

В настоящее время организациям, входящим в состав ГПО «Белэнерго», выдано 20 сертификатов на соответствие требованиям системы менеджмента качества СТБ ISO 9001-2015 и один – на соответствие требованиям международной системы менеджмента качества ISO 9001-2015.

В целях дальнейшего повышения качества жизни белорусского народа,

обеспечения конкурентоспособности национальной экономики на мировой арене, стимулирования инициативы, формирования в обществе ответственности за результаты работы были приняты указы Президента Республики Беларусь от 27 ноября 2023 г. № 375 «Об объявлении 2024 года Годом качества» и от 18 января 2024 г. № 21 «О Государственном знаке качества». Знак был учрежден в целях содействия повышению качества белорусских товаров и услуг. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 марта 2024 г. № 224 определен порядок его присвоения. При разработке изображения за основу взят Знак качества, который присваивался во времена Советского Союза.

Государственный знак качества присваивается на два года. Все это время производитель имеет право применять его при маркировке продукции, в документах и рекламных материалах, а также может пользоваться стимулирующими льготами и преференциями, предоставленными при присвоении Знака качества.

В соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 22 января 2025 года № 34 Государственный знак качества в 2024 году присвоен 17 наименованиям отечественной продукции в трех категориях: товары производственно-технического назначения, промышленные товары для населения и продовольственные товары.

Задел на перспективу

Присвоение Государственного знака качества продукции отечественных энергопредприятий позволит продвигать ее на международных торговых площадках, в том числе электронных, получать скидки на услуги Белорусской торгово-промышленной палаты по поиску партнеров и маркетинговой поддержке, а также по размещению рекламы в печатных изданиях. Все это будет способствовать повышению конкурентоспособности и формированию имиджа предприятий как производителей продукции высокого качества.

Продолжению и укреплению традиций качества будет способствовать выполнение Указа Президента Республики Беларусь от 17 января 2025 г. № 31 «О пятилетке качества». Данным документом на период 2025–2029 годов определены стратегические задачи в области качества в экономике, организации жизнедеятельности людей, социальных отношениях и в сфере права. Среди таких задач – создание новых современных предприятий, цифровая трансформация, обеспечение технологического суверенитета, дальнейший рост доходов населения, применение справедливой системы ценообразования, повышение рождаемости и улучшение демографического потенциала.

СПРАВОЧНО

Государственный знак качества представляет собой пятиугольник красного цвета со слегка выпуклыми сторонами. В центре знака – стилизованное изображение перевернутой буквы «К» из двух стреловидных элементов красного цвета. В верхней части – надпись «БЕЛАРУСЬ» красного цвета. Пять углов



Государственного знака качества символизируют качество белорусской продукции, достигаемое сочетанием пяти показателей: безопасности, экологичности, инновационности, технологичности и эстетичности. Нижний стреловидный элемент означает устойчивость системы качества, верхний (символические весы) – оптимальное соотношение общественного мнения о продукции и качества производства.

ИНТЕРЕСНЫЕ ФАКТЫ

«Свет столетия»

Так называют лампочку, установленную в пожарной части № 6 в г. Ливерморе (Калифорния, США). Она горит на протяжении 122 лет и внесена в «Книгу рекордов Гиннеса» как самая долго горящая лампочка в мире. Ручная выдувная лампа с углеродной нитью была изготовлена в г. Шелби (Огайо) компанией



Shelby Electric в конце 1890-х годов и за все эти годы выключалась лишь дважды, причем это было связано не с самой лампой, а с человеческой ошибкой или вмешательством.

Качество на века

На реке Мнюта в местечке Лужки Шарковщинского района графом Виктором Плятером в 1903–1905 годах были сооружены две гидроэлектростанции мощностью по 80 кВт, оснащенные оборудованием английского производства. Сейчас о них напоминают только остатки плотины и кованая опора линии электропередачи со встроенным под ней помещением бывшего распределительного пункта. Считается, что опора была установлена в 1905 году.

При проведении реконструкции ВЛ энергетики сохранили историческую опору, и в настоящее время она используется в электроснабжении агрогородка Лужки уже с применением изолированного провода.



О.Л. СИНЬКЕВИЧ,
инженер-металловед 1 категории
межсистемной лаборатории
контроля металла и сварки
ОАО «Белэнергоремналадка»



ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ПОСТА МИКРОКОНТРОЛЯ С ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ДЛЯ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Металлографический контроль – один из основных видов контроля металла энергетического оборудования. Данный метод позволяет достаточно точно прогнозировать прочностные характеристики металла (содержание составляющих в структуре, ее однородность по сечению), получать данные о структурных изменениях, вызванных температурным воздействием (сфероидизация, перекристаллизация и др.), определять причины разрушения металлических изделий и оценивать возможность их дальнейшей эксплуатации.

В реестре стандартов Республики Беларусь существует большой перечень нормативных документов, регламентирующих металлографический контроль состояния металла, включая критерии отбора образцов, методики проведения исследований и оценки полученных результатов. Большинство этих документов предусматривает применение метода сравнения со стандартными шкалами, в том числе:

- ГОСТ 1778-2022 «Металлопродукция из сталей и сплавов. Металлографические методы определения неметаллических включений»;
- ГОСТ 5639-82 «Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна»;
- ГОСТ 5640-2020 «Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты»;
- ГОСТ 11878-66 «Сталь аустенитная. Методы определения содержания ферритной фазы в прутках» и др.

Между тем существенным недостатком сравнительного анализа является возможность разночтений в интерпретации его результатов при выполнении металлографического контроля разными операторами. В большинстве упомянутых стандартов допускается разница в результатах оценки в пределах 1 балла. Однако при принятии решения о несоответ-

ствии (отбраковке) стального изделия по результатам входного и периодического контроля такое разночтение может быть недопустимо.

В целях минимизации возможного влияния человеческого фактора на результаты испытаний и исключения разночтений при проведении металлографического анализа Межсистемная лаборатория контроля металла и сварки филиала «Инженерный центр» ОАО «Белэнергоремналадка» (МЛКМиС) использует в своей деятельности современный пост микроконтроля. Пост оснащен системой анализа микроструктуры объектов (САМО), работой которой управляет специализированное ПО. Система внесена в Государственный реестр средств измерений Российской Федерации и проходит периодическую калибровку в РУП «Бело-

русский государственный институт метрологии».

В ходе эксплуатации пост микроконтроля положительно зарекомендовал себя при выполнении следующих задач:

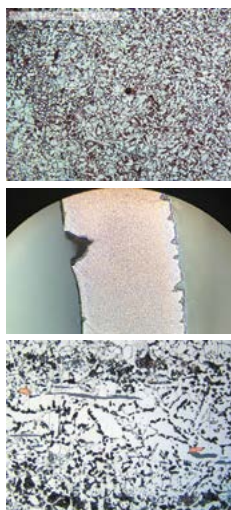
- оценка состояния металла при входном контроле поставляемых материалов (балл зерна металла труб из аустенитной стали, видманштеттова направленность зерен, феррито-перлитная полосчатость и др.);
- определение причин повреждений энергооборудования (графитизация, поры ползучести, коррозионные трещины и др.);
- исследование металла сварных соединений.

Применение поста микроконтроля позволяет в автоматическом режиме:

- выполнять съемку заданной оператором площади поверхности ме-

СПРАВОЧНО

Межсистемная лаборатория контроля металла и сварки филиала «Инженерный центр» ОАО «Белэнергоремналадка» аккредитована в национальной системе аккредитации с 1996 года, соответствует требованиям ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Высокий уровень профессионализма коллектива подтвержден результатами конкурса «Компетентность-2023», проведенного ГП «Белорусский государственный центр аккредитации»: по его итогам МЛКМиС стала победителем в номинации «Испытательная лаборатория».



Исследование микроструктуры металла энергетического оборудования

талла (функция шивки), что повышает объективность результатов анализа по всему сечению объекта контроля;

- проводить сравнение с предустановленными шкалами стандартов, осуществлять расчеты площадей / процентного соотношения структурных составляющих по сечению исследуемого образца;

- определять пористость, толщину обезуглероженного слоя или покрытий, размеры дефектов и др.

Наиболее показательна работа поста микроконтроля при входном контроле металла аустенитных труб, оценке его структуры после проведения аустенизации и холодной деформации труб диаметром 32 мм, изготовленных из стали марки 12X18H12T по ТУ 14-3P-55-2001 «Трубы стальные бесшовные для паровых котлов и трубопроводов. Технические условия», а также при определении содержания ферритной фазы в наплавленном металле металлографическим методом.

Аустенитные трубы из стали 12X18H12T применяются для изготовления пароперегревателей (температура эксплуатации до 640 °С) котлов, на которые распространяются требования Правил по обеспечению промышленной безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением (утверждены постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 27 декабря 2022 г. № 84).

Трубы, прошедшие холодное формоизменение, должны быть подвергнуты специальной термической обработке – аустенизации. В результате

сталь приобретает однородную аустенитную структуру, улучшаются ее механические свойства, снижается уровень напряжения и вероятность возникновения межкристаллитной коррозии. Размер зерна металла после аустенизации должен соответствовать первоначальным требованиям ТУ к трубам.

Согласно ТУ размер зерна при металлографическом исследовании должен быть в пределах 3–7 номеров по ГОСТ 5639. С учетом того, что оценку соответствия металла требованиям ТУ необходимо проводить при увеличении 95–110 крат, возможны разночтения при интерпретации результатов операторами. Размер зерна в аустенитных сталях существенно влияет на жаропрочность металла, поэтому важно корректно и объективно проводить оценку и отбраковку труб. Трубы с недопустимой структурой не способны обеспечить безопасную и надежную эксплуатацию, их использование приводит к уменьшению ресурса, росту повреждаемости и, как следствие, замене изделия, а в некоторых случаях может потребоваться замена и соседних поверхностей.

Пост микроконтроля дает возможность не только просканировать поверхность образца и оценить его структуру с применением сравнительного метода, но и выполнить расчет в соответствии с ГОСТ 5639. Это позволяет увеличить объективность оценки результатов анализа и не допустить применения труб с браковочной структурой на объектах Белорусской энергосистемы.

Согласно нормативным документам на сварочные электроды содержание ферритной фазы в наплавке, выполненной электродами диаметром до 2,5 мм, допускается оценивать металлографическим методом. Действующий в Беларуси ГОСТ 11878 предусматривает оценку содержания ферритной фазы методом сравнения со стандартными шкалами, которые разработаны для прутков. Как следствие, ферритная фаза на шкалах имеет выраженную направленность. Поэтому их использование для данного исследования проблематично в связи с существенными отличиями анализируемых структур. Пост микроконтроля позволяет определить содержание ферритной фазы в наплавке методом перерасчета, используя стандартные шкалы.

Необходимо отметить, что, несмотря на явные преимущества, САМО – лишь инструмент, позволяющий оптимизировать, а в некоторых случаях автоматизировать анализ. Ни одно ПО не может в полной степени заменить квалифицированный персонал с профильным высшим образованием, прошедший наряду со специальной теоретической подготовкой практическое обучение и обладающий необходимым опытом и навыками работы с современным оборудованием.

Список литературы

1. Гофман, Ю.М. *Способы по оценке причин повреждения металла труб, котлов, паропроводов и их сварных соединений. Основные виды изломов поврежденных деталей тепломеханического оборудования* / Ю.М. Гофман. – Верхняя Пышма: Управление издательств полиграфии и книжной торговли, 1990. – 91 с.
2. *Дефекты стали: справочник* / Под ред. С.М. Новокщеновой, М.И. Виноград. – М.: Металлургия, 1984.
3. Баранов, П.А. *Предупреждение аварий паровых котлов* / П.А. Баранов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 272 с.
4. Нахалов, В.А., *Надежность гибов труб теплоэнергетических установок* / В.А. Нахалов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 184 с.
5. *Металловедение и термическая обработка стали и чугуна: справочник: в 3 т.* / Б.С. Бокштейн [и др.]; под ред. А.Г. Рахштадта [и др.]. – М.: Интермет Инжиниринг, 2004–2007.
6. Бугай, Н.В. *Работоспособность и долговечность энергетического оборудования* / Н.В. Бугай, Т.Г. Березина, Н.И. Трунин. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 272 с.
7. *Атлас макро- и микроструктур сварных соединений: под ред. А.М. Макара.* – М.: Машгиз, 1961. – 118 с.

Б.В. ПЕКЕЛИС,
инженер, ветеран Белорусской
энергосистемы, отличник
Белорусской энергосистемы



ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ДВУХСТАВОЧНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПО ЗОНАМ СУТОК ТАРИФА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ

В статье рассматриваются возможные пути модернизации двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа на электрическую энергию, направленные на стимулирование роста ночного электропотребления промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью 750 кВА и выше в условиях ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС.

В настоящее время в республике подавляющее большинство промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью 750 кВА и выше (далее – промпотребители) оснащены расчетными АСКУЭ и применяют двухставочный либо двухставочно-дифференцированный по зонам суток тарифы на электрическую энергию с основной платой за фактическую величину наибольшей совмещенной получасовой активной мощности, потребляемой в часы максимальных нагрузок энергосистемы [1, 2].

Как показано в [3], средневзвешенная величина двухставочного тарифа за месячный расчетный период (РП) для промпотребителя (абонента энергоснабжающей организации) определяется выражением

$$T_{\text{ср.дт}} = \frac{aP_{\text{max}}^{\Phi} + bW_{\Sigma}}{W_{\Sigma}} = \frac{aP_{\text{max}}^{\Phi}}{W_{\Sigma}} + b = \frac{a}{h_{\text{max}}} + b, \quad (1)$$

где a – основная ставка двухставочного тарифа, руб./кВт;
 b – дополнительная ставка двухставочного тарифа, руб./кВт·ч;
 P_{max}^{Φ} – фактическая (или равная ей договорная) величина наибольшей совмещенной получасовой активной мощности, потребленной абонентом в часы максимальных нагрузок энергосистемы за РП, кВт;
 W_{Σ} – суммарное количество активной энергии, потребленной абонентом за РП, кВт·ч;
 $h_{\text{max}} = W_{\Sigma} / P_{\text{max}}^{\Phi}$ – время (число часов) использования P_{max}^{Φ} за РП, ч.

В свою очередь, средневзвешенная величина двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа определяется выражением

$$T_{\text{ср.дт}} = \frac{ak_a P_{\text{max}}^{\Phi} + b(k_n W_n + k_{\text{nn}} W_{\text{nn}} + k_{\text{н}} W_{\text{н}})}{W_{\Sigma}}, \quad (2)$$

где k_a – понижающий тарифный коэффициент (принят равным 0,5) к основной ставке двухставочного тарифа;

W_n , W_{nn} , $W_{\text{н}}$ – количество активной энергии, потребленной в пиковой, полупиковой и ночной тарифных зонах суток соответственно за РП, кВт·ч;

k_n , k_{nn} , $k_{\text{н}}$ – пиковый, полупиковый и ночной тарифные коэффициенты соответственно к дополнительной ставке двухставочного тарифа.

Если выражения (1) и (2) разделить на ставку b , то получатся формулы для определения относительных средневзвешенных величин двухставочного и двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифов соответственно:

$$T_{\text{ср.дт}}^* = \frac{a}{h_{\text{max}} b} + 1; \quad (3)$$

$$T_{\text{ср.дт}}^* = \frac{ak_a}{h_{\text{max}} b} + \frac{k_n W_n + k_{\text{nn}} W_{\text{nn}} + k_{\text{н}} W_{\text{н}}}{W_{\Sigma}}. \quad (4)$$

В [3] также приведены полные формулы для определения тарифных коэффициентов k_n и $k_{\text{н}}$:

$$k_n = \frac{t_c - k_{\text{nn}} t_{\text{nn}}}{t_{\text{н}} + t_{\text{н}}} + \frac{a(1 - k_a)(4t_{\text{н}} - t_{\text{н}})}{bd_k(t_{\text{н}}^2 - t_{\text{н}}^2)}, \quad (5)$$

$$k_{\text{н}} = \frac{t_c - k_{\text{nn}} t_{\text{nn}}}{t_{\text{н}} + t_{\text{н}}} - \frac{a(1 - k_a)(4t_{\text{н}} - t_{\text{н}})}{bd_k(t_{\text{н}}^2 - t_{\text{н}}^2)}, \quad (6)$$

где d_k – календарное количество дней в РП (месяце);
 t_c , t_n , t_{nn} , $t_{\text{н}}$ – количество часов в сутках (00:00–24:00), в пиковой (8:00–11:00), полупиковой (6:00–8:00 и 11:00–23:00) и ночной (23:00–6:00) тарифных зонах суток соответственно.

Если в формулы (5, 6) подставить значение $k_{\text{пн}}$, равное 1, то после упрощений на основании условия $t_c - t_{\text{пн}} = t_n + t_n$ выражения для определения k_n и k_n приобретут вид как в [2]:

$$k_n = 1 + \frac{a(1-k_a)(4t_n - t_n)}{bd_k(t_n^2 - t_n^2)}, \quad (7)$$

$$k_n = 1 - \frac{a(1-k_a)(4t_n - t_n)}{bd_k(t_n^2 - t_n^2)}. \quad (8)$$

Особенности применения двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа на электрическую энергию

Согласно декларации об уровне тарифов на электрическую энергию [4], введенной в действие с 1 января 2024 года, соотношение базовых значений основной и дополнительной ставок двухставочного тарифа (a/b) равно 118,250263316.

При указанном соотношении ставок и значении понижающего тарифного коэффициента k_a , равном 0,5, тарифные коэффициенты k_n и k_n , рассчитанные по формулам (7, 8) для 30-дневного РП, имеют следующие значения:

$$k_n = 2,231773576, \\ k_n = 0,753645285.$$

В таблице 1 представлены сравнительные результаты расчетов (для 30-дневного РП) относительных средневзвешенных значений двухставочного и двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифов с основной платой за фактическую величину наибольшей потребляемой активной мощности, выполненные для шести промпотребителей с разными режимами работы и электропотребления. На рисунках 1–6 представлены суточные графики нагрузок этих промпотребителей. Графики построены на основе данных АСКУЭ за рабочие дни РП с наибольшими фактическими величинами потребляемой активной мощности в часы максимальных нагрузок энергосистемы.

У 1–4-го и 6-го потребителей суточные графики нагрузок имеют естественную форму, у 5-го – принудительную форму вследствие проведения потребителем регулировочных мероприятий для перехода на расчеты с применением двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа.

У 4-го потребителя при естественной форме суточного графика нагрузок утренний максимум потребляемой активной мощности ниже вечернего ($P_{y,\text{max}}^{\Phi} < P_{в,\text{max}}^{\Phi}$), что гарантирует ему, даже без проведения регулировочных мероприятий, экономическую выгоду при переходе на расчеты с применением двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа.

Так как подобная выгода не является результатом проведения регулировочных мероприятий, в [2] было внесено следующее ограничительное условие. Если у потребителя, перешедшего на расчеты с применением двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа, по окончании РП получается, что $P_{y,\text{max}}^{\Phi} \leq P_{в,\text{max}}^{\Phi}$, то окончательный расчет производится с применением двухставочного тарифа с основной платой за фактическую величину наибольшей потребляемой активной мощности.

Из таблицы 1 видно, что при естественной форме суточных графиков нагрузок (без регулировочных мероприятий) и соблюдении промпотребителями условия $P_{y,\text{max}}^{\Phi} > P_{в,\text{max}}^{\Phi}$ нормальные отклонения $T_{\text{ср.ддт}}^*$ от $T_{\text{ср.дт}}^*$ находятся в пределах $\pm 2\% T_{\text{ср.дт}}^*$.

Пути модернизации двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа на электрическую энергию

За многие годы применения двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа промышленные потребители, в частности построившие блок-станции, научились получать экономическую выгоду, перенося электропотребление из пиковой тарифной зоны суток в полупиковую, а не в ночную. Причиной, побуждающей промпотребителей к подобным действиям, является относительно невысокое значение полупикового тарифного коэффициента $k_{\text{пн}}$ (принятое равным 1) при недостаточно низком расчетном значении ночного тарифного коэффициента k_n (0,753645285).

После ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС стимулирование роста ночного электропотребления является приоритетной задачей. Определенный вклад в ее решение могли бы внести промышленные и приравненные к ним потребители с присоединенной мощностью 750 кВА и выше, применяющие двухставочно-дифференцированный по зонам суток тариф. Для этого тариф должен быть модернизирован таким образом, чтобы он усиливал стимулирование переноса электропотребления из пиковой и полупиковой тарифных зон суток в ночную зону.

Первый путь модернизации предусматривает повышение полупикового тарифного коэффициента и существенное понижение ночного. Если в выражениях (5, 6) принять $k_{\text{пн}}$ равным 1,2, а понижающий тарифный коэффициент k_a оставить равным 0,5, то для 30-дневного РП расчетное значение пикового тарифного коэффициента k_n будет равно 1,951773576, а ночной тарифный коэффициент k_n понизится до 0,473645285.

Таким образом, ночная тарифная ставка двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа окажется на уровне ставки тарифа на электроэнергию, используемую электрическими котлами в котельных в ночное время суток [4].

Результаты сравнительных расчетов для этого пути модернизации (при котором $k_{\text{пн}} = 1,2$) сведены в таблицу 2. Как видно из таблицы, при естественной форме суточных графиков нагрузок нормальные отклонения $T_{\text{ср.ддт}}^*$ от $T_{\text{ср.дт}}^*$ находятся в пределах $\pm 3\% T_{\text{ср.дт}}^*$.

В современных условиях ОЭС Беларуси не испытывает дефицита генерируемой мощности в часы максимальных нагрузок энергосистемы. Поэтому возможен и **второй путь** модернизации двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа, который может быть преобразован в тариф, близкий к дифференцированному по трем зонам суток, но с минимальной основной платой за фактическую величину наибольшей потребляемой активной мощности.

Этот путь может быть реализован, если понижающий тарифный коэффициент k_a принять равным 0,01, а полупиковый тарифный коэффициент $k_{\text{пн}}$ оставить равным 1. Тогда для 30-дневного РП пиковый и ночной тарифные

Таблица 1. Сравнительные результаты расчетов относительных средневзвешенных значений двухставочного и двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифов при $d_k = 30$, $k_a = 0,5$, $k_n = 2,231773576$, $k_{nn} = 1$, $k_n = 0,753645285$

Номер потребителя, режим работы и электропотребления	W_{Σ}	W_n	W_{nn}	W_n	$P_{\max}^{\Phi}$	$h_{\max}$	$T_{\text{ср.дт}}^*$	$T_{\text{ср.ддт}}^*$	$\frac{T_{\text{ср.ддт}}^* - T_{\text{ср.дт}}^*}{T_{\text{ср.дт}}^*}$
	кВт·ч				кВт	ч	отн. ед.		%
1. Односменный	306 634	94 266	182 423	29 945	1694	181,0	1,65328	1,68126	+1,69
2. Двухсменный	204 859	45 471	135 088	24 300	850	241,0	1,49065	1,48951	-0,08
3. Трёхсменный	1 264 242	178 833	784 339	301 070	2712	466,2	1,25367	1,24241	-0,90
4. Трёхсменный ($P_{y,\max}^{\Phi} < P_{v,\max}^{\Phi}$)	793 170	83 013	510 721	199 436	1670	474,95	1,24898	1,19146	-4,61
5. Трёхсменный*	1 541 895	138 529	988 142	415 224	2754	559,9	1,21121	1,14993	-5,06
6. Непрерывный	7 577 321	960 172	4 416 125	2 201 024	11 422	663,4	1,17825	1,17365	-0,39

* После проведения регулировочных мероприятий.

Таблица 2. Сравнительные результаты расчетов относительных средневзвешенных значений двухставочного и двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифов при $d_k = 30$, $k_a = 0,5$, $k_n = 1,951773576$, $k_{nn} = 1,2$, $k_n = 0,473645285$

Номер потребителя, режим работы и электропотребления	W_{Σ}	W_n	W_{nn}	W_n	$P_{\max}^{\Phi}$	$h_{\max}$	$T_{\text{ср.дт}}^*$	$T_{\text{ср.ддт}}^*$	$\frac{T_{\text{ср.ддт}}^* - T_{\text{ср.дт}}^*}{T_{\text{ср.дт}}^*}$
	кВт·ч				кВт	ч	отн. ед.		%
1. Односменный	306 634	94 266	182 423	29 945	1694	181,0	1,65328	1,68684	+2,03
2. Двухсменный	204 859	45 471	135 088	24 300	850	241,0	1,49065	1,52604	+2,37
3. Трёхсменный	1 264 242	178 833	784 339	301 070	2712	466,2	1,25367	1,26019	+0,52
4. Трёхсменный ($P_{y,\max}^{\Phi} < P_{v,\max}^{\Phi}$)	793 170	83 013	510 721	199 436	1670	474,95	1,24898	1,22053	-2,28
5. Трёхсменный*	1 541 895	138 529	988 142	415 224	2754	559,9	1,21121	1,17754	-2,78
6. Непрерывный	7 577 321	960 172	4 416 125	2 201 024	11 422	663,4	1,17825	1,17340	+0,41

* После проведения регулировочных мероприятий.

Таблица 3. Сравнительные результаты расчетов относительных средневзвешенных значений двухставочного и двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифов при $d_k = 30$, $k_a = 0,01$, $k_n = 3,438911681$, $k_{nn} = 1$, $k_n = 0,512217664$

Номер потребителя, режим работы и электропотребления	W_{Σ}	W_n	W_{nn}	W_n	$P_{\max}^{\Phi}$	$h_{\max}$	$T_{\text{ср.дт}}^*$	$T_{\text{ср.ддт}}^*$	$\frac{T_{\text{ср.ддт}}^* - T_{\text{ср.дт}}^*}{T_{\text{ср.дт}}^*}$
	кВт·ч				кВт	ч	отн. ед.		%
1. Односменный	306 634	94 266	182 423	29 945	1694	181,0	1,65328	1,70867	+3,35
2. Двухсменный	204 859	45 471	135 088	24 300	850	241,0	1,49065	1,48839	-0,15
3. Трёхсменный	1 264 242	178 833	784 339	301 070	2712	466,2	1,25367	1,23137	-1,78
4. Трёхсменный ($P_{y,\max}^{\Phi} < P_{v,\max}^{\Phi}$)	793 170	83 013	510 721	199 436	1670	474,95	1,24898	1,13510	-9,12
5. Трёхсменный*	1 541 895	138 529	988 142	415 224	2754	559,9	1,21121	1,08987	-10,02
6. Непрерывный	7 577 321	960 172	4 416 125	2 201 024	11 422	663,4	1,17825	1,16914	-0,78

* После проведения регулировочных мероприятий.

коэффициенты, рассчитанные по формулам (7, 8), приобретут следующие значения:

$$k_n = 3,438911681, \\ k_n = 0,512217664.$$

Результаты сравнительных расчетов для данного пути модернизации двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа представлены в таблице 3. Из таблицы видно, что при естественной форме суточных графиков нагрузок и соблюдении промпотребителями условия $P_{y,\max}^{\Phi} > P_{v,\max}^{\Phi}$ нормальные отклонения $T_{\text{ср.ддт}}^*$ от $T_{\text{ср.дт}}^*$ также находятся в приемлемых пределах.

Выводы

Предложены возможные пути модернизации двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа на электрическую энергию, позволяющие в условиях ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС усилить стимулирование роста ночного электропотребления у промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью 750 кВА и выше и не приводящие к необоснованным выпадающим доходам для энергоснабжающих организаций.

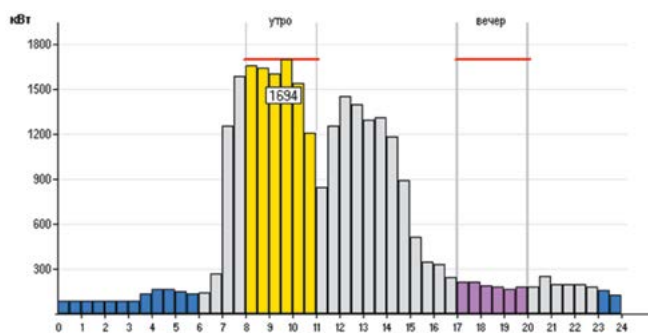


Рис. 1. Суточный график нагрузок промпотребителя с односменным режимом работы и электропотребления

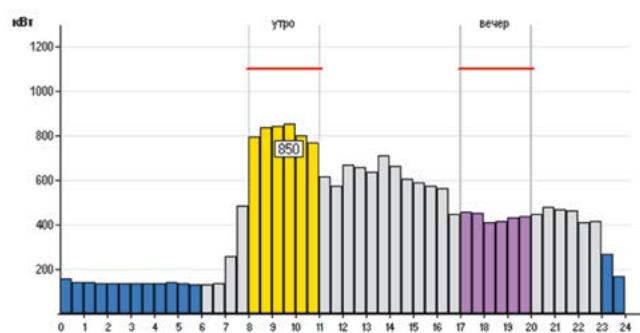


Рис. 2. Суточный график нагрузок промпотребителя с двухсменным режимом работы и электропотребления

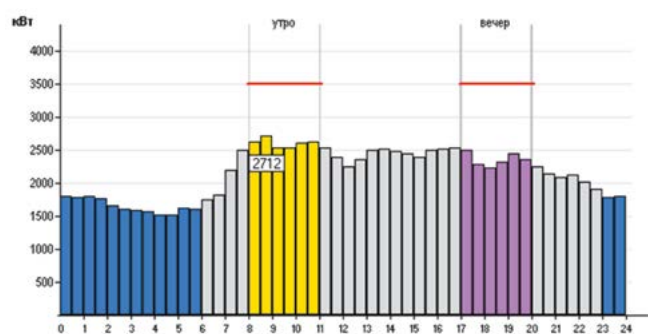


Рис. 3. Суточный график нагрузок промпотребителя с трехсменным режимом работы и электропотребления

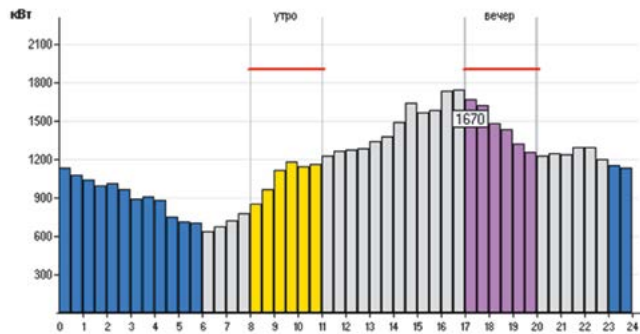


Рис. 4. Суточный график нагрузок промпотребителя с трехсменным режимом работы и электропотребления (при $P_{y,max}^{\phi} < P_{o,max}^{\phi}$)

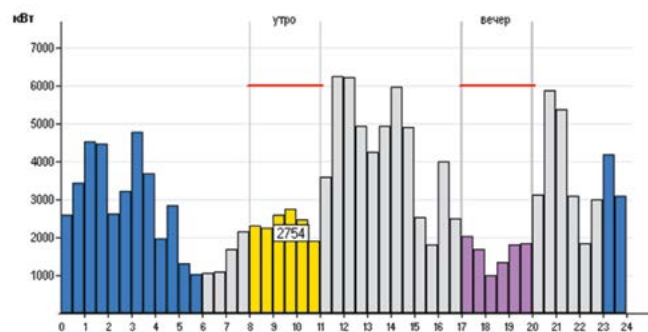


Рис. 5. Суточный график нагрузок промпотребителя с трехсменным режимом работы и электропотребления (после проведения регулировочных мероприятий)

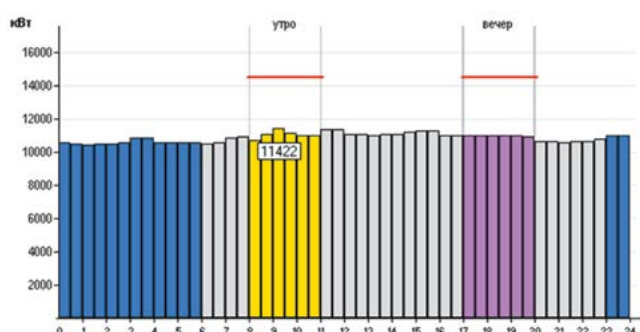


Рис. 6. Суточный график нагрузок промпотребителя с непрерывным режимом работы и электропотребления

Список литературы

1. Об утверждении Инструкции по применению двухставочного и двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифов на активную электрическую мощность и энергию с основной платой за фактическую величину наибольшей потребляемой активной мощности в часы максимальных нагрузок энергосистемы: постановление М-ва энергетики Респ. Беларусь, 16 окт. 2002 г., № 17 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 16.10.2002. – № 8/8732.
2. О внесении изменений и дополнений в Инструкцию по применению двухставочного и двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифов на активную электрическую мощность и энергию с основной платой за фактическую величину наибольшей потребляемой активной мощности в часы максимальных нагрузок энергосистемы, утвержденную постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 16.10.2002 № 17: постановление М-ва энергетики Респ. Беларусь, 28 февр. 2007 г., № 4 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 27.03.2007. – № 8/16151.
3. Пекелис, Б.В. Методология двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа на электрическую энергию / Б.В. Пекелис // Энергетическая стратегия. – 2024. – № 5 (101). – С. 23–27.
4. Декларация об уровне тарифов на электрическую энергию, отпускаемую республиканскими унитарными предприятиями электроэнергетики ГПО «Белэнерго» для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей: утв. М-вом антимонопольного регулирования и торговли Респ. Беларусь 06.02.2024.

А.А. КОВЗАН,
инженер оперативно-
диспетчерской службы



Н.А. ПОПКОВА,
м.т.н., заместитель декана по идеологической
и воспитательной работе, старший
преподаватель кафедры «Электрические
системы» БНТУ



ОПЫТ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКИХ СЛУЖБ

Основной проблемой в работе с технической документацией является низкая скорость поиска, сортировки и отбора документов. Актуальны также вопросы доступа к документам, актуализации их версий, удобства использования и архивирования. В связи с этим одним из самых востребованных направлений является автоматизация учета документов, в том числе технических. В статье представлен информационный комплекс для автоматизации учета технической документации оперативно-диспетчерской службы, разработанный специалистами отрасли совместно с БНТУ.

Актуальность проблемы

В условиях роста количества электрооборудования, эксплуатируемого в электрических сетях Белорусской энергосистемы, все большее значение приобретает контроль актуальной технической документации. Схемы, инструкции, бланки переключений – вот лишь немного, что подлежит учету в диспетчерских службах (ДС) электросетей [1]. Помимо этого, сменным персоналом ДС ведется учет средств индивидуальной защиты [2], содержимого дежурной аптечки [3], средств пожаротушения, которыми оборудованы ДС и транспорт оперативно-выездных бригад [4]. Кроме того, работники периодически проходят проверки знаний в области охраны труда, технической эксплуатации оборудования и т.д. Все эти процессы регулируются техническими документами.

К сожалению, на сегодняшний момент нет единого средства контроля технической документации, каждая ДС выбирает наиболее доступные и не всегда эффективные способы учета (ведение таблиц в Excel, бумажный учет или просто регулярный

пересмотр). Отдельным нерешенным вопросом является поддержание актуальности тех данных, которые должны одновременно контролироваться службами филиала и района (некоторые схемы, инструкции и бланки переключений). Недостаточная организованность такого контроля может привести к разрозненности, несоответствию и противоречивости информации.

Для решения этой проблемы авторами был разработан комплексный программный продукт (веб-приложение), позволяющий автоматически отслеживать актуальность данных.

Описание продукта

Создание любого веб-приложения включает разработку двух частей: клиентской и серверной. Это взаимозависимые процессы.

Характеристики веб-приложения

Технология	Клиентская часть	Серверная часть
Тип архитектуры	Feature Sliced Design	Модульная архитектура
Технологии	React, Mantine UI, Redux Toolkit, RTK Query	Mongo DB, NestJS
Язык программирования	TypeScript	

Разработка клиентской части (фронтенд) подразумевает выбор технологий и инструментов для отправки запросов на серверную часть, а также реализацию элементов графического интерфейса и взаимодействия между ними. Разработка серверной части (бэкенд) заключается в проектировании структуры базы данных и выборе инструментов для реализации алгоритмов на стороне сервера.

Помимо набора технологий важным аспектом разработки является выбор архитектуры обеих частей [5].

В таблице сведена информация об инструментах разработки приложения и подходах к его реализации.

Доступ к приложению осуществляется через страницу авторизации. Для успешного входа в учетную запись пользователю необходимо ввести логин и пароль. При создании нового

профиля администратор шифрует пароль перед сохранением его в базу данных, что обеспечивает надежность хранения конфиденциальной информации.

После успешной авторизации пользователь попадает на главную страницу приложения, интерфейс которой представлен на рисунке 1. Для каждой категории (средства защиты, схемы и т.д.) на главную страницу выводится информация об объектах, срок актуальности которых близок к завершению (желтый цвет) или истек (красный цвет).

Прежде чем описать процесс внесения данных для их последующего контроля, рассмотрим возможности страницы «Настройки». К настройкам приложения, которые пользователь может изменить под свои нужды, относятся:

- отображение необходимых страниц;
- данные о персонале ДС;
- настройка количества дней, по прошествии которых пользователь уведомляется о скором истечении

срока действия (годности) документов, СИЗ и др.;

- создание учетных записей для подчиненных районных ДС (раздел для ДС филиала);
- список подстанций напряжением 330 кВ и ниже, находящихся в обслуживании ДС;
- список средств защиты, применяемых в ДС.

В качестве примера на рисунке 2 приведен вид раздела «Уведомление об истечении срока». В полях формы указаны значения по умолчанию, ко-

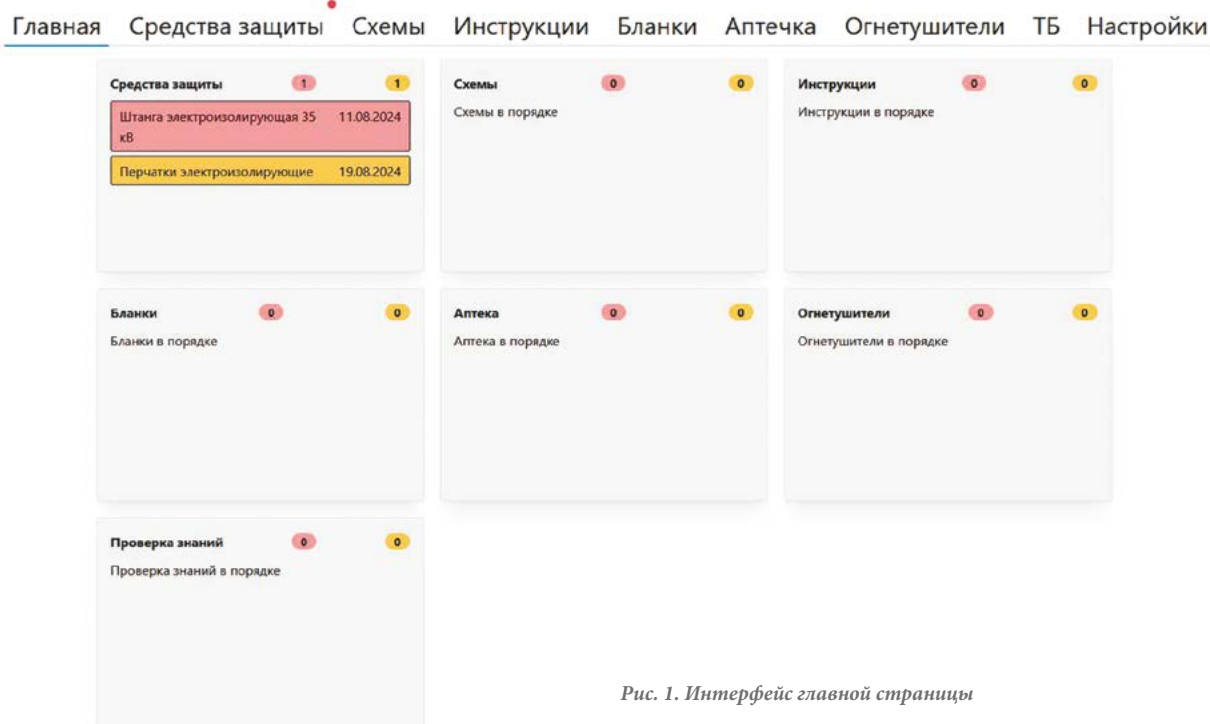


Рис. 1. Интерфейс главной страницы

Уведомление об истечении срока (кол-во дней)

Средства защиты	7 Дней	Бланки	30 Дней
Схемы	30 Дней	Аптека	7 Дней
Инструкции	30 Дней	Огнетушители	3 Дней
Проверка знаний	7 Дней		

Изменить

Рис. 2. Раздел «Уведомление об истечении срока»

торые при необходимости могут быть изменены исходя из потребностей отдельно взятой ДС.

Процесс внесения данных в приложение рассмотрим на примере страницы «Инструкции». Интерфейс страницы (рис. 3) состоит из поисковой строки с кнопками для поштучного добавления инструкций или импорта из Excel таблицы с возможностью сортировки их по столбцам. Каждая строка таблицы имеет кнопки управления конкретной записью об инструкции («Редактировать», «Копировать», «Удалить»). Для схем, инструкций и бланков имеется возможность распространения данных между учетными записями ДС филиала и районов электросетей. Кроме того, при добавлении новой записи можно прикрепить pdf-файл соответствующего документа. Приложение также позволяет отслеживать сроки утверждения документации.

Для добавления новой инструкции заполняется форма в модальном окне, появляющемся при нажатии кнопки «Добавить» (рис. 4). Поля, отмеченные звездочкой, обязательны к заполнению. Ввиду того что инструкции по релейной защите и автоматике пересматриваются раз в 4 года (прочие – раз в 3 года [6]), имеется отдельное поле для галочки с названием «Инструкция по РЗА». В поле «Служба» указывается, какое структурное подразделение отвечает за пересмотр инструкции.

Результаты внедрения разработки

Рассмотренный программный комплекс уже успешно внедрен в ДС одного из предприятий электрических сетей и в нескольких подчиненных ему районных ДС.

Эксплуатация комплекса позволила:

- упростить процесс обмена технической документацией между ДС филиала и районов электросетей за счет возможности загружать pdf-файлы и делиться ими с другими учетными записями;
- оптимизировать учет и контроль средств защиты, содержимого дежурной аптечки и средств пожаротушения за счет использования одного программного продукта;
- обеспечить резервирование бумажной документации ДС путем загрузки файлов

в единую информационную систему и за счет доступа к ней – экономии времени на поиск бумажных носителей.

Следует отметить, что информационный комплекс доступен в любом веб-браузере, поэтому нет необходимости устанавливать его на каждое отдельное устройство.

В перспективе рассматривается возможность внедрения данного комплекса в других структурных подразделениях предприятия с последующей доработкой под конкретные потребности служб.

Список литературы

1. Электротехническое оборудование электрических станций, районных котельных и подстанций 35 кВ и выше. Ведение технической документации: СТП 33240.20.601-24. – Введ. 01.02.2024. – Минск: ГПО «Белэнерго», 2023.

2. Средства защиты, используемые в электроустановках. Правила применения и испытания: ТКП 290-2023 (33240). – Введ. 01.12.2023. – М-во энергетики Респ. Беларусь. – Минск, 2023.
3. Об установлении перечней аптечки [Электронный ресурс]: постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 23 нояб. 2023 г., № 178. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22440941>. – Дата доступа: 29.08.2024.
4. Об обеспечении пожарной безопасности [Электронный ресурс]: постановление М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 21 дек. 2021 г., № 82. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22237750&p1=1&p5=0>. – Дата доступа: 29.08.2024.
5. Feature Sliced Design. Архитектурная методология для фронтенд проектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://feature-sliced.design>. – Дата доступа: 29.08.2024.
6. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. Третье издание: СТП 33240.20.501-23. – Введ. 15.03.2023. – Минск: ГПО «Белэнерго», 2023.

Рис. 4. Модальное окно «Добавить инструкцию»

Главная Средства защиты Схемы Инструкции Бланки Аптечка Огнетушители ТБ Настройки

Поиск

Импорт из excel файла

Добавить

Номер	Название	Файл	След. просмотр	Статус	Служба	Примечание
2.2	Инструкция 1		18.12.2027	В наличии	Служба 1	   

Рис. 3. Страница «Инструкции»

А.Б. ПЕТРАШКЕВИЧ,
инженер 2 кат. участка
по ремонту генераторов,
электродвигателей
и щитов постоянного тока,
аккумуляторных батарей
электрического цеха
ГП «Белорусская АЭС»



М.А. ШЕВАЛДИН,
к.т.н., заместитель
главного инженера по
электротехническому
обеспечению АЭС
ГП «Белорусская АЭС»



Е.В. ШЕМЕТОВЕЦ,
м.т.н., начальник участка
по ремонту генераторов,
электродвигателей
и щитов постоянного тока,
аккумуляторных батарей
электрического цеха
ГП «Белорусская АЭС»



ВИБРАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ БЕЛОРУССКОЙ АЭС

С момента включения генераторов Белорусской АЭС в энергосистему ведется работа по мониторингу и анализу их вибрационного состояния. Генераторы оснащены высокоэффективной системой виброконтроля, которая позволяет отслеживать значения вибрации, выявлять и предотвращать связанные с ней возможные дефекты. При этом высококвалифицированными специалистами БелАЭС постоянно проводится не только анализ в части выявления отклонений от нормального режима, но и поиск способов по улучшению вибросостояния генераторов.

На Белорусской АЭС для выработки электроэнергии применяются синхронные шестифазные турбогенераторы с полным водяным охлаждением типа ТЗВ-1200-2АУЗ мощностью 1200 МВт каждый производства АО «Силовые машины» (Россия). В нормальных режимах работы по обмоткам статора генератора протекают токи до 16 000 А, которые при взаимодействии с электрическим полем ротора, а также между собой создают большие знакопеременные электродинамические усилия, приводящие к вибрациям всех конструктивных элементов генератора.

Работа в условиях повышенных вибраций приводит к механическим

воздействиям на важные элементы генератора, такие как сердечник статора, нажимные и опорные кольца, колодки крепления шин и др., что со временем приводит к усталостному разрушению материалов.

Повышенная вибрация генератора может также стать причиной дефектов обмотки и шин соединительных (ШС) статора.

Общий вид лобовой части обмотки статора показан на рисунке 1.

Постоянные колебания могут привести к перетиранию изоляции токоведущих элементов, нарушению контакта (обрыву цепи обмотки) в соединении стержней (головке) или контакта ШС с выводными стержнями. В месте обрыва может возникнуть дуга, подпитываемая током той параллельной ветви, в цепи которой произошел разрыв соединения. Последствия данного события обычно очень тяжелые: короткое междофазное замыкание, повреждение головок, шин, кронштейнов и т.п. Возможен пожар в обмотке с выгоранием изоляции, меди, а иногда и стали сердечника статора [1].

Следует также учитывать, что обмотки и ШС статора имеют внутренние полые каналы, по которым циркулирует охлаждающий дистиллят (химически обессоленная вода). Из-за повышенной вибрации возможно нарушение герметичности гидравлических цепей в местах соединения стержней обмотки с ШС, увлажнение

корпусной изоляции, снижение ее сопротивления и, как следствие, пробой на корпус генератора.

Таким образом, игнорирование повышенной вибрации и непринятие своевременных мер (иногда даже моментальных) по ее устранению может привести к серьезным повреждениям генератора АЭС, дорогостоящему ремонту, увеличению простоев на время техобслуживания и ремонтных работ. Поэтому одной из важнейших задач при эксплуатации генератора является постоянный вибрационный мониторинг и анализ полученных данных с целью выявления возможных возникающих дефектов.

Причины возникновения электромагнитной вибрации

Согласно [2] электромагнитная вибрация во время работы генератора в основном возникает по двум причинам – из-за магнитострикции сердечника статора и электродинамических взаимодействий проводников с током.

1. Магнитострикция сердечника статора

Сердечник статора собран из отдельных сегментов из электротехнической стали (ферромагнитный материал), по которым во время работы генератора протекает переменный магнитный поток.

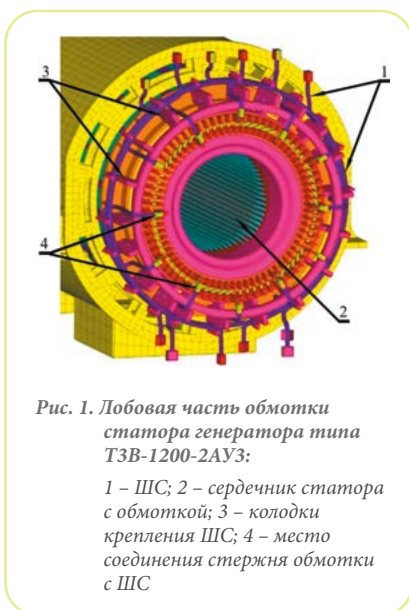


Рис. 1. Лобовая часть обмотки статора генератора типа ТЗВ-1200-2АУЗ:
1 – ШС; 2 – сердечник статора с обмоткой; 3 – колодки крепления ШС; 4 – место соединения стержня обмотки с ШС

Перемагничивание ферромагнитного материала сердечника приводит к изменению внутренней ориентации элементарных намагниченных частиц (доменов). При каждом перемагничивании происходит поворот доменов на 180° и в итоге – небольшое «линейное расширение» материала. Чем больше величина магнитного потока в сердечнике статора, тем больше размеры элементарных доменов в ферромагнитном материале и, как следствие, вибрация сердечника.

Так как перемагничивание сердечника магнитным потоком происходит дважды за один период питающей сети, то частота вибрации, обусловленная эффектом магнитострикции, равна удвоенной частоте питающей сети (100 Гц) [2].

2. Электродинамические взаимодействия проводников с током

Вибрация в генераторе также возникает из-за электродинамических сил (F), которые в литературе принято называть «амперовыми силами», так как их величина определяется по закону Ампера. В соответствии с ним на два проводника с током действует сила взаимного притяжения, прямо пропорциональная квадрату протекающего по проводникам тока ($I_1 \cdot I_2$) и обратно пропорциональная расстоянию между проводниками (r). Если направление тока в параллельных проводниках одинаковое, то они притягиваются друг к другу. Если же токи текут в разные стороны, проводники отталкиваются. Формула закона имеет вид

$$F = \frac{k \cdot I_1 \cdot I_2}{r}.$$

Важным в законе Ампера является то, что в числителе формулы стоит произведение токов в проводниках, то есть квадрат тока промышленной частоты. В свою очередь, из тригонометрии известно соотношение: квадрат синусоидального сигнала есть другой гармонический сигнал, но имеющий удвоенную частоту.

Таким образом, сила электродинамического взаимодействия между двумя проводниками с синусоидальными токами промышленной частоты имеет удвоенную частоту относительно частоты питающей сети, что, как и в случае магнитострикции сердечника статора, составляет 100 Гц [2].

Таблица 1. Допустимые значения виброперемещения элементов статора генератора

Контролируемый элемент	Значение ДАВ на частоте 100 Гц, мкм	
	номинальное (предупредительный уровень)	предельно допустимое
Сердечник статора	55	65
Кольцо нажимное	125	200
Кольцо опорное	150	250
Колодки крепления шин	250	400

Система вибромониторинга статора генератора

Система вибромониторинга была заложена в конструкцию генератора для БелАЭС при его изготовлении. Она позволяет осуществлять контроль вибрационного состояния (вибросостояния) сердечника статора, нажимных и опорных колец, колодок крепления ШС. Существующая система реализована с помощью пьезоэлектрических акселерометров ICP W355B03 производства PCB Piezotronics (США) в количестве 34 ед. В качестве величины, применяемой для контроля и анализа вибросостояния, используется значение двойной амплитуды виброперемещения (ДАВ) на частоте 100 Гц.

Допустимые значения ДАВ элементов статора генератора согласно [4] приведены в таблице 1.

Данная система предназначена для виброконтроля так называемых «механических» элементов генератора и не позволяет в полной мере идентифицировать все отклонения от нормального режима, которые могут возникать в обмотке и ШС статора.

Поэтому с учетом опыта эксплуатации зарубежных атомных электростанций генераторы Белорусской АЭС типа ТЗВ-1200-2АУЗ были дополнительно укомплектованы системой контроля вибрации производства ООО «Ракурс-инжиниринг» (Россия), ориентированной на вибромониторинг состояния обмоток и ШС статора генератора.

Система контроля вибрации обмоток и шин соединительных

Система осуществляет непрерывный автоматический контроль и математическую обработку параметров вибрации обмоток и ШС статора, вывод информации на монитор оператора, а также

формирование сигналов об отклонениях параметров от заданных значений.

Дополнительно для анализа зависимости вибрации от электрических параметров генератора осуществляется передача основных параметров (активная и реактивная мощность, напряжение и ток статора, ротора) от секции управления и регулирования системы возбуждения. На конце вала бесщеточного диодного возбудителя установлен датчик частоты вращения для возможности разложения в спектр сигналов вибрации с частотой вращения ротора.

Для снятия вибрационных характеристик обмоток и ШС статора используются 57 волоконно-оптических акселерометров FOA-100E и FOA-200 производства VibroSystM (Канада). Они различаются конструктивным исполнением и количеством каналов для измерения вибрации: FOA-100E – одноосевой, FOA-200 – двухосевой. Пример установки акселерометров показан на рисунке 2.

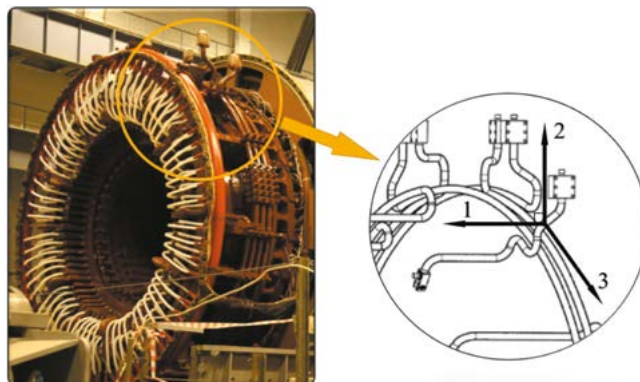
Использование в акселерометрах оптической технологии позволяет безопасно эксплуатировать их в условиях



Рис. 2. Пример установки акселерометров FOA-100E (1) и FOA-200 (2) на шине генератора энергоблока № 1 Белорусской АЭС

Рис. 3. Направления измерения виброперемещения вывода ШС 1С4:

1 – аксиальное (параллельно оси вращения ротора генератора); 2 – радиальное (перпендикулярно аксиальному); 3 – тангенциальное (по касательной к окружности, проходящей через датчик, центром которой является ось вращения ротора)



- требуется проверить работоспособность системы виброконтроля;
- необходимо принять меры по снижению вибрации ниже аварийного уровня за счет изменения температуры дистиллята на входе в обмотку статора, активной или реактивной мощности;
- если система виброконтроля статора работоспособна, но принятые меры не снижают уровень вибрации, необходимо провести разгрузку и останов блока для ревизии и виброналадки генератора, передать информацию заводу-изготовителю.

Таблица 2. Допустимые значения виброперемещения ШС

Контролируемый элемент	Значение ДАВ на частоте 100 Гц, мкм	
	номинальное (предупредительный уровень)	предельно допустимое
Конец ШС рядом со стержнем обмотки статора	350	550
Шинное кольцо и выводной конец ШС	500	700

высокого напряжения ($U_{\text{ном ген}} = 24 \text{ кВ}$) и магнитных полей. Акселерометры монтируются на шинах с использованием замазки ЭЗ-246 (композиция холодного отверждения на основе эпоксидной смолы, отвердителя и наполнителя) и закрепляются бандажной вязкой. Сигналы от них передаются по оптическим кабелям на входные цифровые измерительные преобразователи и далее в программируемый логический контроллер (ПЛК), где сигналы используются для оценки текущего вибросостояния обмоток и ШС статора [3].

Значение ДАВ на частоте 100 Гц измеряется в трех взаимно перпендикулярных направлениях по отношению к оси вращения ротора генератора: аксиальном (осевом), радиальном и тангенциальном (рис. 3). Так, на рисунке 2 акселерометр FOA-100E измеряет вибрацию в радиальном направлении, а FOA-200 – в аксиальном и тангенциальном.

Допустимые значения ДАВ ШС согласно [4] приведены в таблице 2.

Критерии оценки вибрации генератора

Согласно [4] для генератора устанавливаются следующие критерии оценки вибрации при различных ее значениях:

1. Вибрация ниже предупредительного уровня:

- допускается длительная эксплуатация генератора без ограничений;
- необходимо периодически, но не реже одного раза в неделю проводить анализ трендов изменения вибрации;
- если в установившемся режиме при неизменных значениях активной и реактивной мощности произошло скачкообразное изменение вибрации более чем на 25 %, необходимо выяснить причину и передать информацию заводу-изготовителю для дополнительного анализа и принятия решений, при плановом останове – провести обследование и виброналадку генератора.

2. Вибрация выше предупредительного, но ниже аварийного уровня:

- допускается эксплуатация генератора до ближайшего планового останова, но не дольше одного года;
- необходимо провести анализ причин превышения предупредительной уставки и принять меры для снижения уровня вибрации. Информацию также следует передать заводу-изготовителю, при плановом останове – провести обследование и виброналадку генератора.

3. Вибрация выше аварийного уровня по показаниям хотя бы одного из каналов измерения:

Причины повышенной вибрации

К увеличению вибрации ШС выше аварийных значений в основном может приводить ослабление как креплений (вязок колодок крепления ШС, креплений колодок к опорному кольцу, креплений датчиков вибрации), так и клиньев распора между опорным и нажимным кольцами, а также тангенциального распора головок стержней.

Для обнаружения и последующего устранения указанных недостатков во время ремонта генератора совместно со специалистами завода-изготовителя проводится обследование элементов лобовой зоны обмотки статора.

Причиной повышенной вибрации также может стать попадание собственных частот колебания ШС в резонансные частоты генератора (100 Гц). Для исключения данного явления во время ремонта измеряют динамические характеристики элементов лобовых частей обмотки статора и при необходимости выполняют их отстройку по специальной методике.

Согласно [5] частоты основных резонансов не должны попадать в диапазон от 90 до 120 Гц, значимых пиков – в диапазон от 94 до 115 Гц. Значимым считается пик, величина которого превышает уровень фона не менее чем в 5 раз и составляет более 20 % величины максимального (основного) пика на спектрограмме.

Элементы, не удовлетворяющие данным условиям, могут быть подвергнуты более подробному исследованию [5].



Рис. 4. Зависимость виброперемещения выводного конца ШС 1С5' в радиальном направлении от активной мощности:
1 – активная мощность; 2 – виброперемещение ШС; 3 – ток обмотки статора генератора

Анализ вибрационного состояния генератора

На вибросостояние генератора основное влияние оказывают следующие электрические и технологические параметры:

- активная и реактивная мощность генератора;
- температура охлаждающего дистиллята на входе в обмотку и на входе в цепи охлаждения активной стали статора.

Для иллюстрирования механизмов влияния указанных параметров на вибросостояние ШС статора приведем примеры из практики.

1. Влияние активной мощности

Набор активной мощности генератором сопровождается увеличением токов, протекающих по обмоткам и ШС, что приводит к возрастанию электродинамических сил и вибрации. Снижение активной мощности дает обратный эффект. Данная зависимость хорошо видна на примере виброперемещения выводного конца ШС 1С5' в радиальном направлении (рис. 4).

2. Влияние температуры охлаждающего дистиллята

При анализе трендов виброперемещения выводного конца ШС 2С6' в радиальном направлении выявлено снижение виброперемещения с 185

до 110 мкм с последующим восстановлением до прежних значений (рис. 5).

В рассматриваемый период времени регулирование активной и реактивной мощности не осуществлялось. При анализе изменения температуры охлаждающего дистиллята на входе в обмотку статора (рис. 6) обнаружено, что в момент снижения виброперемещения выводного конца ШС 2С6' фиксировался рост температуры дистиллята с 34,6 °С до 37,3 °С с последующим возвращением к прежним значениям.

При сопоставлении двух трендов выявлена обратная зависимость виброперемещения выводного конца ШС 2С6' от температуры охлаждающего дистиллята на входе в обмотку статора.

В описанном случае было интересно выяснить причину роста температуры дистиллята, так как заданные уставки температуры в рассматриваемый период не менялись и, соответственно, она должна была оставаться на постоянном уровне.

После анализа большого количества зависимостей между параметрами была установлена последовательность процессов, которые привели к изменению значений вибрации (причинно-следственная цепочка):

- 1) постепенный рост температуры наружного воздуха;
- 2) рост температуры охлаждающей воды в башенной испарительной градирне;
- 3) рост температуры охлаждающей воды в системе промконтура потребителей нормальной эксплуатации (НЭ), обеспечивающем охлаждение дистиллята в контуре охлаждения обмотки статора через специальные теплообменники;

4) постепенное открытие регулятора промконтура потребителей НЭ для поддержания заданной температуры охлаждающего дистиллята путем увеличения протока воды через указанные теплообменники;

5) с момента полного открытия регулятора (100 %) – снижение теплоотдачи от контура охлаждения обмотки статора к промконтуру потребителей НЭ;

6) рост температуры дистиллята, поступающего в обмотку статора;

7) снижение значений виброперемещения.

Зависимости между температурами наружного воздуха, воды в си-

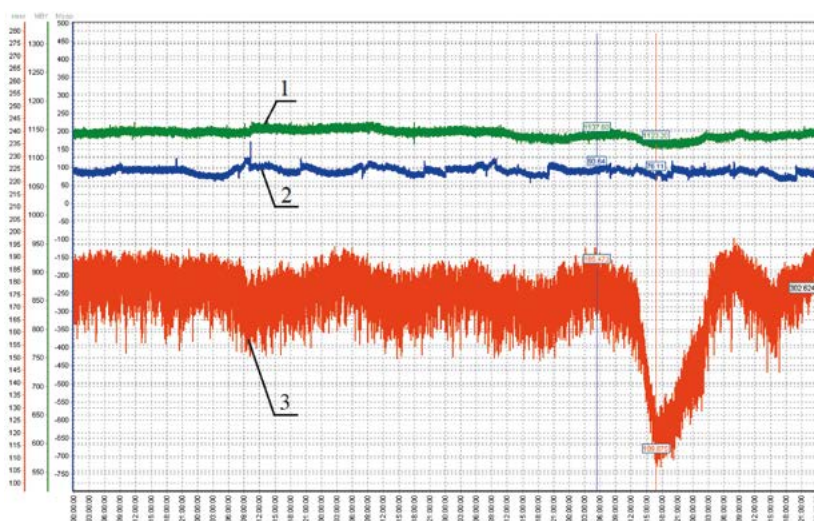


Рис. 5. Тренд виброперемещения выводного конца ШС 2С6' в радиальном направлении:
1 – активная мощность; 2 – реактивная мощность; 3 – виброперемещение ШС

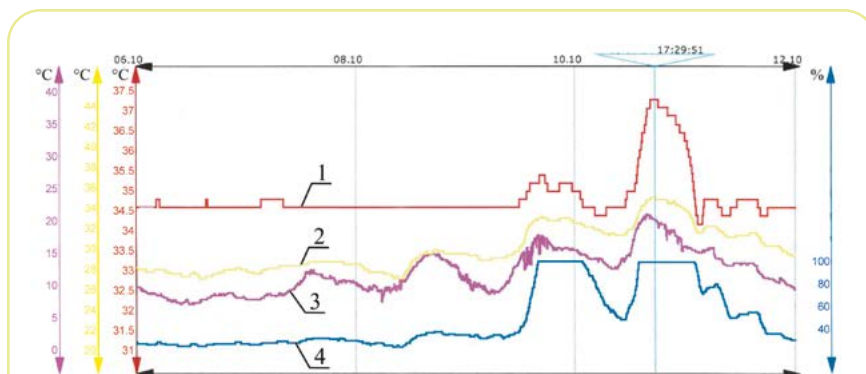


Рис. 6. Тренды технологических параметров:

1 – температура охлаждающего дистиллята на входе в обмотку статора;
2 – температура воды в промконтуре потребителей НЭ; 3 – температура
наружного воздуха; 4 – открытие регулятора промконтур потребителей НЭ

стеме промконтур потребителей НЭ, охлаждающего дистиллята на входе в обмотку и степень открытия регулятора отображены на рисунке 6.

Таким образом, установлено, что непосредственная причина изменения виброперемещения выводного конца ШС 2С6' в радиальном направлении – нагрев дистиллята, поступающего в обмотку статора, а изначальная причина – рост температуры наружного воздуха.

Заключение

Мониторинг вибрационного состояния генераторов Белорусской АЭС – одно из важнейших направлений, которому на станции уделяется большое внимание. Высокоэффективная система контроля вибрации позволяет специалистам станции анализировать состояние элементов генераторов, выявлять и предотвращать возможные зарождающиеся дефекты, а также

исследовать механизмы изменения вибрации и повышать эффективность системы виброконтроля. В результате проделанной работы и реализации комплекса дополнительных мероприятий обеспечивается улучшение вибросостояния генераторов АЭС.

Список литературы

1. Самородов, Ю.Н. Дефекты и неисправности генераторов / Ю.Н. Самородов. – М.: Энергопрогресс; Энергетик, 2005. – 99 с.
2. Русов, В.А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам: монография / В.А. Русов. – Пермь, 2012. – 252 с.
3. Руководство по эксплуатации Р27.2017.88.01.101 РЭ «Шкаф системы контроля вибрации конструктивных элементов статора турбогенератора». – СПб.: ООО «Ракурс-инжиниринг», 2020. – 92 с.
4. Руководство по эксплуатации ОБС.461.137 РЭ «Турбогенератор типа ТЗВ-1200-2АУЗ». – СПб.: АО «Силовые машины», завод «Электросила», 2023. – 79 с.
5. Методика измерений динамических характеристик элементов лобовых частей обмотки статора турбогенераторов типа ТЗВ-1200-2АУЗ ОБС.470.847. – СПб.: АО «Силовые машины», завод «Электросила», 2014. – 19 с.

К сведению

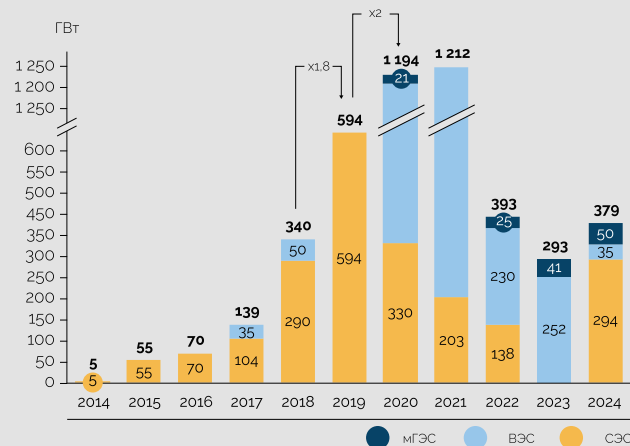
Возобновляемая энергетика в России: итоги 2024 года

В 2024 году в рамках государственной программы поддержки возобновляемой энергетики ДПМ ВИЭ 2.0 введено 379 МВт мощностей ВИЭ-генерации. Совокупная установленная мощность объектов по состоянию на конец года составила 4674 МВт, выработка ими электроэнергии – 9,4 млрд кВт·ч.

Установленная мощность объектов ДПМ ВИЭ, МВт

	01.01.24	01.01.25	Введено в 2024 году
	2420	2455	+35 МВт
	1788	2082	+294 МВт
	87	137	+50 МВт
ИТОГО	4295	4674	+379 МВт

Динамика ввода объектов ДПМ ВИЭ, МВт



Источник: АРВЭ, АО «СО ЕЭС», НП «Совет рынка»
(Реестр квалифицированных объектов)

П.К. НАГУЛА,
к.т.н., заведующий
лабораторией научного
учреждения «ОИЭЯИ –
Сосны» НАН Беларуси



Е.В. ЖИЛИНСКАЯ,
ведущий инженер-
конструктор научного
учреждения «ОИЭЯИ –
Сосны» НАН Беларуси



ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОМ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

В первой части статьи (№ 6, 2024) были определены цели и нормативные основы проведения работ по управлению ресурсом оборудования АЭС, рассмотрена структура системы управления ресурсом, а также представлены возможности системы автоматизированного контроля остаточного ресурса. Во второй части описан порядок проведения эксплуатационного контроля и работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования и трубопроводов реакторной установки, обоснована необходимость создания и применения информационной базы данных для управления ресурсом АЭС.

Часть 2

Эксплуатационный контроль

Для управления ресурсом конструкций, систем и элементов атомной электростанции должны разрабатываться и надлежащим образом выполняться программы предэксплуатационного и эксплуатационного контроля состояния металла оборудования и трубопроводов реакторной установки. Правильно и своевременно организованный контроль снижает вероятность отказов.

Предэксплуатационный контроль проводится до пуска энергоблока в эксплуатацию для фиксации параметров начального состояния металла, с которыми в дальнейшем сопоставляются данные периодического эксплуатационного контроля.

Целями предэксплуатационного контроля являются:

- контроль и оценка состояния оборудования и трубопроводов после транспортирования и хранения, монтажа, гидравлических испытаний, циркуляционной промывки и горячей обкатки;
- получение исходных данных о состоянии основного металла, металла наплавленных поверхностей и сварных соединений контролируемых объектов методами и средствами, которые будут применяться при эксплуатационном контроле.

Эксплуатационный контроль состояния металла подразделяется на периодический и внеочередной. Первый проводится планомерно в процессе эксплуатации АЭС при останове блока для капитального, среднего или текущего ремонта оборудования, а также для перегрузки топлива. Его периодичность определяется программой эксплуатационного контроля с учетом требований НП-84-15 [1].

Внеочередной контроль выполняется в следующих случаях:

- после землетрясения, соответствующего по балльности проектному или превышающего его;
- после режимов с нарушениями нормальных условий эксплуатации, аварийных ситуаций, приведших к изменению параметров работы оборудования и трубопроводов до уровня, превышающего расчетный;
- по решению предприятия – владельца оборудования и трубопроводов или местного надзорного органа.

Периодический контроль предусматривает:

- контроль состояния металла оборудования и трубопроводов АЭС неразрушающими методами;
- наблюдение за состоянием металла корпуса реактора по образцам-свидетелям.

К неразрушающим методам относятся визуальный, капиллярный, магнитопорошковый, ультразвуковой, радиографический и др. В зонах, где

по условиям радиационной обстановки контроль не может быть осуществлен обычными устройствами, должно быть предусмотрено применение соответствующих дистанционных средств для обследования оборудования.

Целями контроля состояния металла оборудования и трубопроводов в процессе эксплуатации являются выявление и фиксация дефектов, оценка состояния и контроль изменений механических свойств основного металла и сварных соединений.

Для контроля изменений механических свойств (временное сопротивление, предел текучести, относительное удлинение и сужение) и оценки сопротивления хрупкому разрушению (критическая температура хрупкости, вязкость разрушения или критическое раскрытие трещины) под влиянием эксплуатационных факторов, таких как вибрация, температура, нейтронное излучение и др., проводят испытания образцов-свидетелей. Результаты испытаний являются основанием для установления фактических свойств материалов в условиях эксплуатации и используются для проверки проектных расчетных характеристик сопротивления хрупкому разрушению и оценки остаточного ресурса в процессе эксплуатации [2].

После первого эксплуатационного контроля должно быть прове-

дено сравнение фактического состояния металла в данный период времени с его начальным состоянием, установленным при предэксплуатационном контроле.

На всех последующих этапах контроля текущее состояние металла должно сравниваться с результатами предыдущего контроля.

Для поддержания высокой надежности оборудования и трубопроводов АЭС должна быть создана система обеспечения их работоспособности, которая включает техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), необходимые диагностические и ремонтные средства, комплекты запасных изделий и приборов (ЗИП), средства доставки и т.д.

Техническое обслуживание и ремонт

Техническое обслуживание (ТО) оборудования и трубопроводов АЭС проводится для поддержания их работоспособности (исправности) при использовании по прямому назначению в течение срока службы. Ремонт оборудования выполняется для восстановления его работоспособности (исправности) и ресурса [3].

До ввода энергоблока в эксплуатацию должна быть разработана программа ТОиР основного оборудования. Программа должна содержать:

- номенклатуру обслуживаемого оборудования и трубопроводов;
- виды ТОиР, ревизий и испытаний, их периодичность и длительность, объем работ;
- организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасное и качественное проведение работ;
- список лиц, ответственных за безопасность при проведении работ.

Вся технологическая документация для выполнения ТОиР оборудования должна разрабатываться специализированной организацией, имеющей необходимые лицензии.

Весь комплекс операций по ТОиР оборудования, зданий и сооружений АЭС можно разделить на две группы:

1) плановые профилактические работы, связанные в основном с предупреждением отказов и повреждений;

2) работы по обнаружению и устранению уже имеющихся отказов и повреждений.

Стратегии ТОиР классифицируются следующим образом:

стратегии ТО:

- по наработке (календарному времени, ресурсу) – перечень и периодичность выполнения операций определяются значением наработки (календарного времени, ресурса) с начала эксплуатации или после ремонта;
- по состоянию – перечень и периодичность выполнения операций определяются фактическим состоянием объекта в момент начала ТО;

стратегии ремонта:

- по наработке – объем разборки объекта и дефектации его составных частей является единым для всех однотипных объектов в зависимости от наработки с начала эксплуатации и (или) после ремонта, а перечень операций восстановления определяется по результатам дефектации элементов;
- по состоянию – перечень операций, в том числе по разборке объекта, определяется по результатам технического диагностирования объекта в ходе ремонта, а также по параметрам надежности данного и других однотипных объектов.

В настоящее время в ядерной энергетике применяется преимущественно система ТОиР, учитывающая наработку в пределах проектного технического ресурса.

Для перехода к стратегии ТОиР по состоянию необходимы следующие условия:

- высокий уровень эксплуатационно-ремонтной технологичности конструкций;
- создание и внедрение эффективных средств диагностирования и неразрушающего контроля;
- оснащение лабораторий, цехов и отделов АЭС средствами сбора, обработки, передачи и хранения информации.

При использовании стратегии ТОиР по состоянию решение о продолжении эксплуатации оборудования до следующей проверки или ремонта принимается по результатам непрерывного либо периодического контроля параметров, определяющих техническое состояние системы.

Пополнение комплектов ЗИП

Комплекты ЗИП прилагаются изделиям для обеспечения их надежности при продолжительном использовании. Опыт эксплуатации показывает, что время восстановления работоспособности оборудования после отказа существенным образом зависит от наличия запасных элементов. Их нехватка даже при хорошей ремонтпригодности системы приводит к дополнительным простоям и увеличению времени восстановления. Следовательно, ограниченность комплекта ЗИП должна учитываться при расчете показателя надежности изделия. Важное значение при этом имеет выбор стратегии пополнения ЗИП, то есть способа восстановления запаса по мере расхода при эксплуатации оборудования.

Существует несколько основных стратегий пополнения ЗИП:

- периодическое пополнение – запас восстанавливается до начального уровня через фиксированные интервалы времени (периоды пополнения);
- периодическое пополнение с экстренными доставками – помимо планового происходит еще и внеплановое восстановление запаса до начального уровня в том случае, когда изделие простаивает из-за отсутствия соответствующего запасного элемента;
- ремонт (восстановление) отказавших элементов – исправный элемент по заявке берется из запаса, а неисправный поступает в соответствующее ремонтное подразделение и после ремонта возвращается в тот комплект ЗИП, за счет которого удовлетворялась заявка;

• непрерывное пополнение (пополнение по уровню запаса). Для обозначения уровня запаса элементов фиксируется целое число k ($k \geq 0$, $k \leq n/2 - 1$, где n – начальный уровень запаса). Когда запас элементов исчерпывается до уровня k , посылается заявка на поставку $n - k$ элементов. Очередная заявка может быть отправлена только после выполнения предыдущей, независимо от того, отказывали элементы в процессе ее удовлетворения или нет.

Определение оптимального состава ЗИП, необходимых для обеспечения бесперебойного функционирования систем АЭС, а также расчет надежности систем с учетом запасных элементов –

чрезвычайно важная и ответственная задача. Критерием выбора комплекта ЗИП должно быть достижение требуемого значения показателя надежности.

Сбор, систематизация и хранение информации

Для принятия обоснованных решений о возможности использования оборудования необходимо иметь достаточную информацию о нагруженности основных и наиболее напряженных элементов в течение всего предыдущего периода эксплуатации, а также об изменении их технического состояния. На этих данных основывается оценка состояния оборудования и прогнозирование его остаточного ресурса.

На АЭС проводится постоянный регламентный контроль текущего состояния и параметров всех систем. Контроль элементов, не охваченных АСУ ТП, осуществляется персоналом цехов и эксплуатационных служб, как правило, в форме обходов контролируемых объектов с последующей фиксацией параметров в журналах. При такой форме контроля сложно гарантировать достоверность и актуальность получаемой информации из-за влияния человеческого фактора. Кроме того, руководителям подразделений проблематично отслеживать выполнение регламентных обходов, так как объем контролируемых элементов на АЭС достигает десяти тысяч учетных единиц и более [4]. При этом принятые электронные и бумажные формы фиксации и представления информации требуют значительного времени на их изучение.

Решить указанные проблемы позволит применение на АЭС трехмерных инженерных моделей с технологией автоматизированной идентификации. Такие модели позволяют отображать на экране компьютера контролируемые элементы АЭС, фиксировать факт выполнения/невыполнения регламентных осмотров, а также текущие параметры и состояние оборудования.

Создание интегрированной базы данных всей инженерно-технической информации по АЭС (проектирование, сооружение, эксплуатация, диагностика, обслуживание, модернизация)

и ее поддержка на протяжении всего жизненного цикла станции – это один из ключевых факторов эффективного управления ресурсом энергоблока АЭС.

В базу данных должны вводиться параметры каждого элемента оборудования и трубопроводов АЭС, ресурс которого подлежит управлению, в частности:

- все паспортные данные на элементы в соответствии с НП-089 [5], в том числе их ресурсные характеристики;
- данные изготовителей и монтажных организаций о наличии/отсутствии отклонений от конструкторской (проектной) документации на элементы и технологию их изготовления, сведения о ремонтах, термообработках, дополнительных испытаниях;
- сведения о наличии/отсутствии отклонений от конструкторской (проектной) документации на элементы при их хранении, перевозке и транспортно-технологических операциях;
- параметры отклонений, имевших место при изготовлении, хранении, транспортировке и монтаже элементов (при наличии);
- результаты мониторинга фактических условий эксплуатации;
- информация о повреждениях, их накоплении и развитии, механизмах старения, отказах и нарушениях в работе;
- данные о коррозионной активности теплоносителя и других рабочих сред.

Значительно упрощают работу с базами данных применение штрих-кодов и QR-кодов, нанесенных на оборудование. Маркировка проводится на первоначальном этапе создания информационной системы, затем метки привязываются к базе данных и выполняется ее настройка. При считывании метки персонал получает доступ к информации о данном оборудовании (элементе) с учетом идентификатора пользователя. Это позволяет экономить время при проведении контроля непосредственно на объекте за счет отсутствия необходимости поиска оборудования в базе.

Результатом внедрения информационных систем являются:

- снижение временных затрат на поиск информации и ее анализ;
- сокращение объема бумажной документации;
- возможность проводить предварительную оценку соответствия

оборудования предъявляемым требованиям безопасности и определять остаточный ресурс по реальным условиям эксплуатации [4].

Наличие у эксплуатационного персонала полного набора информации о текущем состоянии оборудования позволит снизить количество отказов.

Преимуществами применения интегрированной базы данных на основе трехмерных инженерных моделей при эксплуатации блоков АЭС являются:

- возможность накопления и систематизации данных, проведения инженерных расчетов с использованием актуальных эксплуатационных моделей;
- сокращение времени на выполнение проектов реконструкции и модернизации, повышение качества проектно-конструкторских решений;
- сокращение времени простоя оборудования за счет возможности четкого планирования и оптимизации ППР, предварительного обучения персонала, перехода на ремонты по состоянию благодаря повышению качества инженерных расчетов;
- сокращение затрат на оплату труда привлекаемого ремонтного персонала за счет уменьшения его численности, оптимизации планирования работ;
- снижение затрат на выполнение сложных ремонтных работ за счет детального цифрового моделирования процессов ТОиР в программных средах. Эксплуатационный персонал до начала ремонта отрабатывает предстоящие действия, а также выявляет места блокировки подходов к оборудованию, зоны, в которых монтаж невозможен из-за недостатка пространства, и т.д.;
- сокращение времени на подготовку персонала перед выполнением работ за счет обучения с использованием инженерных моделей;

• повышение уровня безопасности и индивидуальной защиты персонала за счет интеграции трехмерных моделей в системы радиационного контроля и пожарной безопасности, а также визуализации данных АСУ ТП.

Внедрение и рациональное использование информационных систем способствует переходу от планово-предупредительных ТОиР к более эффективной системе обслуживания по состоянию.

Выводы

1. Для обеспечения безопасной эксплуатации АЭС важное значение имеет организация эффективной системы ТОиР, которая позволяет обеспечить работоспособность оборудования с минимальными затратами. Выбор оптимальной системы ТОиР должен быть основан на достоверных фактических данных об оборудовании, контролируемых параметрах, нормативах, опыте эксплуатации аналогичного оборудования. Указанные данные могут быть получены, систематизированы и обработаны только за счет согласованной деятельности по нескольким направлениям (качественная организация и проведение эксплуатационного контроля; широкое использование автоматизированных систем контроля; внедрение современных многофункциональных информационных систем и трехмерных инженерных моделей).

2. Создание интегрированной базы данных всей инженерно-технической информации по АЭС и ее поддержка на протяжении всего жизненного цикла станции – это один из ключевых факторов эффективного управления ресурсом энергоблока АЭС. Применение интегрированной базы данных позволяет накапливать и систематизировать информацию, повышать качество инженерных расчетов и проектно-конструкторских решений, оптимизировать планирование работ, снизить затраты

на выполнение сложных ремонтов, а также уменьшить численность ремонтного персонала и сократить время на его подготовку.

3. Внедрение информационных систем обеспечивает снижение временных затрат на поиск информации и ее анализ, сокращение объема бумажной документации, а также возможность проводить предварительную оценку соответствия оборудования требованиям безопасности и определять остаточный ресурс по реальным условиям эксплуатации.

4. Использование информационных систем способствует переходу от планово-предупредительных ТОиР к более эффективной системе обслуживания по состоянию. При внедрении стратегии ТОиР по состоянию решение о продолжении эксплуатации оборудования до следующей проверки или ремонта принимается по результатам непрерывного либо периодического контроля параметров, определяющих техническое состояние системы.

5. Применение трехмерных инженерных моделей с технологией автоматизированной идентификации позволяет отображать на экране компьютера контролируемые элементы АЭС, фиксировать факты выполнения/ невыполнения регламентных осмотров, а также текущие параметры и состояние оборудования, что значительно повышает качество проведения эксплуатационного контроля.

6. Для обеспечения бесперебойного функционирования систем АЭС важное значение имеют определение оптимального состава ЗИП и выбор стратегии его пополнения.

Список литературы

1. Правила контроля основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций: НП-084-15. – Введ. 25.03.2016. – М.: ФБУ «НТЦ ЯРБ», 2016. – 94 с.
2. Жилинская, Е.В. Контроль за состоянием металла корпуса ядерного реактора в процессе эксплуатации / Е.В. Жилинская, П.К. Нагула // Актуальные проблемы прочности: материалы междунар. науч. конф., Витебск, 23–27 мая 2022 г. – С. 68–73.
3. Правила организации технического обслуживания и ремонта систем и оборудования атомных станций [Электронный ресурс]: СТО 1.1.1.01.0069-2017. – Введ. 04.05.2017 АО «Концерн Росэнергоатом». – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293739/4293739253.pdf>. – Дата доступа: 15.01.2025.
4. Решение прикладных задач эксплуатации на основе трехмерной инженерной модели энергоблока АЭС / В. Кононов [и др.] // Клуб 3Д. Инновационное проектирование: науч.-техн. журнал. – Нижний Новгород, 2011. – № 4.
5. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок: НП-089-15 (в ред. приказов Ростехнадзора от 17.01.2017 № 11, от 19.11.2019 № 442). – Введ. 23.02.2016. – М.: ФБУ «НТЦ ЯРБ», 2020. – 71 с.



ТКП 427-2022 (33240)

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ.

Правила по обеспечению безопасности при эксплуатации

Переиздание с Изменением № 1, утвержденным в декабре 2024 г. (ИУ ТНПА № 12-2024)

НОВОЕ ИЗДАНИЕ

ОЗНАКОМИТЬСЯ

с документами можно
в ЭИС «Энергодокумент»
energodoc.by

ЗАКАЗАТЬ

- в редакции по телефонам:
+375 17 286-08-28 (многоканальный)
+375 29 399-11-04, +375 33 319-11-04
- на сайте energodoc.by

Н.К. ВАРОНЬКА,
ведущий инженер
отдела газового надзора
Госэнергогазнадзора



ОСНОВНЫЕ НАРУШЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО ГАЗОСНАБЖЕНИЯ В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ

Основополагающим условием безопасной эксплуатации систем внутреннего газоснабжения в жилищном фонде является соблюдение требований законодательства, предъявляемых к их эксплуатации. В статье рассматриваются основные нарушения в сфере газоснабжения, допускаемые потребителями и пользователями газа, а также организациями, в управлении которых находятся газифицированные жилые дома, меры по предупреждению этих нарушений, а также подходы к их ежегодному анализу.

Основным нормативным правовым актом (НПА), регулирующим вопросы эксплуатации вводных и внутренних газопроводов, газового оборудования, систем дымоудаления и вентиляции в жилищном фонде, относятся Правила пользования газом в быту, утвержденные постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.11.2007 № 1539 (далее – Правила). В числе прочего Правилами определены обязанности потребителей и пользователей газа, а также организаций, в управлении которых находятся газифицированные жилые дома, по надлежащему содержанию и эксплуатации систем внутреннего газоснабжения в жилищном фонде. Преимущественно с неисполнением этих обязанностей указанными физическими и юридическими лицам связаны наиболее распространенные нарушения, выявляемые в ходе осуществления газового надзора.

Основные нарушения, допускаемые потребителями газа

К основным нарушениям, допускаемым **потребителями**, относятся следующие:

1. *Эксплуатация газоиспользующего оборудования с истекшим сроком службы без проведения комплекса работ по определению его технического состояния.*

Данное нарушение является наиболее распространенным – более 40 % от общего числа выявляемых.

С истечением срока службы уровень износа газоиспользующего оборудования может достичь критического значения, при котором восстановление его первоначальных (заводских) качеств невозможно, и стать причиной утечек газа, аварий и несчастных случаев. Проведение комплекса работ по определению технического состояния оборудования позволяет установить возможность его дальнейшей эксплуатации и остаточный ресурс.

При нежелании потребителей газа проводить такие работы Правила предписывают произвести замену газоиспользующего оборудования с истекшим сроком службы.

2. *Непроведение технического обслуживания газопроводов и газоиспользующего оборудования в установленные законодательством сроки.*

Работы по техобслуживанию направлены на поддержание работоспособности и исправного состояния газопроводов и газоиспользующего оборудования на протяжении всего срока их эксплуатации. В ходе этих работ осуществляется контроль исправности всех конструктивных элементов оборудования и при необходимости выполняется смазка трущихся частей, замена уплотнительных материалов и деталей в соответствии с требованиями техно-

логических инструкций, разработанных с учетом технических условий заводов-изготовителей на данное оборудование.

Своевременное проведение техобслуживания позволяет избежать утечек газа, неисправностей автоматики безопасности и регулирования газоиспользующего оборудования и, как следствие, обеспечивает его безопасную эксплуатацию.

3. *Необеспечение своевременной проверки технического состояния дымовых и вентиляционных каналов в многоквартирных и блокированных жилых домах.*

Если потребители вовремя не обеспечивают проведение указанных работ, в системах дымоудаления и вентиляции могут возникнуть опасные неисправности (засорение каналов, нарушение их целостности, герметичности и т.п.). В свою очередь, эти неисправности могут привести к скоплению продуктов сгорания в помещениях жилого дома и угрозе отравления граждан угарным газом.

4. *Самовольное подключение и отключение газоиспользующего оборудования.*

Данное нарушение относится к наиболее грубым и неоднократно являлось причиной аварий и несчастных случаев. Это обусловлено тем, что при самовольном подключении (отключении) газового оборудования

не применяются необходимые материалы, инструменты, не соблюдается методика выполнения таких работ, что создает угрозу возникновения утечек газа и связанных с ними взрывов и пожаров.

5. Препятствование работе системы дымоудаления и вентиляции.

В ряде случаев жильцы заклеивают вентиляционные решетки, чтобы сократить потери тепла в помещениях, а также используют электровытяжки совместно с отопительным и водогрейным газоиспользующим оборудованием с открытой камерой сгорания. Первое приводит к недостаточному воздухообмену в помещениях, а второе может вызывать разрежение воздуха, которое способствует возникновению обратной тяги в дымовых каналах. В этом случае продукты сгорания будут поступать непосредственно в помещение, создавая риск отравления граждан угарным газом.

Основные нарушения, допускаемые организациями, в управлении которых находятся жилые дома

К основным нарушениям, допускаемым **организациями, в управлении которых находятся жилые дома**, относятся следующие:

1. Несвоевременная проверка технического состояния дымовых и вентиляционных каналов в жилых домах.

Как правило, данное нарушение связано с неполным охватом жилищного фонда многоквартирных жилых домов периодическими проверками состояния дымовых и вентиляционных каналов из-за отсутствия доступа в ряд квартир. При проведении проверок действующие НПА предусматривают измерение тяги и расчет кратности воздухообмена в квартирах с отопительным и водогрейным газоиспользующим оборудованием. Выполнить данную работу без посещения квартир с обособленными дымовыми и вентиляционными каналами невозможно.

2. Неисправность оголовков дымовых и вентиляционных каналов.

В результате воздействия продуктов сгорания газа, атмосферных осадков и перепадов температуры наружного воздуха происходит износ оголовков

дымовых и вентиляционных каналов. Избежать этого позволяют своевременный контроль их технического состояния и ремонт.

3. Повреждение (износ) антикоррозионного покрытия газопроводов.

Лакокрасочное покрытие вводных и внутренних газопроводов не только имеет эстетическое значение, но и защищает трубы от коррозии. Игнорирование требований к антикоррозионной защите в отдельных случаях приводит к поражению стенки газопровода коррозией более чем на 50 % толщины.

4. Непринятие мер по определению технического состояния и возможности дальнейшей эксплуатации газопроводов с истекшим сроком службы.

В жилых домах действующие НПА предусматривают обязательное обследование вводных и внутренних газопроводов по истечении нормативного срока их службы. Обследование проводится с участием газоснабжающей организации, и по его результатам принимается решение о возможности дальнейшей эксплуатации газопроводов. Обеспечивать проведение таких обследований обязаны организации, эксплуатирующие жилищный фонд. При этом необходимо отметить, что выявляются случаи неисполнения данной обязанности.

5. Непринятие мер по устранению недостатков в техническом состоянии вводных и внутренних газопроводов.

В процессе эксплуатации вводных и внутренних газопроводов возникают недостатки, связанные с износом их креплений и уплотнительного материала в местах прохождения через стены, использованием газопроводов в качестве опор для крепления посторонних предметов и (или) инженерных коммуникаций связи и электроснабжения, несоблюдением нормативных расстояний до газопровода при прокладке новых коммуникаций и др. Правилами установлено, что своевременное выявление и устранение указанных недостатков входит в обязанность организаций, в управлении которых находятся жилые дома.



Статистика

Для ежегодного объективного анализа выявляемых нарушений применяется усредненный показатель их количества на один обследованный орган госэнергогазнадзора объект.

Так, в 2024 году среднее количество выявленных нарушений, допущенных организациями, в управлении которых находятся жилые дома, снизилось по сравнению с предыдущим годом и составило 1,6 на один обследованный жилой дом (в 2023-м году – 2,3). Что касается нарушений, допущенных потребителями газа, то в прошлом году их число осталось на уровне 2023 года (порядка 0,6 на одну обследованную квартиру).

В целях снижения количества нарушений законодательства в сфере газоснабжения органом госэнергогазнадзора проводятся профилактические мероприятия среди населения и организаций, в управлении которых находятся жилые дома, в том числе с использованием телевидения, печатных СМИ, интернет-ресурсов (сайтов, мессенджеров, социальных сетей), а также путем распространения профилактических материалов в виде брошюр, буклетов и листовок.

Госэнергогазнадзор ставит перед собой задачу в 2025-м и последующих годах продолжить работу по снижению количества допускаемых физическими и юридическими лицами нарушений, в том числе путем внедрения новых и совершенствования существующих методов профилактической деятельности.

М.Л. ЖЕМЖУРОВ,
д.т.н., доцент,
Минск, Беларусь,
stari1111@mail.ru



Д.И. ПАВЛОВ,
начальник технологического отдела
по проектированию систем обращения с РАО
АО «Компания инжиниринга и строительства
«ИСТОК», Санкт-Петербург, Россия,
dmigopavlov@rosatom.ru



О КОНЕЧНЫХ ФОРМАХ УПАКОВОК ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ НИЗКОЙ АКТИВНОСТИ БЕЛОРУССКОЙ АЭС

Аннотация

Рассмотрены возможные варианты конечных форм упаковок для горючих радиоактивных отходов низкой активности Белорусской АЭС, обеспечивающие соответствие критериям приемлемости для захоронения. Представлены результаты разработок по возможным конструктивным решениям для контейнеризации указанных отходов. Выполнен анализ технико-экономической эффективности предложенных вариантов.

Ключевые слова: атомная электростанция, радиоактивные отходы, захоронение радиоактивных отходов, кондиционирование радиоактивных отходов, критерии приемлемости

Annotation

The article considers possible options for packages for low level combustible radioactive waste from the Belarusian NPP, ensuring compliance with acceptance criteria for disposal. The results of the developments on possible constructive solutions for containerization of those waste are presented. The analysis of technical and economic efficiency of the proposed options is carried out.

Keywords: nuclear power plant, radioactive waste, disposal of radioactive waste, conditioning of radioactive waste, acceptance criteria

*Статья поступила в редакцию
20 января 2025 года*

Обязательным этапом подготовки РАО к захоронению является их кондиционирование – выполнение операций по изготовлению конечных форм упаковок РАО, удовлетворяющих регламентированным [1] критериям приемлемости для захоронения (далее – критерии приемлемости). Кондиционирование включает помещение РАО в специальные контейнеры, при необходимости – применение дополнительных контейнеров [2].

При определении конечных форм упаковок РАО необходимо исходить из того, что локальные критерии приемлемости РАО для ПЗРО могут быть определены только для существующих сооружений захоронения или сооружений, для которых разработана проектная документация и обоснована безопасность на всех этапах эксплуатации.

В отношении планируемых сооружений захоронения, для которых существует только первоначальная техническая концепция, используют предварительные (консервативные) критерии, определяющие требования к упакованным РАО исходя из общих критериев приемлемости. По мере разработки технической концепции требования к радиологическим, механическим, физическим, химическим и биологическим свойствам отходов в упаковках конкретизируются, и критерии приемлемости постепенно трансформируются из консервативных в критерии для определенного ПЗРО.

К сведению

В статье используются следующие сокращения:

РАО – радиоактивные отходы;
ТРО – твердые РАО;
ЖРО – жидкие РАО;
ВАО – высокоактивные РАО;
САО – среднеактивные РАО;
НАО – низкоактивные РАО;
ОНРАО – очень низкоактивные РАО;
ОНАО – эксплуатационная категория ТРО в составе ОНРАО, введенная на Белорусской АЭС;
ИОС – ионообменные смолы;
ПЗРО – пункт захоронения РАО;
НЗК – железобетонный невозвратный защитный контейнер;
КМЗ – контейнер металлический защитный;
КНГО – контейнер невозвратный для горючих отходов.

Выбор технологии и оборудования для кондиционирования осуществляется исходя из следующих основных условий: коэффициента снижения объема ТРО, простоты и надежности оборудования, минимизации негативного воздействия на человека и окружающую среду, капитальных и эксплуатационных затрат, а также количества вторичных отходов.

Первичная упаковка и кондиционирование РАО БелАЭС, подлежащих приповерхностному захоронению

Образующиеся на БелАЭС ТРО всех категорий размещаются в кондиционированном виде в пристанционных хранилищах. ВАО планируется хранить на АЭС в течение всего срока ее службы. Объемы временного хранения ОНРАО, НАО и САО в сертифицированных НЗК и специальных металлических 200-литровых бочках (далее – бочки) рассчитаны на 10 лет эксплуатации станции. Организация упорядоченного хранения упаковок РАО обеспечивает их извлечение из отсеков хранилищ для контроля и транспортировки в другое место хранения или в ПЗРО [3].

Кондиционирование РАО на БелАЭС включает операции по изготовлению для отходов упаковки, приемлемой для манипулирования, а также хранения и перевозки (помещение в специальные контейнеры, отверждение ЖРО, прессование ТРО). При этом следует понимать, что система обращения с РАО на АЭС не предусматривает создание для них конечных форм упаковки, отвечающих критериям приемлемости.

В научном учреждении «ОИЭЯИ – Сосны» с привлечением российской проектной организации АО «Компания инжиниринга и строительства «ИСТОК» (ранее – Санкт-Петербургский филиал АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон» – ВНИПИЭТ») проработаны возможные концептуальные решения для приповерхностного захоронения РАО низкой активности (ОНРАО, НАО) и короткоживущих САО, образующихся при эксплуатации БелАЭС. В [4–7] рассмотрены полуглубинный и наземный варианты такого захоронения.

При разработке технической концепции ПЗРО на основе проектных данных по количественным и радиационным характеристикам ТРО, образующихся на АЭС, определялась необходимость их дополнительного кондиционирования для приведения в соответствие общим критериям приемлемости, регламентируемым [1].

Поступающие с АЭС на захоронение ТРО разделяются на два потока:

1) *первичные упаковки РАО в форме, отвечающей критериям приемлемости, в том числе:*

– упаковки среднеактивных отвержденных ЖРО и осушенных ИОС, сформированные на основе контейнеров НЗК-150-1,5П;

– упаковки негорючих НАО и ОНРАО, сформированные на основе бочек;

2) *первичные упаковки РАО, для которых необходимо дополнительное кондиционирование для приведения к конечной форме, приемлемой для приповерхностного захоронения, в том числе:*

– упаковки САО в бочках, не удовлетворяющие критериям приемлемости в части сохранения изолирующей способности упаковки и устойчивости к термическим циклам;

– упаковки горючих НАО и ОНРАО в бочках, не удовлетворяющие критериям приемлемости в части обязательного размещения горючих ТРО в контейнере, соответствующем требованиям к огнестойкости.

При разработке технической концепции сооружений захоронения РАО БелАЭС [4–7] выполнялся сравнительный технико-экономический анализ возможных референтных технологий кондиционирования горючих

ТРО: сжигания, суперпрессования и размещения в огнестойких контейнерах.

Было показано, что методы сжигания и суперпрессования характеризуются значительным снижением объема отходов, однако их применение для переработки горючих ОНРАО и НАО БелАЭС является технически и экономически неэффективным из-за незначительного объема образующихся горючих ТРО и большого количества вторичных отходов, а также из-за необходимости создания сложных систем газоочистки и спецвентиляции [4]. Наиболее рациональным способом приповерхностного захоронения РАО БелАЭС с точки зрения экономической эффективности является размещение горючих ТРО в железобетонных контейнерах. Данный способ не дает вторичных отходов и оказывает минимальное воздействие на окружающую среду.

Конечные формы упаковки РАО, принятые в концептуальном проекте ПЗРО

При разработке технической концепции ПЗРО [4–7] в качестве конечной формы упаковки для размещения бочек с ТРО категории САО на захоронение рекомендован контейнер НЗК-150-1,5П, который обеспечивает: соответствие нормативным требованиям по критериям приемлемости; снижение мощности дозы гамма-излучения на поверхности упаковки до уровней, принятых в мировой практике приповерхностного захоронения и не требующих применения дистанционных методов при обращении с такими упаковками [4].

Для размещения на захоронение бочек с горючими ОНРАО и НАО в качестве конечной упаковки также рекомендован контейнер НЗК-150-1,5П, обеспечивающий необходимые требования к огнестойкости и унификацию с проектным решением по контейнеризации отвержденных ЖРО, осушенных ИОС и бочек с ТРО категории САО.

Отметим, что описанный в [4] концептуальный проект ПЗРО был ориентирован на захоронение только РАО БелАЭС. Стратегией обращения с радиоактивными отходами [8] предусмотрено сооружение в Беларуси централизованного ПЗРО для всех имеющихся в стране РАО, включая институциональные (образующихся в медицине, науке, промышленности и др.). Целесообразность методов сжигания и (или) суперпрессования с учетом необходимости кондиционирования всех видов РАО требует отдельного рассмотрения.

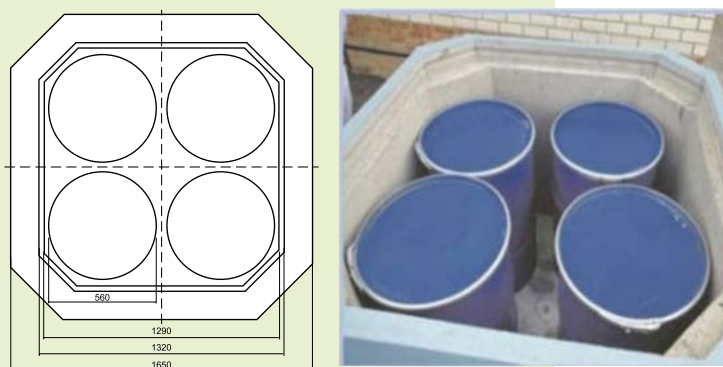


Рис. 1. Схема размещения бочек с РАО в контейнере НЗК-150-1,5П

Необходимо также понимать, что в настоящей статье рассматриваются способы кондиционирования ОНРАО, исключая входящие в их состав ОНАО, для которых предусмотрен особый порядок обращения и упаковки на АЭС [9] и при захоронении [4].

Исходя из изложенного, для размещения бочек с горючими ТРО категорий ОНРАО и НАО и с ТРО категории САО в контейнере НЗК-150-1,5П на ПЗРО рекомендовано организовать участок формирования таких контейнеров и реализовать технологии заливки свободного пространства между бочками цементным раствором и герметизации НЗК, поэтому для концептуального проекта [4] были проработаны указанные технологии и выбрано соответствующее оборудование.

Характеристики конечной формы упаковки на основе контейнера НЗК-150-1,5П

Приведем основные технические характеристики сертифицированного НЗК-150-1,5П, выпускаемого АО «345 Механический завод» (Россия), согласно [10]: емкость – 1,5 м³; толщина стенок – 150 мм; габаритные размеры (длина×ширина×высота) – 1650×1650×1375 мм; масса без отходов – 4 т; масса с отходами – не более 7 т.

Согласно пункту 23 [1] в общем случае для захоронения допустимы негорючие и трудногорючие РАО. Горючие РАО могут быть приняты на захоронение, если они упакованы в соответствующем контейнере (упаковочном комплекте), при этом полученная упаковка РАО соответствует требованиям к огнестойкости, установленным в проекте ПЗРО.

Для НЗК-150-1,5П в России получено заключение, согласно которому контейнер для РАО, представляющий собой железобетонную конструкцию в виде замкнутой со всех сторон емкости, можно рассматривать как отдельное сооружение с ограждающими конструкциями, являющимися противопожарными преградами. В соответствии с СП 486.1311500.2020 к таким преградам относятся ограждающие конструкции с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. При толщине стенки 150 мм железобетонная конструкция имеет предел огнестойкости выше 1,5 ч для всех типов армированных бетонов независимо от характера пожарной нагрузки. Таким образом, упаковки РАО, сформированные на основе НЗК-150-1,5П, соответствуют требованиям огнестойкости.

Контейнер обеспечивает возможность загрузки во внутреннюю полость четырех бочек (общим объемом 800 л), применяемых на БелАЭС для первичной упаковки ТРО, или 1,5 м³ переработанных РАО без упаковки в бочки. Классическая схема размещения бочек – симметричная относительно центра и стенок контейнера (рис. 1).

Эффективность использования различных упаковок для заданного количества РАО определяется в общем случае коэффициентом полезного использования объема ($K_{\text{ио}}$), рассчитываемым как отношение объема размещаемых РАО (нетто) к наружному объему упаковки (брутто). При хранении РАО без бочек $K_{\text{ио}}$ находится на уровне 0,4, а у контейнера КМЗ может достигать 0,8 и более [11]. Для НЗК-150-1,5П при размещении в нем четырех бочек $K_{\text{ио}} \approx 0,23$.

Для бочек с ТРО категории САО применение конечной упаковки с таким низким $K_{\text{ио}}$ оправдано тем, что НЗК-150-1,5П

является защитным контейнером двухцелевого назначения: он обеспечивает регламентируемую [1] мощность дозы гамма-излучения на поверхности и сохранение изолирующей способности не менее 100 лет.

Для упаковки ОНРАО и НАО требования к сохранению изолирующей способности минимальны – на срок до размещения на захоронение. То есть защитные и изоляционные свойства НЗК-150-1,5П для этих РАО избыточны. Поэтому для них рассмотрены альтернативные варианты контейнеризации, соответствующие требованиям к огнестойкости и габаритным размерам типоряда НЗК-150-1,5П для унификации проектных решений по ПЗРО.

Альтернативные варианты контейнеризации РАО низкой активности

При заданных габаритных размерах контейнера увеличение вместимости может быть достигнуто за счет увеличения и рационального использования его полезного объема. Поскольку горючие ТРО поступают с БелАЭС в бочках, для этого необходимо разместить в контейнер больше четырех бочек. Учитывая, что из-за низкой активности ОНРАО и НАО регламентируемые [1] значения мощности дозы гамма-излучения на внешней поверхности не более 2 МГр/ч обеспечиваются уже для первичной упаковки, они заведомо будут обеспечены на поверхности дополнительного контейнера. Такие принципиально возможные способы увеличения $K_{\text{ио}}$, как размещение ТРО без первичной упаковки или спрессованных бочек с ТРО, здесь не рассматриваются из-за значительного усложнения технологии кондиционирования.

В качестве альтернативы НЗК-150-1,5П для размещения горючих ТРО БелАЭС рассмотрены нижеследующие варианты конечных упаковок.

1. Железобетонный контейнер с габаритами НЗК-150-1,5П большей вместимости за счет уменьшения толщины стенки

В настоящее время для размещения РАО применяются различные виды контейнеров, изготавливаемых из же-

Таблица 1. Характеристики контейнера НЗК-МР

Параметр	МР-1	МР-2
Масса контейнера, т, в том числе:	3,56	3,54
корпуса	2,9	2,9
крышки	0,6	0,53
пробки	–	0,02
Масса замкового соединения, т	0,06	0,09
Масса контейнера с РАО, т	6,5	
Размеры (Д×Ш×В), мм:		
габаритные	1650×1650×1340	
внутренние	1440×1440×990	
Внутренний объем, м ³	1,9	
Объем полости под замковое соединение, м ³	0,03	0,04
Толщина, мм:		
днища корпуса	120	
стенки корпуса	110	
крышки	125	

лезобетона плотностью 2,4–2,6 т/м³, которые незначительно отличаются массогабаритными характеристиками и имеют различную толщину стенки (от 110 до 150 мм). В таблице 1 приведены характеристики сертифицированного НЗК-МР с толщиной стенки 110 мм, обеспечивающей огнестойкость упаковки РАО, в модификациях с пробкой для заливки цементного раствора (МР-2) и без пробки (МР-1) [12].

Как видно, вместимость контейнера составляет 1,9 м³, что в 1,25 раза больше, чем у НЗК-150-1,5П. При этом стоимость НЗК-МР меньше. Однако внутренние габариты контейнера не позволяют разместить в нем больше четырех бочек. Требуемая толщина стенки контейнера для размещения пяти бочек – не более 85 мм.

Как показывает опыт российских специалистов, разработка железобетонного контейнера с толщиной стенки менее 110 мм технически трудноосуществима из-за сложности размещения арматуры и, соответственно, обеспечения требований по прочности и надежности изделия.

2. Металлический контейнер типа КМЗ

Металлические контейнеры КМЗ по размерам соответствуют железобетонным НЗК-150-1,5П и предназначены для сбора и промежуточного хранения твердых или отвержденных НАО и САО; транспортирования РАО к месту переработки и кондиционирования; обращения с кондиционированными РАО, включая формирование их упаковки путем пропитки цементным раствором, размещение, длительное хранение (до 50 лет), транспортирование и захоронение в ПЗРО.

Варианты кондиционированных отходов для КМЗ: цементированные РАО (кубовые остатки, смолы, шламы); ТРО (прессованные, в бочках, навалом); зола от сжигания ТРО (в бочках).

Характеристики контейнеров КМЗ [13] представлены в таблице 2.

Таблица 2. Характеристики контейнера КМЗ

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	1650×1650×1375
Объем загрузки, м ³	3,2
Толщина стенки корпуса, мм	5
Толщина дна, мм	8
Кол-во бочек 200 л	5
Кол-во ярусов при штабелировании	6
Назначенный срок службы, лет	Не менее 50

Стоимость металлических контейнеров сравнима со стоимостью железобетонных, причем она может быть как ниже, так и выше (по данным российского Единого портала государственных закупок).

Форма и размеры контейнера КМЗ соответствуют схеме размещения пяти бочек (см. рис. 2). При хранении РАО в бочках для него $K_{\text{ио}} \approx 0,28$.

Однако использование контейнера КМЗ с заливкой пустот между его стенками и бочками цементной смесью требует обоснования огнестойкости конструкции при указанных на схеме (рис. 2) расстояниях от бочек до стенок (95 и 134 мм). Также необходимо достижение определенной толщины и качества цементной заливки со всех сторон бочек, что требует дополнительной конструкторской проработки.

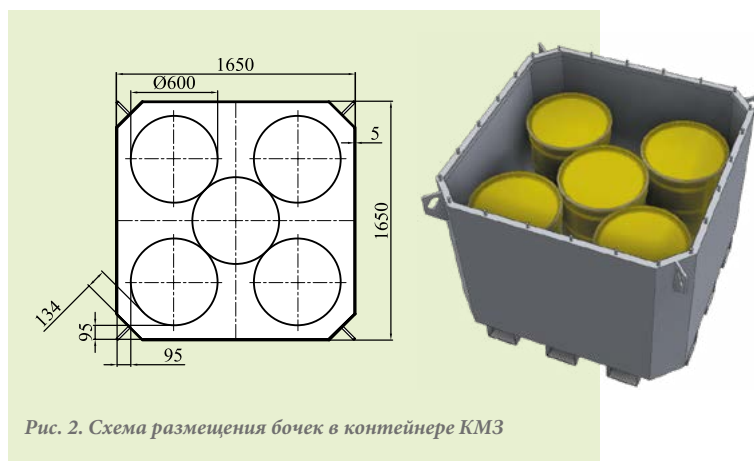


Рис. 2. Схема размещения бочек в контейнере КМЗ

3. Контейнер новой разработки из огнеупорного материала

Нами проанализирована целесообразность использования в качестве конечной формы упаковки горючих ТРО контейнера новой разработки из огнеупорного материала (контейнер невозвратный для горючих отходов, КНГО). По габаритам и форме он аналогичен НЗК, но обладает меньшим весом и большей емкостью (1,7 вместо 1,5 м³), позволяя разместить пять бочек вместо четырех.

В отличие от НЗК данный контейнер является композитным изделием, состоящим из стальной оболочки и наполнителя из огнеупорного материала. Оболочка обеспечивает прочность, не сорбирует радионуклиды и, следовательно, позволяет при необходимости проводить дезактивацию. В качестве наполнителя, обеспечивающего огнестойкость, могут быть использованы базальт, стекловолокно или иные материалы, огнеупорные свойства которых соответствуют общим требованиям к испытаниям на огнестойкость [14]. Оптимальный состав материалов должен быть подобран с участием специализированных организаций. Герметизация контейнера обеспечивается с помощью уплотнительного элемента и болтового соединения.

Предлагаемая конструкция КНГО, не имеющая прямых аналогов в атомной отрасли, представлена на рисунке 4, требуемые характеристики контейнера – в таблице 3.

Таблица 3. Характеристики контейнера КНГО

Параметр	Значение
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	1650×1650×1375
Общий объем внутренней полости, м ³	1,8
Толщина стенки корпуса и крышки, не более, мм	85*
Масса порожнего контейнера, т (нетто)	0,8*
Масса заполненного контейнера, т (брутто)	До 3*
Кол-во бочек	5
Кол-во ярусов при штабелировании	5
Огнестойкость по ГОСТ 30247.0-94, ч	0,75
Высота падения без просыпания и рассеивания, мм	1200
Срок службы, лет	50
Классификационное обозначение по НП-016-05	4Н
Категория сейсмостойкости по НП-031-01	III

* Значение параметра уточняется разработчиком.

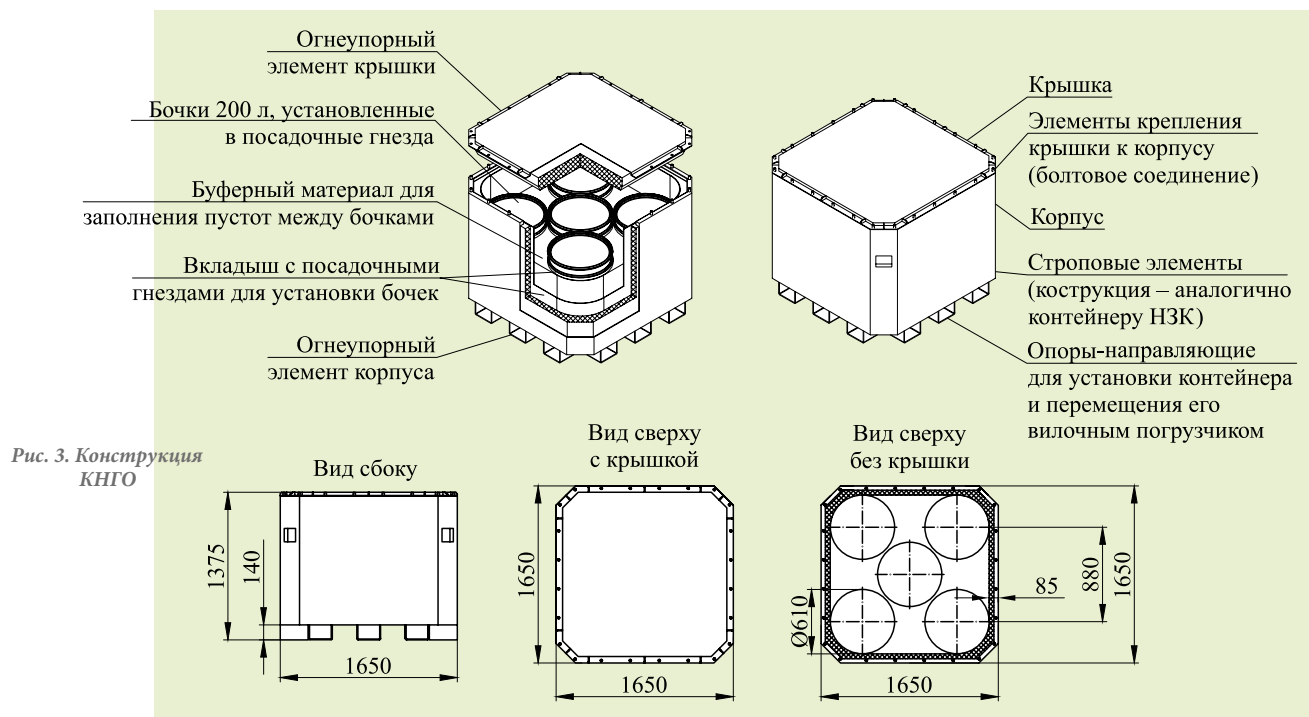


Рис. 3. Конструкция КНГО

Контейнер КНГО ввиду особенностей его конструкции (композитного исполнения) достаточно сложен в производстве, в связи с чем его стоимость не может быть низкой. Однако экономический эффект от его использования может быть достигнут за счет большей вместимости по сравнению с НЗК.

Технико-экономическая эффективность рассмотренных вариантов

Согласно [4] за 60 лет эксплуатации двух блоков БелАЗС будет образовано ориентировочно 720 м³ горючих ОНАО и ОНРАО (3600 бочек). Для размещения потребуется 900 НЗК-150-1,5П или 720 КМЗ либо КНГО.¹

На рисунке 4 показаны варианты упаковки бочек с горючими РАО в контейнеры НЗК, КМЗ, КНГО.

Экономическая эффективность рассматриваемых вариантов зависит от стоимости контейнера, затрат на транспортировку и передачу упаковок РАО на захоронение согласно тарифам, установленным национальным оператором по обращению с РАО.

Сравнение технико-экономических показателей вариантов производится по интегральным затратам, включающим:

- затраты на приобретение контейнеров на весь объем захораниваемых РАО (с учетом разработки конструкторской документации, испытаний и сертификации контейнера КНГО);
- затраты на эксплуатацию (хранение) контейнеров в период их загрузки в ПЗРО (60 лет);

– расходы, связанные с передачей РАО на окончательное захоронение национальному оператору по обращению с РАО (в России – тарифы на захоронение РАО [15]).

Стоимость контейнера КНГО определяется суммированием затрат на разработку конструкторской документации, изготовление оборудования с учетом количества материалов, испытания и сертификацию. Данные по массе и объему материалов для изготовления КНГО представлены на рисунке 5.

Выполненные расчетные оценки показывают, что:

- стоимость КНГО составляет приблизительно 2100 долл. США (при ориентировочной стоимости НЗК-150-1,5П менее 1900 долл. США);
- по сравнению с упаковками на основе НЗК-150-1,5П упаковки на основе КМЗ и КНГО (несмотря на их большую стоимость) позволяют снизить затраты на захоронение

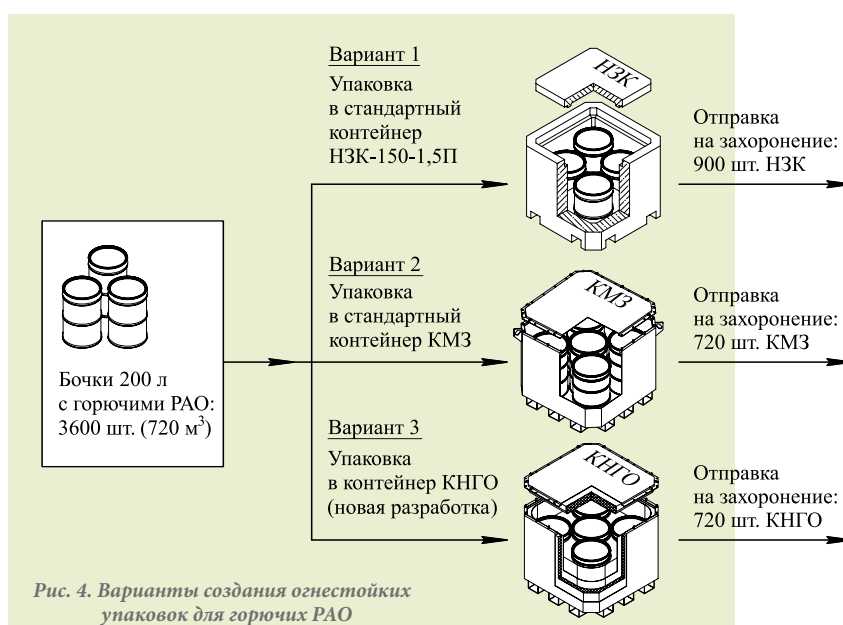


Рис. 4. Варианты создания огнестойких упаковок для горючих РАО

¹ Эти данные подлежат уточнению исходя из актуализированных прогнозных объемов эксплуатационных РАО БелАЗС [3, 8].

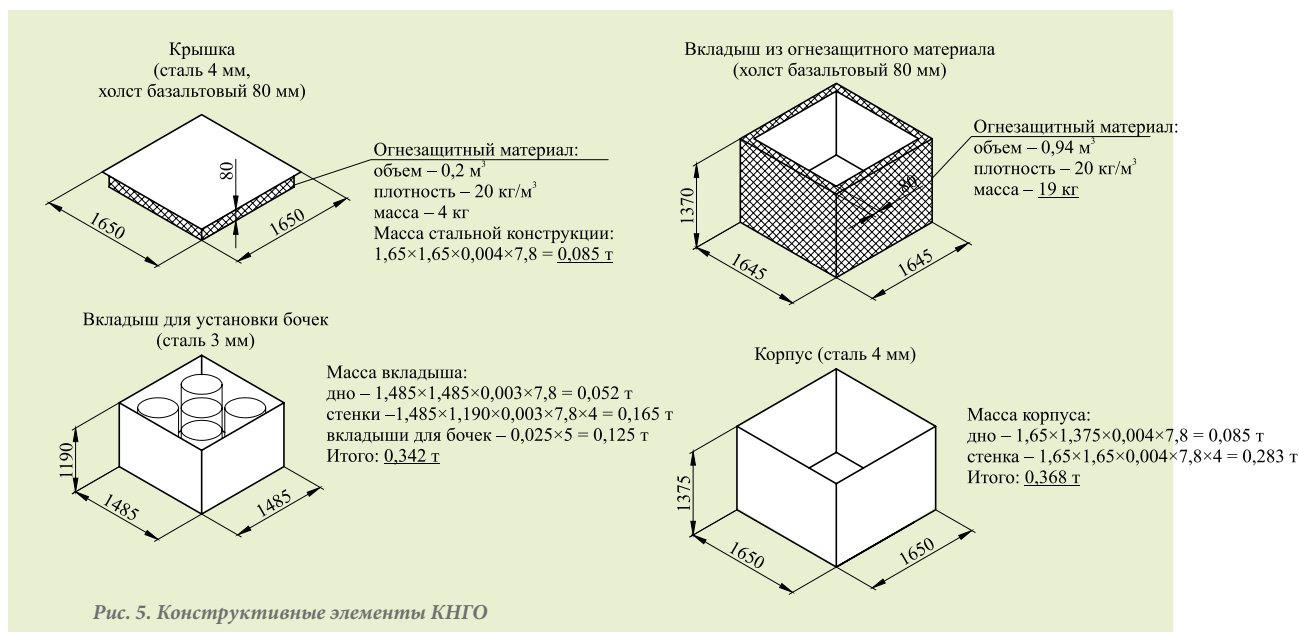


Рис. 5. Конструктивные элементы КНГО

РАО приблизительно на 30 % за счет снижения количества требуемых контейнеров.

Заключение

Рассмотрение вариантов конечных форм упаковок для горючих РАО низкой активности БелАЭС на основе металлического контейнера КМЗ и контейнера новой разработки КНГО, не имеющего прямых аналогов в атомной отрасли, показывает возможность существенного снижения затрат на захоронение по сравнению со способом контейнеризации в НЗК-150-1,5П, принятым ранее в концептуальном проекте ПЗРО.

При этом для создания и использования указанных конечных упаковок требуется:

- отработка технологии заливки цементной смесью пустот между стенками контейнера КМЗ и бочками для обеспечения требуемой огнестойкости конструкции;
- проработка композитной конструкции КНГО с привлечением специализированных материаловедческих организаций на основе исходных технических требований, разработанных на данный контейнер.

Список литературы

1. Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения: Нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности. – Утв. постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 16.07.2019 № 47.
2. Нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности. Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения [Электронный ресурс]: утв. постановлением МЧС Республики Беларусь от 28.09.2010 № 47. – Режим доступа: https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/a98/postanovlenie_mchs_47.pdf. – Дата доступа: 15.12.2024.
3. Восьмой национальный доклад Республики Беларусь о выполнении объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами [Электронный ресурс] // Департамент по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/b15/zprempr84bkgpuf785eawc993qhrpq51s/8-Natsionalnyy-doklad-Respubliki-Belarus.pdf>. – Дата доступа: 15.12.2024.
4. Жемжуров, М.Л. Техническая концепция захоронения очень низкоактивных, низкоактивных и короткоживущих среднеактивных радиоактивных отходов Белорусской АЭС / М.Л. Жемжуров, Н.Д. Кузьмина // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Серия фіз.-тэхн. навук. – 2022. – № 1. – С. 105–118.
5. Жемжуров, М.Л. Разработка технической концепции сооружений приповерхностного захоронения радиоактивных отходов Белорусской АЭС. Часть 1. Актуальность и нормативные требования / М.Л. Жемжуров, Д.И. Павлов, А.М. Жемжуров // Энергетическая стратегия. – 2024. – № 5 (101). – С. 44–47.
6. Жемжуров, М.Л. Разработка технической концепции сооружений приповерхностного захоронения радиоактивных отходов Белорусской АЭС. Часть 2. Зарубежный опыт и возможные концептуальные решения для Беларуси / М.Л. Жемжуров, Д.И. Павлов, А.М. Жемжуров // Энергетическая стратегия. – 2024. – № 6 (102). – С. 51–55.
7. Жемжуров, М.Л. Варианты концептуальных решений для сооружений приповерхностного захоронения радиоактивных отходов Белорусской АЭС / М.Л. Жемжуров, Д.И. Павлов, А.М. Жемжуров // Радиоактивные отходы. – 2024. – № 4 (29). – С. 53–65.
8. О Стратегии обращения с радиоактивными отходами [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 15 февр. 2023 № 128 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22300128&p1=1&p5=0>. – Дата доступа: 15.12.2024.
9. Жемжуров, М.Л. Об обращении с радиоактивными отходами очень низкой активности на Белорусской АЭС / М.Л. Жемжуров, А.В. Песцова, А.М. Жемжуров // Энергетическая стратегия. – 2024. – № 4 (100). – С. 44–48.
10. Контейнеры для радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности / Р.М. Гатауллин [и др.]. – М.: Логос, 2012. – 256 с.
11. Многоцелевые упаковки для радиоактивных отходов / М.В. Радченко [и др.] // Радиоактивные отходы. – 2017. – № 1. – С. 75–83.
12. Инновационные технологии и экспертиза. НЗК-МР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stc-intex.ru/new-et/nzk-mr.html>. – Дата доступа: 15.12.2024.
13. 345-й механический завод. Контейнер металлический защитный КМЗ-М АТ-2-00.00.00.000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://345mz.ru/kontejneryi-dlya-rao/metallicheskie-kontejneryi/kmz-m>. – Дата доступа: 15.12.2024.
14. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования: ГОСТ 30247.0-94.
15. Тарифы на захоронение радиоактивных отходов на период с 2023 по 2027 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.norao.ru/about/tarify>. – Дата доступа: 15.12.2024.

А.А. БУТЬКО,
к.б.н., доцент
Международного
государственного
экологического института
им. А.Д. Сахарова БГУ,
Минск, Беларусь,
butko_andrei@mail.ru



В.А. ПАШИНСКИЙ,
к.т.н., заведующий
кафедрой Международного
государственного
экологического института
им. А.Д. Сахарова БГУ,
Минск, Беларусь,
pashynski@mail.ru



Г.Э. МАЗЕЙКО,
заместитель директора
ООО «Ляховичская
вербочка»,
Ляховичи, Беларусь,
gmazeuko@mail.ru



ОЦЕНКА БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ ЩЕПЫ БЫСТРОРАСТУЩЕЙ ИВЫ

Аннотация

В статье представлены результаты оценки энергоёмкости производства и транспортной логистики щепы при возделывании древесно-кустарниковой породы с коротким периодом роста – клона Бачка ивы белой. Согласно разработанной технологической карте полная энергоёмкость производства щепы в течение 21 года при трехлетнем цикле уборки составляет 154 344 МДж/га при средней продуктивности ивы 17,7 т/га и низшей теплоте сгорания щепы из ивы 8,72 МДж/кг. Транспортировка щепы снижает биоэнергетическую эффективность топлива с 3,16 на месте складирования топлива до 2,85 при транспортировке на расстояние 125 км.

Ключевые слова: полная энергоёмкость, логистика, быстрорастущие древесно-кустарниковые породы, ива, клон Бачка, технологическая карта, энергетический эквивалент, биоэнергетическая эффективность.

Annotation

The article presents the results of evaluation of energy intensity of wood chips production and transportation logistics in the cultivation of woody shrub species with a short growth period – white willow clone Bachka. According to the developed technological map, the total energy intensity of wood chips production during 21 years and three-year harvesting cycle is 154344 MJ/ha with average productivity of willow 17.7 t/ha and the lowest calorific value of willow wood chips 8.72 MJ/kg. Transportation of wood chips reduces bioenergy efficiency of fuel from 3.16 at the place of fuel storage to 2.85 when transported 125 km away.

Keywords: total energy intensity, logistics, fast-growing tree and shrub species, willow, Bachka clone, flow chart, energy equivalent, bioenergy efficiency.

**Статья поступила в редакцию
4 декабря 2024 года**

Введение

В Беларуси в рамках Государственной программы «Энергосбережение» на 2021–2025 годы планомерно расширяется использование древесного топлива. Это связано с наименьшими капиталовложениями и небольшими сроками окупаемости в сравнении с другими видами возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В частности, программой предусмотрено к 2025 году нарастить производство щепы до 2100 тыс. м³ в год и ввести в эксплуатацию около 526 МВт мощностей на древесном топливе, что позволит увеличить объем использования этого энергоресурса на 140 тыс. т у.т. и снизить потребление природного газа на 121 млн м³ [1]. Поэтому актуальной задачей для лесохозяйственных организаций является создание плантаций быстрорастущих древесно-кустарниковых пород для топливно-энергетических целей [2, 3].

В этой связи особый интерес представляет ива, способная произрастать в условиях повышенной увлажненности

на разных типах почв с различным уровнем плодородия. На долю плантаций быстрорастущих древесно-кустарниковых пород, по данным Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, приходится около 5,4 % территории страны [4].

На эффективность использования древесной биомассы в энергетических целях влияют физико-химические и теплотехнические свойства, которые в зависимости от вида сырья могут отличаться. Поэтому основные характеристики разных пород требуют изучения.

Нами изучены факторы, оказывающие основное влияние на показатели себестоимости получения щепы, и предложена наиболее экономичная технологическая схема ее получения.

Разработана технологическая карта (рис. 1), которая включает семь этапов и 30 технологических операций [5]. Согласно ей полная энергоёмкость производства щепы в течение 21 года при трехлетнем цикле уборки древесины составляет 175 398,8 МДж/га.



До реализации щепы хранится в буртах с основанием длиной до 30 м и высотой до 2,7 м непосредственно на площадке убранной ивы (рис. 2). Хранение должно быть организовано так, чтобы исключить потерю характеристик щепы, а также ее возгорание.

Исследования шведских ученых [6] показали, что при хранении в течение четырех месяцев в результате физических, химических и микробиологических процессов происходит уменьшение плотности щепы до 6 %. Кроме того, по мере снижения температуры влажность щепы в середине бурта повышается и грибы (синевы или плесень) проникают на глубину более 0,6 м от поверхности.

Изменение температуры в бурте щепы в течение пяти месяцев (с 1 июня по 31 октября) показано на рисунке 3. Видно, что в центре бурта за первые 15 суток температура увеличилась в три раза относительно температуры наружного воздуха, а затем стабилизировалась на уровне в среднем в два раза выше ее.

Согласно исследованиям немецких специалистов [6], предельный срок хранения щепы лиственных пород из стволовой древесины в буртах составляет шесть месяцев. За это время потери древесинного вещества в зонах с умеренным климатом составляют 5–6 %.

Один из показателей разрушения древесины – изменение цвета щепы. При низких и средних температурах оно происходит под воздействием микробиологических процессов, при высоких – в результате гидролиза. В свою очередь, изменение цвета щепы влияет на цвет небеленой целлюлозы, с увеличением срока хранения снижая ее белизну. При этом цвет беленой целлюлозы из щепы длительного хранения остается удовлетворительным, но увеличивается расход химикатов для отбеливания такой целлюлозы.

В последние годы наряду с традиционными методами оценки эффективности производства продукции, товаров и услуг (с использованием финансовых и трудовых показате-

телей) все большее значение в мировой практике приобретает метод энергетической оценки, учитывающий, с одной стороны, количество энергии, затраченной на производство, а с другой – аккумулированной в продукции. Применение этого метода позволяет наиболее точно учесть не только затраты труда на технологические процессы и операции, но и количество энергии, содержащейся в полученной продукции, и выразить эти величины в сопоставимых энергетических эквивалентах.

Энергетический анализ дает возможность определить эффективность материально-энергетических затрат, выбрать наименее ресурсоемкий технологический процесс и оценить уровень интенсификации новой технологии.

Цель настоящего исследования – оценка биоэнергетической эффективности транспортной логистики при производстве щепы из клона Бачка ивы белой (*Salix alba*).

Методика исследований

Одним из критериев, позволяющих достоверно определить затраты на производство и транспортную логистику с учетом стоимостных показателей, является энергоемкость. Этот показатель наиболее объективен, не зависит от конъюнктуры рынка и характеризует текущий уровень развития технологий.

Коэффициент биоэнергетической эффективности транспортной логистики определяется по формуле

$$K_e = \frac{e_{ak} - e}{e_s}, \quad (1)$$

где e_{ak} – количество энергии, содержащейся в продукции, МДж/га;

e – общие энергозатраты, связанные с производством продукции, МДж/га;

e_s – общие энергозатраты, связанные с транспортной логистикой продукции, МДж/га.

Количество энергии, содержащейся в продукции, и общие энергозатраты, связанные с производством продукции, приняты по [5]. Так, общие энергозатраты, связанные с транспортной логистикой, равны

$$e_s = e_e + e_{\phi} + e_p, \quad (2)$$

где e_e – полная энергоемкость ТЭР, необходимых для транспортировки продукции;

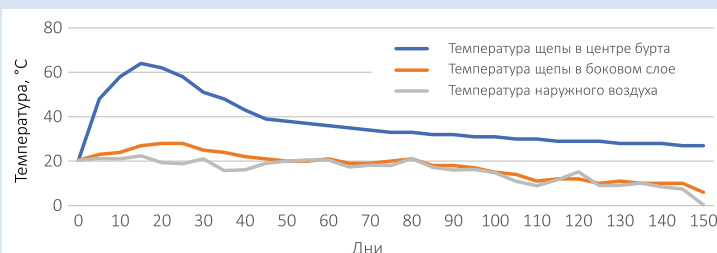


Рис. 3. Изменение температуры щепы в бурте с 1 июня по 31 октября

e_{ϕ} – полная энергоёмкость основных производственных фондов, амортизированных при производстве продукции, оказании услуг;

e_p – полная энергоёмкость воспроизводства рабочей силы при производстве продукции, оказании услуг.

Общие энергозатраты, связанные с транспортной логистикой щепы быстрорастущей ивы, определены по методике энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве [7].

Приняты следующие константы энергетических эквивалентов, МДж/кг: производство дизельного топлива – 10,0; энергосодержание дизельного топлива – 42,4; тракторы – 120; сельскохозяйственные машины, сцепки – 104 [8].

Энергетический эквивалент затрат живого труда – 1,86 МДж/чел.-ч – принят по [7], годовые нормативы загрузки, нормы отчислений на ремонт, техобслуживание и амортизацию сельхозтехники, а также затрат труда и расхода топлива – по [9–14].

С целью определения биоэнергетической эффективности транспортной логистики при производстве щепы быстрорастущей ивы белой совместно с ООО «Ляховичская вербочка» заложена плантация площадью 120 га на территории Ляховичского района.

Транспортировка биомассы осуществлялась автопоездом МАЗ-5440С5 с полуприцепом CAT150 с объемом кузова 105 м³ и грузоподъемностью до 35 000 кг (рис. 4). Скорость транспортировки принята 80 км/ч, производительность погрузчика АМКОДОР W400С с объемом ковша 2,3 м³ при плотности насыпной щепы 820 кг/м³ [15] и влажности 44 % [16] – 70 м³/ч. Расход дизельного топлива принят по [13, 14].

Статистический и графический анализ результатов исследований реализован с использованием программного обеспечения Statistica.

Результаты исследований

Результаты проведенных ранее исследований биоэнергетической эффективности выращивания быстрорастущей ивы и производства из нее щепы представлены в [5]. Энергоёмкость технологических этапов (основная обработка почвы, внесение гербицидов сплошного дей-

Таблица 1. Биоэнергетическая эффективность технологических этапов выращивания ивы белой и производства щепы

Технологический этап	Энергоёмкость этапа, МДж/га	Доля этапа в суммарной энергоёмкости, %
Основная обработка почвы, внесение гербицидов сплошного действия, внесение минеральных удобрений	9220,5	18,9
Предпосадочная обработка, посадка, внесение минеральных удобрений	5060,9	10,4
Уход за посадкой	9865,1	20,2
Уборка древесины, складирование на площадке хранения	11 225,2	23,0
Ликвидация плантации	13 358,6	27,5
Всего	48 730,3	100,0

ствия и минеральных удобрений; предпосадочная обработка, посадка, внесение минеральных удобрений; уход за посадкой; уборка древесины и складирование ее на временной площадке; ликвидация плантации) составила 48 730,3 МДж/га (таблица 1).

Для оценки биоэнергетической эффективности транспортной логистики щепы (этап VI согласно рисунку 1) принята средняя продуктивность ивы белой (*Salix alba*) 17,7 т/га и низшая теплота сгорания щепы 8,72 МДж/кг. Количество энергии, содержащейся в продукции трехлетнего цикла, составит 154 344 МДж/га, а показатель биоэнергетической эффективности – 3,16 [5].

Характеристика этапа погрузки щепы и ее транспортировки заказчику представлена в таблице 2.

Энергоёмкость технологического процесса транспортировки щепы на расстояние 5 км составляет 840,6 МДж/га, на расстояние 125 км – до 4896,5 МДж/га, в том числе: полная энергоёмкость ТЭР – 737,8 и 4320,6 МДж/га, амортизированных основных производственных фондов и отчислений на ремонт агрегатов – 199,6 и 1134,6 МДж/га, воспроизводства рабочей силы при производстве продукции – 1,3 и 6,9 МДж/га соответственно, что составляет 0,13 % от суммарной энергоёмкости технологических процессов погрузки и транспортировки щепы (рис. 5).

Доля энергоёмкости технологических операций в зависимости от дальности транспортировки щепы (от 5 до 125 км) составляет:

- затраты на ТЭР – 79 %;
- отчисления на амортизацию и ремонт агрегатов – около 20,9 %;
- воспроизводство рабочей силы – 0,12–0,13 %.

Увеличение расстояния транспортировки снижает биоэнергетическую эффективность транспортной логистики щепы, что описывается выражением

$$K_e = -0,0023 \cdot l + 3,1663,$$

где l – расстояние транспортировки, км.

Соответственно, при транспортировке биомассы на расстояние 5 км от места складирования K_e составляет 3,11, а на расстояние 125 км – 2,85.



Рис. 4. Погрузка щепы универсальным погрузчиком АМКОДОР на автопоезд в составе тягача МАЗ-5440С5 с полуприцепом CAT150

Таблица 2. Характеристики этана погрузки и транспортировки щепы

Наименование и характеристика работы	Расход топлива, кг/га	Состав агрегата		Затраты труда механизаторов, чел.-ч/га
		энергетическое средство	с/х машина или орудие	
Погрузка щепы на площадке хранения	13,9	AMKODOR W400C	–	1
Транспортировка щепы на расстояние:				
до 5 км	3,5	MA3-5440C5	CAT150	1
до 25 км	17,6			
до 45 км	31,7			
до 65 км	45,8			
до 85 км	59,8			
до 105 км	73,9			
до 125 км	88,0			

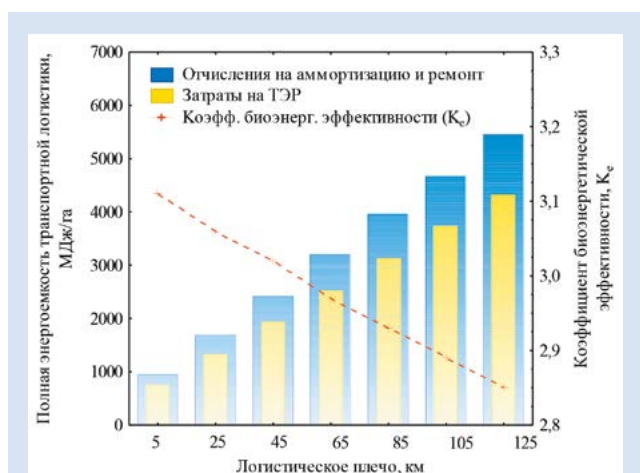


Рис. 5. Структура полной энергоемкости и коэффициент биоэнергетической эффективности транспортной логистики щепы

Заключение

По результатам исследований разработана математическая модель «Bio willow», реализованная в пакете Microsoft Excel. Модель позволяет рассчитать коэффициент биоэнергетической эффективности в зависимости от предлагаемой технологической карты. Данный подход дает возможность оптимально планировать структуру полной энергоемкости производства и транспортировки щепы быстрорастущей ивы.

С учетом средней продуктивности быстрорастущей ивы 17,7 т/га и низшей теплоты сгорания щепы 8,72 МДж/кг рассчитано количество энергии, содержащейся в продукции. За трехлетний цикл оно составит 154 344 МДж/га. Показатель биоэнергетической эффективности равен 3,16.

Предложенная модель может быть адаптирована для других видов растений, возделываемых для получения топлива, а результаты исследований могут быть востребованы при оценке жизненного цикла таких культур согласно требованиям ГОСТ ИСО 14040-2022.

Список литературы

1. О Государственной программе «Энергосбережение» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 24 февр. 2021 г. № 103: в ред. от 28 дек. 2023 г. № 959 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/natsionalnyy-reestr/poisk-v-reestre/?p1=5/52666>. – Дата доступа: 23.11.2024.
2. Бутько, А.А. Оценка энергоемкости производства щепы при возделывании древесно-кустарниковой породы с коротким периодом роста ивы белой вида SALIX ALBA / А.А. Бутько, В.А. Пашинский, О.И. Родькин // Энергоэффективность. – 2016. – № 6. – С. 24–27.
3. Бутько, А.А. Техничко-экономические аспекты производства щепы при возделывании ивы белой (SALIX ALBA) / А.А. Бутько, В.А. Пашинский, О.И. Родькин // Экология. – 2017. – № 3. – С. 91–100.
4. Родькин, О.И. Производство возобновляемого биотоплива в аграрных ландшафтах: экологические и технологические аспекты: монография / О.И. Родькин. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2011. – 212 с.
5. Бутько, А.А. Оценка биоэнергетической эффективности технологии возделывания ивы в короткоцикловых посадках / А.А. Бутько, В.А. Пашинский, О.И. Родькин // Вестн. ИРГСХА: науч.-практ. журн. – 2016. – Вып. 75. – С. 8–17.
6. Vos, J. Передовой опыт в использовании энергии биомассы / J. Vos // перевод с английского: в 2 ч. / учебно-выставочный и издательский центр УП «Белэнергосбережение», 2006. – 198 с.
7. Никифоров, А.Н. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / А.Н. Никифоров [и др.] // М.: ВИМ, ЦНИИМЭСХ, ВИСХ, 1995. – 96 с.
8. Энергосбережение. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах: ГОСТ Р 51750-2001. – Введ. 01.01.2002. – М.: Госстандарт России, 2001. – 29 с.
9. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (МТС) [сборник]. – Мин-во сель. хоз-ва РФ: В.М. Михлин [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформаротех», 2001. – 190 с.
10. Межотраслевые нормы выработки, времени и нормативы численности на подготовительные и вспомогательные работы в лесозаготовительном производстве [Электронный ресурс]: утв. М-вом труда РФ 21.04.1993. – Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/mezhotraslevye-normy-vyrabotki-vremeni-i-normativy-chislennosti>. – Дата доступа: 27.11.2024.
11. Об установлении нормативных сроков службы основных средств и признании утратившими силу некоторых постановлений Министрства экономики Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление М-ва экономики Респ. Беларусь от 30 сентября 2011 г. № 161: в ред. от 04.09.2011 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W21124359>. – Дата доступа: 27.11.2024.
12. Техника сельскохозяйственная. Показатели надежности = Тэхніка сельскагаспадарчая. Паказчыкі надзейнасці: СТБ 1616-2011. – Введ. 01.01.2012. – Минск: Госстандарт: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 20 с.
13. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разраб.: Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 288 с.
14. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч. практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. разраб.: Ф.И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 469 с.
15. Головкин, С.И. Энергетическое использование древесных отходов / С.И. Головкин, И.Ф. Коперин, В.И. Найденов. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 220 с.
16. Бутько, А.А. Экологическая оценка сжигания биомассы клонов ивы / А.А. Бутько [и др.] // Энергоэффективность. – 2015. – № 8. – С. 26–30.

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА – ЭТО БУДУЩЕЕ

Ярким событием выставки «Моя Беларусь» стал форум «Атомная энергетика: новые возможности для инновационного развития национальной экономики», который состоялся 22 января под председательством заместителя Министра энергетики Дениса Мороза. Организатором форума выступило Министерство энергетики Республики Беларусь. В мероприятии также приняли участие представители Госкомитета по науке и технологиям, министерств промышленности, здравоохранения, МЧС, НАН Беларуси и Госкорпорации «Росатом».

Форум открылся пленарным заседанием, которое прошло в зоне культурных мероприятий выставки «Моя Беларусь». Повестка пленарного заседания включала широкий круг вопросов, напрямую или опосредованно связанных с развитием атомной энергетики. В их числе – энергетическая безопасность страны, формирование инфраструктуры ядерной и радиационной безопасности, применение ядерных технологий в смежных отраслях, новые проекты и направления сотрудничества с Госкорпорацией «Росатом», развитие электротранспорта и зарядной инфраструктуры, кадровое обеспечение атомной энергетики, достижения и перспективы научного сопровождения отрасли.

Атомная энергетика – это будущее

Строительство атомной электростанции – это новый шаг в будущее, заявил **заместитель Министра энергетики Денис Мороз**, открывая пленарное заседания форума. Решение Беларуси построить собственную АЭС было принято в тот период, когда многие государства отказывались от атомной энергетики. «Наша страна пошла другим, более дальновидным путем. Мы понимали, что атомная энергетика – это будущее, она принесет пользу экономике, промышленности и в целом гражданам нашей страны», – отметил замминистра.

Выступая с докладом «Белорусская АЭС – гарант энергетической безопасности страны», Денис Мороз подробно рассказал о реализации проекта сооружения атомной электростанции и тех эффектах, которые получила страна от ввода БелАЭС. Станция обеспечивает около 40 % внутренних потребностей страны в электроэнергии, доля импортируемого природного газа в общей выработке электрической и тепловой энергии сократилась с 90 % до 67 %, на 7 млн т в год снизились выбросы в атмосферу.

Для интеграции станции в энергосистему проделана масштабная работа по модернизации объектов энергетической отрасли. В 2024 году построено и реконструировано около 3 тыс. км электрических сетей – практически в два раза больше, чем в 2023-м. Эти темпы будут наращиваться. Наряду с электросетями модернизацию прошли подстанции различных классов напряжения, в том числе цифровые. На 20 энергообъектах введены в строй современные электрокотлы суммарной мощностью 916 МВт, построены и эксплуатируются пиково-резервные источники суммарной мощностью 800 МВт. «Несмотря на множество санкционных ограничений, которым абсолютно несправедливо подверглась наша страна, мы смогли реализовать эти проекты», – подчеркнул Денис Мороз.

В 2024 году потребление электроэнергии в Беларуси превысило 43 млрд кВт·ч, что стало абсолютным рекордом.



Денис Мороз,
заместитель Министра энергетики

В то время как европейские рынки лихорадило от роста тарифов на электроэнергию, ситуация в Беларуси оставалась спокойной, турбулентность никак не затронула наших потребителей благодаря тому, что у нас в стране появился надежный источник электрической энергии – Белорусская АЭС. Сегодня мы с уверенностью смотрим в будущее, строим планы по дальнейшему развитию отрасли в условиях существенного роста спроса на электроэнергию со стороны реального сектора экономики и населения.

Растет потребление электроэнергии всеми секторами экономики, а также населением. В стране строятся современные электродома. В прошлом году в энергоснабжающие организации обратились почти 33 тыс. граждан, которые хотели использовать электроэнергию для нужд отопления и горячего водоснабжения в частных домах, 94 % этих заявок были удовлетворены. На электрическое отопление переходит все больше белорусов: с 2019 по 2024 годы одобрено 90 % из 136 тыс. заявок на подключение. Появление в стране собственной АЭС привело также к бурному развитию электротранспорта: число электромобилей на дорогах страны за последние три года выросло почти в четыре раза и сегодня превышает 23 тыс.

Для атомной энергетики создана инфраструктура безопасности и современная система подготовки кадров. «Сегодня наши научные и инженерные школы, конструкторские, проектные, строительные организации имеют во многом уникальный опыт и востребованы как внутри страны, так и за пределами нашего государства. Накопленный инновационный и технологический потенциал позволил нашей стране повысить уровень самодостаточности экономики в сложившихся внешнеполитических условиях», – отметил заместитель Министра.

Атомная эра для нашей страны вряд ли остановится только на Белорусской АЭС, заявил Денис Мороз. В соответствии с поручением Главы государства Министерством энергетики проводится достаточно кропотливая, скрупулезная работа по технико-экономическому обоснованию строительства второй атомной электростанции либо еще одного блока на площадке Белорусской АЭС. Замминистра выразил уверенность, что в 2025 году будет принято окончательное решение.

Перспективы сотрудничества Беларуси и России

Одной из значимых тем пленарного заседания стало сотрудничество Беларуси и России и его перспективы. В частности, **начальник Госатомнадзора Ольга Луговская** анонсировала проект союзной программы по созданию комплекса производства и аттестации детектирующего оборудования для мониторинга радиационной

обстановки в стране. Ожидаемые результаты – организация производства полупроводниковых детекторов, детекторов ионизирующего излучения на основе органических и неорганических сцинтилляторов. Совместно с российскими коллегами подготовлен проект программы по обеспечению безопасности при обращении с радиоактивными отходами. Организовано масштабное взаимодействие с базовой организацией СНГ в этой сфере – АО «ТВЭЛ».

Беларусь уделяет особое внимание сотрудничеству с Госкорпорацией «Росатом», отметила **заместитель председателя Государственного комитета по науке и технологиям Татьяна Столярова**. Реализуется комплексная программа белорусско-российского сотрудничества в области атомных неэнергетических и неатомных проектов. Она включает ряд мероприятий по таким направлениям, как аддитивные технологии, ядерная медицина, цифровизация и др. В ноябре 2024 года программа была дополнена мероприятиями в области совместной разработки программного обеспечения, цифровизации строительной отрасли, информационной безопасности, бесперебойного энергоснабжения объектов критической инфраструктуры.

Татьяна Столярова назвала еще целый ряд перспективных совместных проектов, в том числе в области проектирования и производства систем накопления энергии, и сообщила, что обсуждается разработка программ и проектов Союзного государства по таким направлениям, как электротранспорт, микроэлектроника, производство медтехники и др.

Совместно с «Росатомом» идет разработка научно-технологической программы Союзного государства по созданию технологической платформы для радионуклидной диагностики злокачественных новообразований. Подготовлено также совместное предложение по формированию программы, предусматривающей разработку платформенного решения «Региональное цифровое развитие».

Отдельного внимания заслуживает сотрудничество с Госкорпорацией по созданию в Беларуси республиканского центра аддитивных технологий общего доступа. Эти технологии открывают новые возможности для развития промышленности, ускорения производства, снижения затрат и улучшения эксплуатационных характеристик выпускаемой продукции.



Ольга Луговская,
начальник Госатомнадзора

В Беларуси формируется новая государственная программа, предусматривающая развитие инфраструктуры ядерной и радиационной безопасности, повышение безопасности объектов ядерного наследия, возрождение территорий, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС. Программа также будет включать разделы по совершенствованию систем обращения с РАО и радиационного контроля, радиационной защите, развитию кадрового потенциала и созданию инновационного кластера на этих территориях.

Тему партнерства Беларуси и России развил в своем выступлении **директор странового офиса Госкорпорации «Росатом» ООО «Русатом-Бел» Станислав Левицкий**. В частности, касаясь вопроса создания Центра аддитивных технологий в Республике Беларусь, он подчеркнул, что уже создано совместное предприятие и идет его оснащение технологическим оборудованием, более того, уже выполнен ряд заказов для предприятий Белорусской энергосистемы. Станислав Левицкий отметил, что открытие Центра обеспечит промышленный суверенитет Беларуси, сформирует условия для развития в республике нового направления и создаст новые рабочие места.

Цифровая трансформация энергосистемы

Форум продолжил работу в рамках круглого стола «Мирный атом и технологическая трансформация: от внедрения новейших технологий до производства высокотехнологичной продукции». Дискуссия развернулась вокруг вопросов цифровизации. Участники круглого стола обсудили основные направления цифровой трансформации отрасли, аспекты разработки информационных моделей электротехнического оборудования и строительных конструкций, механизмы повышения эффективности работы

Белорусской энергосистемы в условиях ввода БелАЭС, новые возможности в сфере импортозамещения и ряд других вопросов.

Выступая с докладом «Основные направления цифровой трансформации энергосистемы», **первый заместитель генерального директора – главный инженер ГПО «Белэнерго» Юрий Шмаков** констатировал, что в условиях, когда в республике генерируется достаточное для нужд потребителей количество электроэнергии, необходимо регулировать ее производство, передачу и распределение с учетом анализа спроса. Важно также обеспечить эффективное управление режимами энергосистемы, которое может быть осуществлено только с помощью цифровых технологий. «Нам предстоит завершить трансформацию энергосистемы в умный, интеллектуально насыщенный механизм, представляющий собой синергию электроэнергетической и информационной систем», – подвел итог спикер.

Конечной целью Юрий Шмаков назвал надежное, качественное, безопасное и эффективное энергоснабжение потребителей и создание благоприятных условий для прозрачного автоматизированного обмена информацией между всеми заинтересованными участниками процесса производства и потребления энергии.

*Подготовила Ольга Гончар
Фото Дарьи Лемеховой*



Станислав Левицкий,
директор странового офиса Госкорпорации «Росатом»
ООО «Русатом-Бел»:

Завершение строительства БелАЭС стало отправной точкой для нового витка сотрудничества России и Беларуси. Мы перешли на качественно иной уровень партнерства, которое охватывает целый ряд высокотехнологичных направлений, в том числе обращение с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом, цифровизацию процессов, создание производственно-кооперационных цепочек, импортозамещение и многое другое.



80-летию Великой Победы посвящается

2025 год ознаменован важнейшим событием – 9 мая исполнится 80 лет со дня Победы советского народа в Великой Отечественной войне. Для белорусов это не просто календарная дата, а символ национального единства и патриотизма.

В память о тех, кто заплатил за Победу высокую цену, журнал «Энергетическая стратегия» представляет новый проект, посвященный ветеранам электроэнергетической, газовой и торфяной отраслей, которые внесли вклад в приближение Великой Победы и послевоенное восстановление народного хозяйства республики. В течение года в рубрике «Беларусь помнит» будут публиковаться материалы о тех, кто прошел испытание войной.

Этот материал посвящен энергетикам Брестской области – ветеранам и участникам Великой Отечественной войны.

Самая большая награда - ЖИЗНЬ



События тех лет все дальше уходят в прошлое, покрываясь пылью времени, но каждый май напоминает нам о важности исторической памяти и непреходящей ценности мира. И хотя среди нас все меньше остается людей, которые помнят ту страшную войну, их суровый опыт запечатлен в статьях и книгах, музеях и фильмах, в памяти родных и близких. Сражаясь на фронтах и в партизанских отрядах, работая в подполье и на военных производствах, они не ждали награды. Их главной целью была свобода Родины, а самой большой наградой – жизнь.

Перешагнуть последний рубеж

Одной из завершающих стратегических операций войны стала Берлинская наступательная операция. С 16 апреля по 2 мая шли ожесточенные бои, затем был штурм Берлина и полная победа советских войск в самой кровопролитной войне в истории человечества.

Но и после падения берлинского гарнизона для многих война продолжилась – им пришлось освобождать Чехию и ее столицу. Пражская операция завершилась только 11 мая – через два дня после подписания акта о безоговорочной капитуляции фашистской Германии. Это был последний бой Великой Отечественной войны, в котором участвовали в том числе и граждане БССР.

ЛУКАШУК Георгий Иванович (07.04.1923–02.10.2009)



Георгий был призван в армию в августе 1944 года и после обучения радиотелеграфированию направлен в управление 1111-го гаубично-артиллерийского полка 171-й гаубично-артиллерийской бригады.

Боевое крещение Георгий Лукашук получил в ноябре 1944-го, при штурме немецких позиций западнее польского города Сандомира. За овладение Сандомирским плацдармом,

имевшим особое стратегическое значение, шли особенно тяжелые бои. Фашисты долгое время пытались «спихнуть» войска Красной армии с плацдарма, используя внушительные танковые силы. Но после «всеуничтожающей» бомбардировки враг был деморализован. Взятые в плен гитлеровцы давали показания, что после работы мощных советских орудий их солдаты и офицеры теряли самообладание и самовольно, не дожидаясь приказа, покидали окопы и траншеи.

Потом было участие в Висло-Одерской, Нижне-Силезской и Верхне-Силезской операциях, форсирование Одера и Нейсе. В составе передовых частей 1-го Украинского фронта под командованием Маршала И.С. Конева Георгий Иванович брал Берлин. После капитуляции Германии участвовал в освобождении Праги.

«Потом у меня была Прага и, конечно же, самый счастливый для всех бойцов салют Победы, – вспоминал Георгий Иванович. – Весна была в разгаре, все благоухало и было такое чувство, как будто ты впервые или заново увидел прелесть природы и ее земных красок. И хотелось, чтобы так было всегда».

Г.И. Лукашук демобилизовался в марте 1947 года в звании сержанта. После войны работал в Кобринском электросетевом районе Брестской ЦЭС электромонтером, техником, инженером по эксплуатации, без малого 24 года проработал мастером Кобринского УЭС.

ШПАК Василий Степанович (10.02.1925–16.10.2013)



Освобождать Прагу довелось и Василию Степановичу Шпаку. Ему было 16 лет, когда началась война. Подростку чудом удалось избежать угона в Германию.

В 1944 году, уже после освобождения родной деревни, Василий был призван в Красную армию. Воевать начал в составе 16-й батареи 50-й гвардейской тяжелой гаубичной артиллерийской Свирской бригады. Участвовал в боях на Сандомирском плацдарме, в Сандомирско-Силезской наступательной операции, дошел до Берлина. Но штурмовать столицу Германии не пришлось. Его бригаду перенаправили на юг, освобождать Прагу.

В битве за Чехословакию пали 12 тысяч красноармейцев, ранены были 40 тысяч. Пережившие последнее наступление теперь отмечают двойной праздник – День Победы и освобождение Праги.

Символично, что приказ о награждении Василия Степановича медалью «За боевые заслуги» был подписан именно 9 мая 1945 года. В 1985 году он был удостоен ордена Отечественной войны II степени.

В.С. Шпак служил в армии до 1950 года, затем вернулся на малую родину, последние пять лет перед уходом на пенсию работал в УП «Брестоблгаз».



ГРИЦОВЕЦ Николай Андреевич (17.03.1918–2011)



Николай Грицовец был призван в Красную Армию в октябре 1940 года, направлен в учебную батарею тяжелой дальноточной артиллерии. Познать все тонкости артил-

лерийского дела не успел: ему и всем его сокурсникам в срочном порядке присвоили звание сержанта и отправили на фронт под Смоленск. Двадцатилетних командиров выгрузили под Оршей и сразу бросили в бой.

Советские войска стояли насмерть, неся огромные потери в технике и живой силе. 14 июля 1941 года в бою Николая тяжело ранило. После выздоровления он вновь попросился на фронт. Как уроженца Западной Беларуси, хорошо владеющего польским языком, его отправили в формирующуюся Польскую Народную Армию, в первую артиллерийскую бригаду тяжелой дальноточной артиллерии имени БЭМа. Польская дивизия, в которой он воевал, прошла от Подмоковья до Берлина, освобождая белорусские города и села, Варшаву, Быдгощ. Свой боевой путь Николай Андреевич закончил на Эльбе.

После демобилизации Н.А. Грицовец вернулся на родину, работал на Барановичской ТЭЦ машинистом турбин, мастером котельного цеха, мастером по ремонту оборудования энергопоезда на строительстве Березовской ГРЭС, затем машинистом котлов на Барановичской ТЭЦ.

Без знаков воинских различий

Партизанское движение в Беларуси было мощным и имело общенародный характер. К концу войны в партизанских отрядах сражалось более 370 тысяч человек, а число от-

рядов превысило 1200. Вместе с партизанами в республике действовали подпольщики. По некоторым данным, в подполье работали и сражались около 70 тысяч человек. Недавние школьники собирали и передавали партизанам оружие, медикаменты, разведанные о размещении вражеских войск и передвижении эшелонов, совершали диверсии, уничтожали оккупантов и их технику, вели политическую агитацию среди населения.

ЖУК Иван Антонович (24.07.1933–15.09.2013)



Ивану вот-вот должно было исполниться восемь. Впереди у мальчишки было лето, обещавшее быть радостным, но ожиданиям не суждено было сбыться — на родную землю пришла война. Иван хорошо запомнил, как в деревню ворвались фашисты, запомнил грохот их кованых сапог, погромы и издевательства.

Его отца, работавшего до войны председателем сельсовета, арестовали и с двумя другими советскими работниками повели на расстрел. Но отец вступил в рукопашную и скрылся в ляховичском лесу. Гитлеровцы и полиция круглосуточно следили за его домом и домами родственников и соседей. Не добившись результата, враги перешли к террору семьи. Марии Адамовне, матери девятилетнего Ивана, ему самому и трехлетней сестре Ядвиге угрожали расстрелом и неоднократно имитировали казнь, вывозя в урочище Долгое.

Иван Антонович вспоминал: «В июле 1943 года мою мать со мной выводят в огород и приказывают выкопать яму для могилы. Производя над нами автоматные очереди, трижды приказывали ложиться и вставать из могилы. Пригрозили: если не расскажем, где отец, в следующий раз расстреляют».

Факты этих издевательств стали известны командованию отряда имени С.Р. Лазо, входившего в 19-ю бригаду имени В.М. Молотова. Семью взяли под опеку. Так Иван стал партизанским разведчиком и связным отряда. Он вспоминал: «Многое мне казалось интересным и забавным. Все-таки разведчик! Это потом уже пришло чувство страха, и понимание зловещего слова «смерть», и гордость за успех той или другой личной разведывательной операции».

В 1943–1944 годах бригада поддерживала действия войск 1-го Белорусского фронта на втором этапе операции «Багратион». Партизаны совершали крупные диверсии на железнодорожном участке Барановичи — Лунинец, на шоссе подрывали вражеские колонны и автомашины, уничтожали телефонно-телеграфные линии, участвовали в боях. И доля заслуг в успехе операции принадлежала юному разведчику-связному Ивану Жуку.

После войны И.А. Жук работал в Барановичских электрических сетях и пользовался особым уважением коллектива. При нем предприятие превратилось в мощный производственно-эксплуатационный комплекс с развитой социально-культурной структурой.

МАТУСЕВИЧ Софья Григорьевна (15.08.1923–19.10.2015)



Ей пришлось пройти через многие испытания. Когда война началась, Соня, работавшая на железнодорожной станции, стала добывать для партизан необходимую информацию. Кто-то донес немцам о связных, и ей пришлось вместе с мужем уйти в партизанский отряд имени Димитрова. Здесь она не только помогала по хозяйству, ухаживала за ранеными, стояла на посту, но и участвовала в боях. Было тяжело, но Софья Матусевич считала, что ей по-



везло – она встретила победу живой и здоровой.

Среди ее наград есть особенно почетная – звание «Мать-героиня». У Софьи Григорьевны пять сыновей, двенадцать внуков и пятнадцать правнуков.

После войны С.Г. Матусевич работала в разных организациях Березовского района, на пенсию ушла из торфобрикетного производственного управления «Березовское», где проработала около девяти лет.

Всё для фронта, всё для победы!

Под этим лозунгом в годы Великой Отечественной войны работали все предприятия страны. Промышленность практически полностью была переведена на военные рельсы. К станку становились все, в том числе подростки и дети. Работали по 12 часов в сутки в две смены. К марту 1942 года в стране был достигнут довоенный уровень производства оружия, техники и боеприпасов. Это стало результатом каждодневного трудового подвига работников тыла.

БУРЬЯНОВА Ольга Петровна (07.07.1921 – октябрь 2008)



Когда началась война, Ольге не исполнилось и двадцати. Она училась в Московском техническом институте легкой промышленности, а после его закрытия вместе с другими студентами по комсомольской путевке была направлена на военное производство. Первоначально Ольга Петровна работала в г. Киржаче, затем в г. Коврове на военном заводе по выпуску затворов оружейного оборудования для боевых самолетов. Два года и два месяца ее рабочий день составлял 12 часов в сутки.

После войны Ольга Бурьянова окончила институт, переехала в Брест и поступила рабо-

рантом химанализа на Брестскую электростанцию, которая тогда лежала в руинах. Ольга Петровна стала одной из первых, кто восстанавливал город, отстраивал разрушенные цеха и возводил новые, налаживал работу станции. Трудиться приходилось много, и все-таки для нее это были самые счастливые годы.

Родному предприятию О.П. Бурьянова отдала 42 года. В марте 1988 года коллектив Брестских тепловых сетей проводил ее на заслуженный отдых.

ГОЛОВКО Николай Леонтьевич (19.10.1925 – август 2014)



В 1944 году Николай Леонтьевич начал работать электромехаником диспетчерской связи на железнодорожной станции Барановичи-Центральные. Он обеспечивал бесперебойное прохождение военной техники и грузов, а также воинских подразделений на запад, к фронту.

Но самые яркие его впечатления связаны с окончанием войны. Нельзя забыть эшелоны с солдатами-победителями, бесконечной чередой шедшие через Барановичи. Фронтовики возвращались домой! «Об этом рассказать невозможно, это нужно видеть и слышать наяву», – говорил Николай Леонтьевич.

После войны Н.А. Головки трудился на Барановичской ТЭЦ. «Мне пришлось работать на станции в самое тяжелое для ее коллектива время, когда основным топливом был фрезерный торф. Вагоны прибывали с плотно слипшимися на морозе кусками торфа, и все силы бросались на штурм смерзшихся глыб. Но мы любили свою работу, поэтому работалось легко. Хотелось бы, чтобы помнили нас, тех, кто поднимал станцию с самого нуля», – вспоминал Николай Леонтьевич.

Барановичской ТЭЦ он отдал 40 лет своей жизни.

Спасибо за мир!

Они были молоды и у каждого из них впереди была жизнь, они мечтали и строили планы на будущее. Все это зачеркнула война. Сегодня имена погибших запечатлены на граните монументов, внесены в Книги Памяти, а те, кто вернулся с победой, самоотверженно восстанавливали разрушенную экономику, растили детей и внуков. Но мирная жизнь так и не смогла стереть из их памяти события тех далеких лет.

Вспомним и мы.

Богдан Николай Михайлович участвовал в освобождении Литвы и Латвии, разгроме немецко-фашистской группировки в Восточной Пруссии. **Вертинский Феликс Станиславович** был рядовым, прошел всю войну, демобилизован в звании майора. **Климов Леонид Александрович** участвовал в освобождении Бобруйска, Бреста, городов Польши. **Коломийцев Павел Константинович** был одним из руководителей партизанского движения в Беларуси, с марта 1943 года одновременно – секретарь Березовского подпольного райкома ЛКСМБ, после войны работал на руководящих должностях, в том числе начальником Березовской ЭМК по газификации. **Митрофанов Алексей Григорьевич** начал свой боевой путь в 1939 году в сражениях с японцами на реке Халхин-Гол, прошел Великую Отечественную с первого до последнего дня, освобождал Харьков, Смоленск, Витебск, польские города...

Невозможно перечислить всех поименно, но подвиг каждого из них – бессмертен.

Подготовила Ольга Гончар
по материалам СМИ,

РУП «Брестэнерго» и УП «Брестоблгаз»

Д.В. МЕЛЕХ,
заместитель начальника управления
регулирования воздействий на атмосферный
воздух, изменение климата и экспертизы
Министерства природных ресурсов и охраны
окружающей среды Республики Беларусь



ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ УЧЕТ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Понимая ограниченность природных ресурсов и важность сдерживания бесконтрольного роста их потребления, мировое сообщество пришло к идее устойчивого развития как всеобъемлющего комплекса мер, нацеленных на удовлетворение текущих потребностей человека при сохранении окружающей среды и ресурсов. В 2024 году Беларусь заняла 30-е место среди 166 стран в рейтинге достижения Целей устойчивого развития согласно Sustainable Development Report 2024, набрав 78,6 балла из 100 возможных.

Цели устойчивого развития и их взаимосвязь

В 2015 году Генеральная Ассамблея ООН приняла Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 года (Повестка-2030), включающую 17 целей в области устойчивого развития (ЦУР) и 169 задач по их достижению [1]. Соответствующие обязательства в рамках Повестки-2030 взяли на себя 193 государства – члена ООН, в том числе Республика Беларусь.

Между отдельными ЦУР существует взаимосвязь. Например, ЦУР 7 определяет необходимость всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии, а одна из задач этой цели предусматривает увеличение в два раза к 2030 году глобального показателя повышения энергоэффективности. Эта цель должна достигаться с учетом ЦУР 12 (обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства) и ЦУР 13 (принятие

срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями).

Одна из задач ЦУР 12 – к 2030 году добиться рационального освоения эффективного использования природных ресурсов. В свою очередь ЦУР 13 предполагает решение задач по включению в политику, стратегии и планирование на национальном уровне мер реагирования на изменение климата и по выполнению обязательств, вытекающих из Рамочной конвенции ООН об изменении климата и Парижского соглашения.



Совокупное решение этих задач способствует реализации на национальном уровне мер, предусмотренных Парижским соглашением, и снижению объема выбросов парниковых газов (далее – ВПГ).

С учетом того, что энергетика является основным источником ВПГ, актуальной задачей является ведение хозяйствующими субъектами отрасли учета совокупного объема ВПГ и его снижение в контексте современной мировой климатической повестки и Целей устойчивого развития.

Выбросы парниковых газов в Беларуси: общая ситуация и вклад энергетики

Вклад энергетического сектора в общенациональные ВПГ в Беларуси ежегодно составляет порядка 60 % без учета сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство», в котором происходит абсорбция (поглощение) ВПГ [2].

В секторе «Энергетика» ВПГ возникают при сжигании топлива, а также в результате его испарения при добыче, обработке и доставке до места конечного использования (летучие выбросы) [3].

Данные Национального статистического комитета Республики Беларусь о ВПГ за 1990–2022 годы представлены в таблице.

Энергетическая промышленность ежегодно формирует порядка 50 % ВПГ по сектору «Энергетика» и порядка 30 % общенациональных ВПГ без учета ЗИЗЛХ [2]. При этом энергетическая составляющая имеет самую высокую долю в объеме ВПГ каждой

организации, так как потребление электрической и тепловой энергии происходит повсеместно (рис. 1).

Изменения в порядке учета выбросов парниковых газов

В соответствии со статьей 77 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» при осуществлении хозяйственной и иной деятельности должны реализовываться мероприятия по предотвращению изменения климата, в том числе по сокращению ВПГ. Согласно статье 78 юридические лица и индивидуальные предприниматели должны вести производственный учет ВПГ из источников и их абсорбции поглотителями (далее – производственный учет).

Порядок ведения производственного учета был определен постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 9 марта 2021 г. № 137 «О регулировании выбросов парниковых газов». В феврале 2024 года постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27 февраля 2024 г. № 130 в него был внесен ряд изменений.

В частности, документом предусмотрено, что субъекты хозяйствования с общим объемом ВПГ за календарный год свыше 15 тыс. т эквивалента диоксида углерода должны осуществлять производственный учет, включающий в себя подготовку и утверждение паспорта и отчета по производственному учету. Так, данным субъектам следует:

- подготовить и утвердить паспорт производственного учета с расчетами ВПГ, обосновывающими их суммарное количество за предыдущий отчетный год;

СПРАВОЧНО

Согласно международной классификации ВПГ в секторе «Энергетика» при сжигании топлива (1.A) происходят в следующих категориях:

- энергетическая промышленность (1.A.1) – сжигание топлива при производстве электроэнергии и тепла с целью распределения потребителям;
- промышленность и строительство (1.A.2) – сжигание топлива в отраслях промышленности;
- транспорт (1.A.3) – сжигание топлива транспортом;
- прочее (1.A.4) – сжигание топлива при производстве электроэнергии и тепла для собственного использования в коммерческом/институциональном секторе, жилом секторе, а также в сельском и лесном хозяйстве.

- не позднее 1 апреля года, следующего за отчетным, составить в двух экземплярах отчет по производственному учету согласно форме и после утверждения направить в Минприроды для последующего анализа и использования в работе.

Это означает, что субъектам хозяйствования, подпадающим под осуществление производственного учета, требуется утвердить паспорт производственного учета с расчетами ВПГ за 2023 год (предыдущий отчетный) и до 1 апреля 2025 года представить отчет по производственному учету за 2024 год (отчетный). Представление отчета в текущем году будет осуществляться впервые, а далее – ежегодно.

Для предварительной оценки общего количества ВПГ за календарный год с целью определения, подпадает ли субъект хозяйствования под осуществление производственного учета, необходимо использовать коэффициенты, представленные в приложении 1 к постановлению № 137. При этом суммируются предварительно оцененные количества ВПГ от каждого производственного процесса и (или) вида хозяйственной и иной деятельности.

Для количественного определения ВПГ в рамках подготовки и ведения

Динамика выбросов парниковых газов в Беларуси в 1990–2022 годах, млн т эквивалента диоксида углерода (CO₂ экв.) в год

Сектор	1990	2010	2015	2020	2021	2022
Энергетика	105,3	59,9	56,2	56,7	58,5	55,1
Сельское хозяйство	30,0	21,0	20,5	21,3	21,3	21,3
Промышленные процессы и использование продуктов	5,7	5,8	6,0	6,2	6,2	5,8
Отходы	4,4	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0
Абсорбция ВПГ сектором «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ)	–22,3	–41,2	–38,5	–30,5	–36,5	–35,2
ВСЕГО:						
– без учета ЗИЗЛХ	145,3	91,9	88,1	89,8	91,9	88,2
– с учетом ЗИЗЛХ	123,1	50,7	49,6	59,3	55,4	52,9

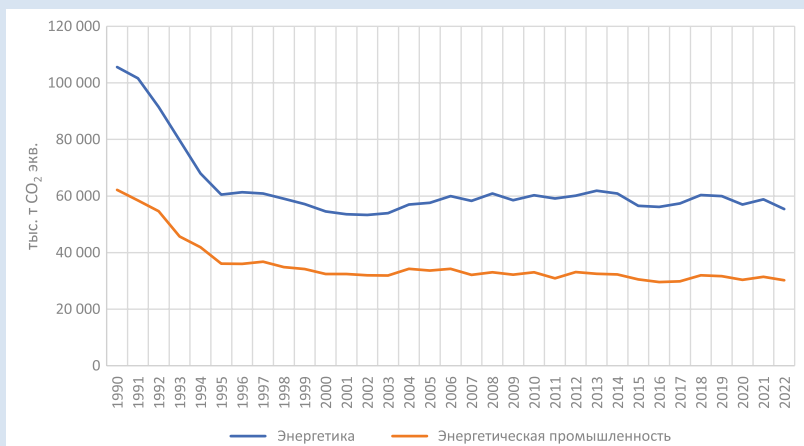


Рис. 1. Объемы выбросов парниковых газов по годам в секторе «Энергетика» и в категории «Энергетическая промышленность»

производственного учета субъектам хозяйствования необходимо использовать экологические нормы и правила ЭкоНП 17.09.08-001-2024 «Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Требования (правила) количественного определения выбросов парниковых газов», утвержденные постановлением Минприроды от 28 марта 2024 г. № 8-Т.

При обнаружении каких-либо разночтений в постановлении № 137 и ЭкоНП необходимо руководствоваться положениями, содержащимися в постановлении, поскольку оно имеет большую юридическую силу. Например, ЭкоНП содержат требования по количественному определению выбросов метана от очистки промышленных сточных вод. Однако

категория «Очистка промышленных сточных вод» не включена в перечень производственных процессов и (или) видов хозяйственной и иной деятельности, по которым ведется производственный учет, поэтому расчет выбросов метана от этого источника необязателен.

Форма отчета по производственному учету включает представление данных:

- о мероприятиях (изменениях), влияющих на количество ВПГ,
- о произведенной продукции за отчетный год;
- об объеме ВПГ от каждого вида продукции.

Эта информация необходима для отслеживания динамики эффективности использования ресурсов и установ-

ления условий ограничения ВПГ в отношении субъектов хозяйствования.

Таким образом, осуществление производственного учета направлено на отслеживание динамики сокращения ВПГ, которое в соответствии со статьей 76 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» достигается путем внедрения наилучших доступных технических методов, способствующих устойчивому развитию энергетики.

Список литературы

1. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года [Электронный ресурс]: принята резолюцией A/RES/70/1 Генер. Ассамблеи, 25 сентября 2015 г. // Организация Объединенных Наций. — Режим доступа: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_ru.pdf. — Дата доступа: 07.02.2025.
2. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2022 гг. [Электронный ресурс]: М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, РНИУП БелНИЦ «Экология» // Организация Объединенных Наций. — Режим доступа: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NID%20BLR_1990-2022.pdf. — Дата доступа: 07.02.2025.
3. Руководящие принципы проведения национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК 2006 г. [Электронный ресурс]: Межправительственная группа экспертов по изменению климата // Организация Объединенных Наций. — Режим доступа: https://un-gsp.org/sites/default/files/documentos/ghg_booklet_russian_final.pdf. — Дата доступа: 07.02.2025.

НОВОЕ ИЗДАНИЕ

ТКП 608-2025 (33240)

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ.

Правила по обеспечению безопасности при эксплуатации



ОЗНАКОМИТЬСЯ

с документами можно
в ЭИС «Энергододкумент»
energodoc.by

ЗАКАЗАТЬ

- в редакции по телефонам:
+375 17 286-08-28 (многоканальный)
+375 29 399-11-04, +375 33 319-11-04
- на сайте energodoc.by

МАЛЫЕ МОДУЛЬНЫЕ РЕАКТОРЫ: НАРАБОТКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Одним из самых заметных трендов в ядерной сфере за последнее десятилетие стало развитие малых модульных реакторов. 21–25 октября 2024 года в Международном агентстве по атомной энергии (МАГАТЭ) прошла международная конференция «Малые модульные реакторы и их применение», в ходе которой состоялось обсуждение текущего положения дел и перспектив развития этого направления. В основу настоящей статьи легли результаты конференции, обобщенные в публикации «Малые модульные реакторы: достижения в развитии MMP в 2024 году» («Small modular reactors: advances in SMR developments 2024»), а также ряд других материалов МАГАТЭ.

В настоящее время страны – лидеры атомной отрасли активно ведут разработки технологий и проектных решений, главной идеей которых является «упаковка» производства ядерной энергии в существенно меньшие размеры по сравнению с современными энергоблоками АЭС большой мощности. Ожидается, что рынок малых модульных реакторов (ММР) будет быстро развиваться, подпитываемый инновациями и растущим спросом на энергию, а также на неэнергетическое применение ядерных технологий.

Интерес к ММР демонстрируют как отдельные страны (их уже более 25), так и конечные пользователи. В числе последних – крупные технологические компании, которые создают центры обработки данных, занимаются развитием цифровой сферы и нуждаются в надежных поставках энергии.

Преимущества технологии

Малые модульные реакторы – это современные ядерные реакторы мощностью до 300 МВт (эл.), что составляет примерно одну треть от мощности больших ядерных энергетических реакторов. Они в несколько раз меньше традиционных реакторов АЭС и проектируются с использованием модульной технологии.

Основные преимущества ММР связаны с их конструкцией. Они занимают небольшую площадь по сравнению с традиционными реакторами, их можно устанавливать в местах, не подходящих для крупных атомных

станций. Сборные блоки ММР можно изготовить заранее, а затем привезти и смонтировать на нужной площадке. По сравнению с сооружением реакторов большой мощности такой вариант значительно более доступен с точки зрения материальных, трудовых и временных затрат. Кроме того, количество ММР можно увеличивать постепенно, в соответствии с растущим спросом на энергию.

В районах, где нет достаточного количества ЛЭП и сетевых мощностей, малые реакторы могут быть подключены к существующей электросети или работать автономно, генерируя низкоуглеродную энергию для промышленности и населения. В подобных условиях целесообразно применять такую разновидность ММР, как микрореакторы.

По сравнению с традиционными ядерными установками предлагаемые конструкции ММР являются в целом более простыми, а концепция безопасности для них в большей степени опирается на пассивные системы и такие внутренние характеристики, как малая мощность и низкое рабочее давление. Для отключения ММР и дальнейшего обеспечения его безопасности не требуется вмешательства человека или внешней силы, это происходит за счет процессов естественной циркуляции, конвекции, гравитации и повышенного давления.

Топливо в ММР перегружается раз в 3–7 лет, в то время как на традиционных станциях – каждые 1–2 года. Некоторые малые реакторы спроектированы таким образом, что могут работать без перегрузки до 30 лет.

Типы малых модульных реакторов

По данным МАГАТЭ, сейчас в мире разработаны или находятся в стадии проектирования свыше 80 схем ММР, которые отличаются друг от друга мощностью и задачами (производство электроэнергии и пара, отопление, опреснение воды и др.). Лицензии на разработку ММР имеют компании России, США, Китая, Великобритании, Южной Кореи и Ганы.

В семейство ММР входят следующие типы реакторов:

- наземные с водяным охлаждением;
- морские с водяным охлаждением;
- газоохлаждаемые;
- на быстрых нейтронах с жидкометаллическим охлаждением;
- на расплавленных солях;
- микрореакторы.

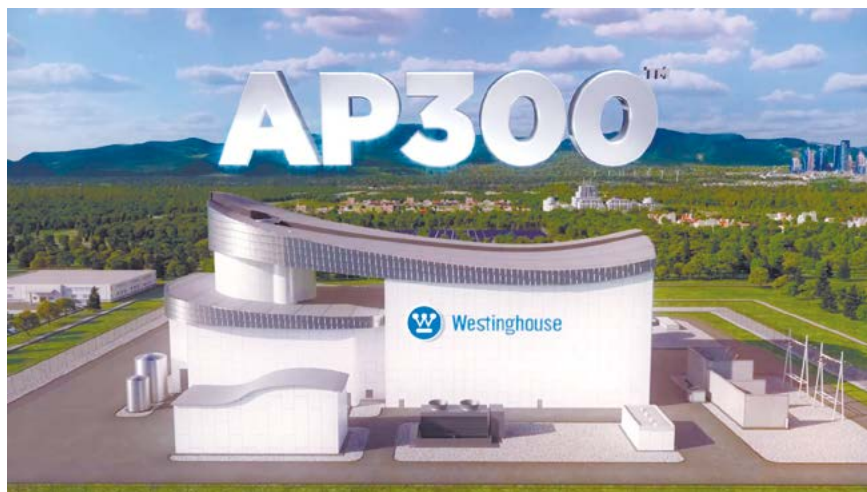
Наземные ММР с водяным охлаждением. Проекты таких ММР предполагают использование легководных (LWR) и тяжеловодных (HWR) реакторов. Данные технологии хорошо отработаны и часто применяются в современных больших реакторных установках. В девяти странах реализуются или находятся в разработке 14 проектов водоохлаждаемых ММР наземного базирования, включая интегральные PWR с водой под давлением, компактные и петлевые PWR, кипящие реакторы (BWR) и бассейновые PWR для централизованного теплоснабжения.

Интегральный PWR CAREM строится в Аргентине, его выход на первую критичность (стабильную ядерную

реакцию на очень низкой мощности) запланирован на 2028 год. Сооружение малого реактора АСР100 началось в 2021 году в Китае, его ввод в эксплуатацию планируется в 2026-м. Среди других проектов, находящихся в разработке, – РИТМ-200Н (Россия), NuScale VOYGR, Westinghouse AP300, GE-Hitachi BWRX-300 (США), Rolls-Royce SMR (Великобритания), EDF-NUWARD (Франция).

Морские ММП с водяным охлаждением. На сегодняшний день существует шесть концепций ММП морского базирования. Эти проекты представляют собой плавучие энергоблоки на барже, что предполагает гибкие варианты их развертывания.

Среди них выделяются два блока КЛТ-40С мощностью 35 МВт каждый, которые эксплуатируются с 2020 го-



Модель здания с реактором Westinghouse AP300

да на плавучей атомной электростанции (ПАТЭС) «Академик Ломоносов» в Певеке (Чукотский ав-

тономный округ России). Помимо электроэнергетики ПАТЭС способна вырабатывать порядка 50 Гкал/ч тепловой энергии, а также производить из морской воды до 240 тыс. м³ пресной в сутки.

В число стран, развивающих морские ММП с водяным охлаждением, входят Китай, Южная Корея и США.

Газоохлаждаемые ММП. В настоящее время разрабатываются или эксплуатируются 14 высокотемпературных газоохлаждаемых ММП с реакторами типа GCR или HTGR, которые генерируют тепло температурой 750°C для преобразования в электроэнергию или обеспечивают когенерацию, то есть одновременную выработку электрической и тепловой энергии.

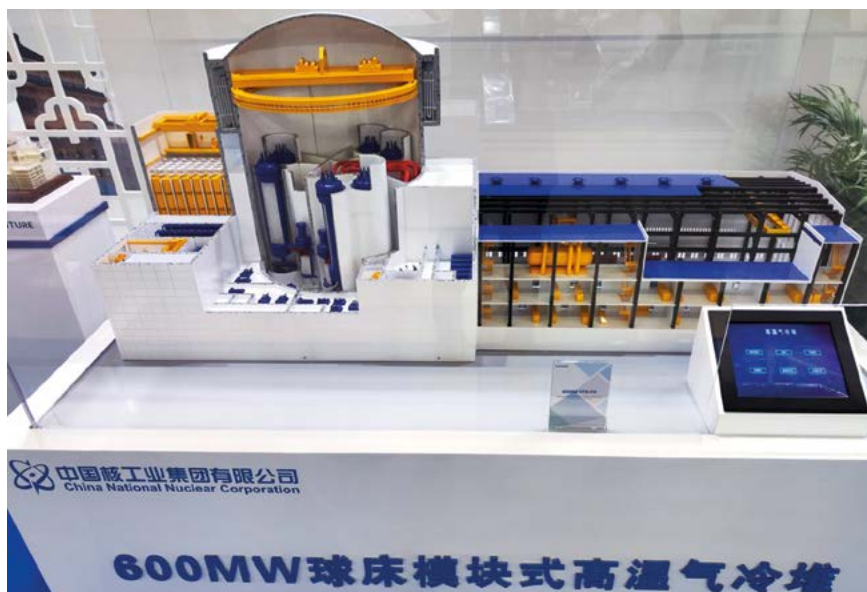
Высокотемпературный реактор HTR-PM с шаровыми топливными элементами, построенный в Китае, был подключен к сети в декабре 2021 года и с 2022-го работает на полной мощности. Два других испытательных реактора HTGR (в Японии и Китае) функционируют уже более 20 лет.

ММП на быстрых нейтронах с жидкометаллическим охлаждением. Сегодня осуществляется или планируется реализация 10 проектов ММП на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем (натрий, чистый свинец, свинец-висмут).

Так, в г. Северске (Россия) строится реактор на быстрых нейтронах БРЕСТ-ОД-300 со свинцовым охлаждением. Разрабатываются также проекты аналогичного реактора Newcleo во Франции и реактора с натриевым охлаждением Oklo в США.



ПАТЭС «Академик Ломоносов»





Макет реактора БРЕСТ-ОД-300

ММР на расплавленных солях.

Одиннадцать проектов предусматривают применение реакторов на расплавах солей, которые одновременно играют роль топлива и охладителя. Реакторы такого типа имеют однофазные системы охлаждения низкого давления, характеризуются повышенной безопасностью, высокой эффективностью и гибким топливным циклом. Подобные ММР проектируются в Великобритании, Дании, Канаде, Нидерландах, США и Франции. Один проект в США вошел в стадию строительства.

Микрореакторы. Эти реакторы обладают мощностью до 30 МВт (тепл.) и/или до 10 МВт (эл.) и используют различные охлаждающие жидкости, включая легкую воду, гелий, расплавленную соль и жидкий металл.

Микрореакторы занимают меньшую площадь, чем другие ММР, и подходят для районов, в которых надежная и недорогая энергия недоступна. Кроме того, они могут использоваться в качестве резервного источника питания в чрезвычайных ситуациях или вместо

дизельных электрогенераторов, например, в сельской местности или на удаленных предприятиях.

В настоящее время в разработке находятся 13 проектов микрореакторов. Несколько таких ММР проходят лицензирование в Канаде и США для краткосрочного развертывания.

ММР и большие реакторы

По прогнозам МАГАТЭ, при наиболее благоприятном сценарии развития энергетики общая мощность генерации за счет ядерных источников к середине столетия увеличится более чем вдвое: с 371 ГВт (эл.) в 2022 году до 890 ГВт (эл.) в 2050-м. При этом ожидается, что лишь около 10 % этого прироста придется на ММР.

Масштабирование ядерной энергетики до уровня, необходимого для достижения нулевых выбросов CO₂, является важным начинанием. Лидерами в этом начинании должны и будут оставаться большие реакторы. В XX веке они сыграли центральную роль в развитии атомной отрасли и в ближайшие годы продолжат доминировать в ней. Из 58 строящихся в мире реакторов почти все имеют мощность 1 ГВт или более. При этом многие из стран, где сооружаются традиционные АЭС, параллельно рассматривают возможность строительства ММР.

Малые реакторы особенно подходят для обеспечения электроэнергией конечных пользователей в промышленности и удаленных населенных пунктов с маломощными потребителями, а также для неэнергетических целей, таких как производство водорода и опреснение морской воды. Однако потребуются подтверждение на практике преимуществ ММР и их безопасности перед более широким развертыванием.

Одним из драйверов развития ММР являются цифровые технологии. Дата-центры, искусственный интеллект, криптовалюты уже сейчас стимулируют рост спроса на электроэнергию. В 2022 году на эти направления пришлось 2 % мирового электропотребления, и эта цифра, согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), к 2026 году может удвоиться.

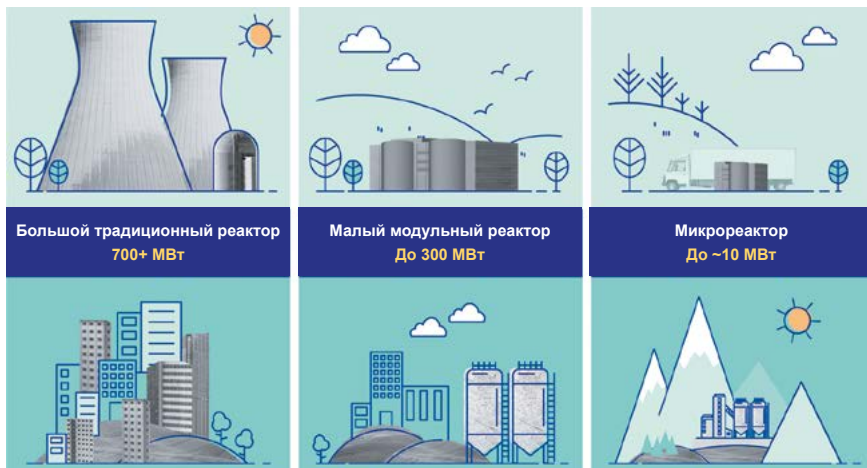
Так, по оценкам МЭА, в 2022 году центры обработки данных потребили около 460 ТВт·ч. В будущем году этот показатель может превысить 1000 ТВт·ч, что составляет более трети выработки всех АЭС в мире и примерно эквивалентно общему объему электропотребления такой страны, как Япония.

Заключение

Развитие малых модульных реакторов представляется перспективным направлением. Уже сейчас данная технология востребована, несмотря на ограниченное число действующих реакторов такого типа и необходимость дальнейшего подтверждения на практике их преимуществ и безопасности. Технологические решения для ММР отличаются большой вариативностью, что позволяет оптимально подбирать тип установки под конкретную задачу. При этом малые реакторы не конкурируют с большими, а имеют свои специфические ниши, в том числе связанные с неэнергетическим применением ядерных технологий.

Несмотря на прогноз МАГАТЭ о небольшой (10 %) доле ММР в приросте ядерной генерации к 2050 году, эта доля будет являться важным вкладом в достижение мировых целей по обеспечению доступности энергии и минимизации выбросов углерода.

**Подготовлено
по материалам МАГАТЭ**



Ю.А. СТАНЕЦКАЯ,
старший преподаватель
кафедры «Теплогазоснабжение и
вентиляция» БНТУ



А.И. ТУРОВЕЦ,
м.ф.-м.н., директор
ООО «Экоинжиниринг-строй»



ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ

В настоящее время в мире активно стимулируется использование возобновляемых источников энергии. Этот процесс приобрел глобальный характер. Основными причинами такого положения дел являются современная климатическая повестка (изменение климата с неблагоприятными последствиями, ухудшение экологической ситуации, усилия международного сообщества по защите окружающей среды на благо нынешнего и будущих поколений), а также увеличение потребления минеральных ресурсов и их истощаемость.

В большинстве стран производство электроэнергии базируется на ископаемых источниках топлива. В то же время объем электроэнергии, вырабатываемой из возобновляемых источников, быстро растет.

Климатические и экологические факторы могут поставить под угрозу устойчивость экономики, оказывая негативное воздействие на производительность труда, предложение рабочей силы, промышленное производство и доход на душу населения. В 2015 году 197 стран мира подписали Парижское климатическое соглашение, согласно которому необходимо принять все возможные меры, чтобы к 2100 году средняя температура на планете не превысила доиндустриальные значения на 1,5–2,0 °C.

Одним из путей решения проблемы является обложение налогом любой экономической деятельности, приводящей к выбросам углерода. По мнению ряда ученых, со временем необходимо отказаться от использования ископаемого топлива, заменив его возобновляемыми источниками не позднее 2050 года.

Тенденции развития возобновляемой энергетики

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это природные источники энергии: водные потоки, ветер, солнце, приливы и отливы, биомасса, сточные воды и отходы, а также тепло земных недр [1].

Как показано на рисунке 1, доля производства электроэнергии на ВИЭ высока в ряде стран Африки, Южной Америки, Европы и Азии (рис. 1 [2]). Анализируя приведенные данные, можно отметить, что ВИЭ доминируют либо в слаборазвитых экономиках с отсутствующим центральным энергоснабжением, либо там, где обеспечивается стабильное производство возобновляемой энергии.

Несмотря на серьезные вызовы, связанные в том числе со сложностью интеграции ВИЭ в действующие энергосистемы и нестабильностью возобновляемой генерации, в мире с начала 2000-х годов наблюдается тенденция роста доли производства энергии с применением ВИЭ (рис. 2).

При использовании ВИЭ энергосистема должна достичь баланса между

прерывистой выработкой и изменяющейся нагрузкой. Когда предложение меньше спроса, следует снижать нагрузку, в обратном случае – снимать ограничения на выработку для поддержания безопасной и стабильной работы энергосистемы. Неспособность обеспечить в реальном времени баланс между предложением и спросом на энергию остается фундаментальной причиной простоя ветровых и солнечных мощностей.

В то же время стоимость производства электроэнергии за счет ВИЭ с учетом всех ожидаемых затрат с 2010-х годов значительно снизилась (рис. 3). Во многом это произошло благодаря совершенствованию зеленых технологий. Стоимость энергии, произведенной за счет ВИЭ и углеводородов, стала сопоставима, что дает

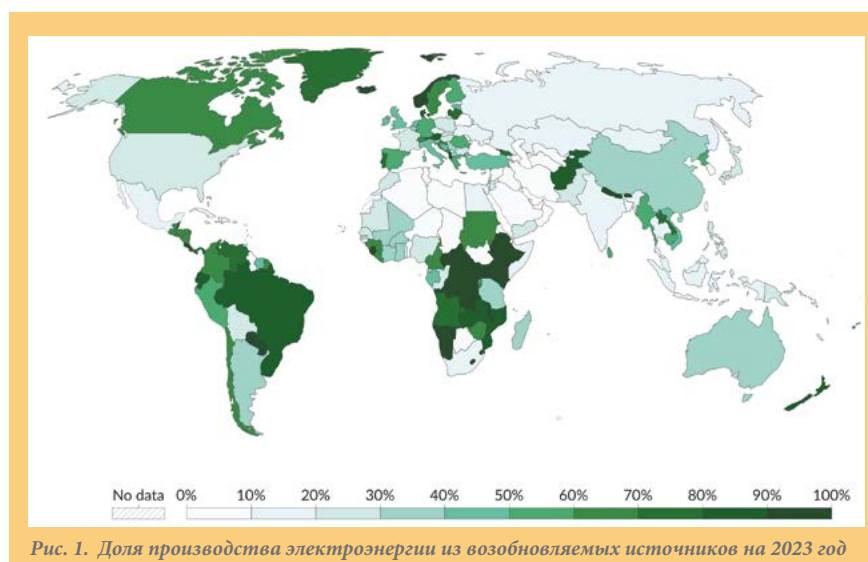


Рис. 1. Доля производства электроэнергии из возобновляемых источников на 2023 год

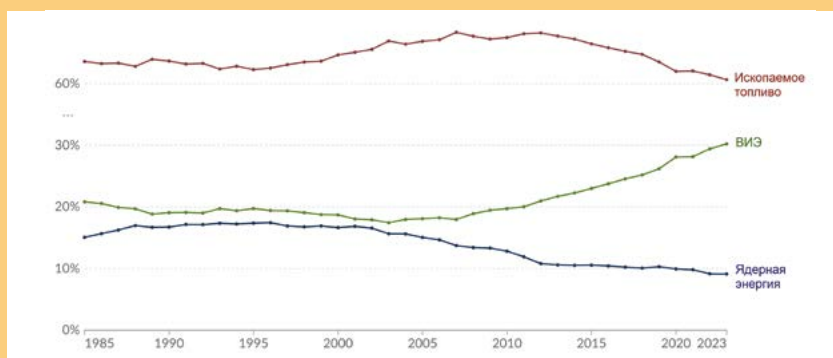


Рис. 2. Доля производства электроэнергии из ископаемого топлива, возобновляемых источников энергии и ядерной энергии

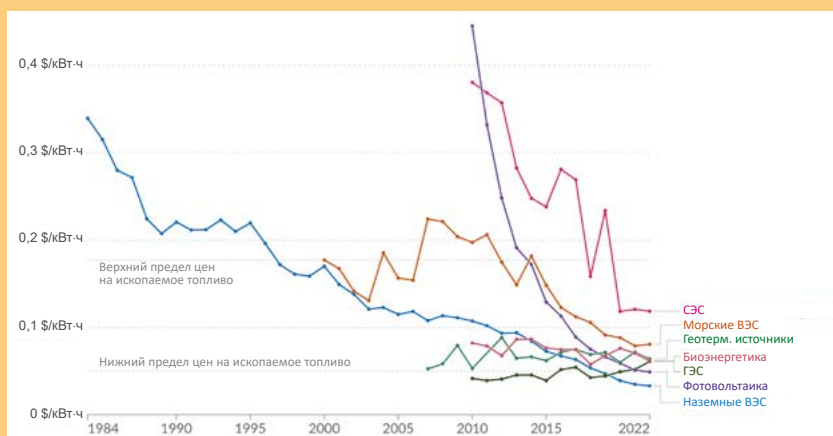


Рис. 3. Мировая средневзвешенная стоимость электроэнергии из различных возобновляемых источников

возможность альтернативной энергетике конкурировать с традиционной.

В условиях рынка использование и развитие ВИЭ должно быть прежде всего экономически выгодно. В то же время оно не всегда экономически эффективно, особенно на первых этапах развертывания, поэтому в ряде стран были созданы инструменты для содействия развитию зеленой энергетики: механизмы поддержки увеличения мощностей, схемы поддержки тарифов для ВИЭ и др. Подробно об использовании данных механизмов в Европе написано, например, в [5, 6].

Следует отметить, что к низкоуглеродным источникам энергии относят и ядерную энергетику, которой отведена значимая роль в достижении мировых целей по нулевому уровню выбросов углерода. На момент подготовки статьи в мире эксплуатировалось 417 ядерных энергетических реакторов общей мощностью около 377 ГВт, которые вырабатывали 2653 ТВт·ч электроэнергии (около 10 % мирового производства). Мощности ядерной энергетики растут: в настоящее время в разных странах строится свыше 60 реакторов, больше всего в Китае, России, Индии.

В соответствии с Директивой по возобновляемым источникам энергии ЕС в 2030 году доля ВИЭ должна составить не менее 42,5 % (желательно 45 %), но уже сейчас этот сектор в европейских странах отстает от целевых показателей.

Гидроэнергетика

ГЭС играют важную роль в мировой энергетике и в настоящее время производят около 650 ТВт·ч в год. Крупнейшие ГЭС расположены в Китае, Южной Америке, США, России и Канаде.

Одним из основных препятствий для распространения гидроэнергетики является ее воздействие на окружающую среду, которое включает затопление территорий, изменение русел, стока и температурного режима рек, а также создание преград свободному перемещению организмов, населяющих речные экосистемы.

К 2040 году 25 из 120 крупнейших речных систем мира могут пострадать от строительства плотин (большинство – в Южной Америке). Это приведет к тому, что глобальное ко-

личество свободно текущих речных систем сократится на 21 %.

Ветроэнергетика

Европейский союз первым стал широко использовать энергию ветра для получения электричества и долгое время лидировал в отрасли. Но за последние годы крупнейшим обладателем технологий и производителем в этой области стал Китай, где по состоянию на 2020 год установлено 281 ГВт мощностей.

Сегодня Евросоюз вынужден закупать в КНР сырье и компоненты для ветроэнергетики, например редкоземельные металлы (германий, галлий, неодим и др.). Это обстоятельство оказывает сильное влияние на связанные с ВИЭ проекты Европейского союза. Растущие затраты, задержки в цепочках поставок, низкие цены на электроэнергию на аукционах привели к отмене ряда морских и континентальных ветроэнергетических проектов.

США также сталкиваются с дефицитом оборудования для ветроэнергетики – из-за конкуренции с Китаем запрещен импорт комплектующих из этой страны, хотя на рынке почти нет альтернатив. Китай же, напротив, испытывает проблемы перепроизводства.

Солнечная энергетика

В гелиоэнергетике ситуация схожа с той, что складывается в ветроэнергетике (рис. 4). Лидером в этом секторе является Китай. Так, по состоянию на 2020 год в КНР введено 253 ГВт солнечных мощностей.

Китай также контролирует более 80 % поставок солнечных панелей и их компонентов в настоящее время, хотя до 2010 года в числе лидеров были европейские производители. В 2013 году Европейская комиссия ввела временные антидемпинговые пошлины на продукцию из КНР. На это китайское правительство пригрозило ответными мерами в отношении продукции из ЕС. В результате в 2018 году от пошлин вообще отказались, что вызвало почти полное замещение на рынке европейской продукции китайской.

ЕС пытается уйти от зависимости, делая ставку на собственные проекты, такие как завод Enel по производству солнечных панелей на Сицилии.

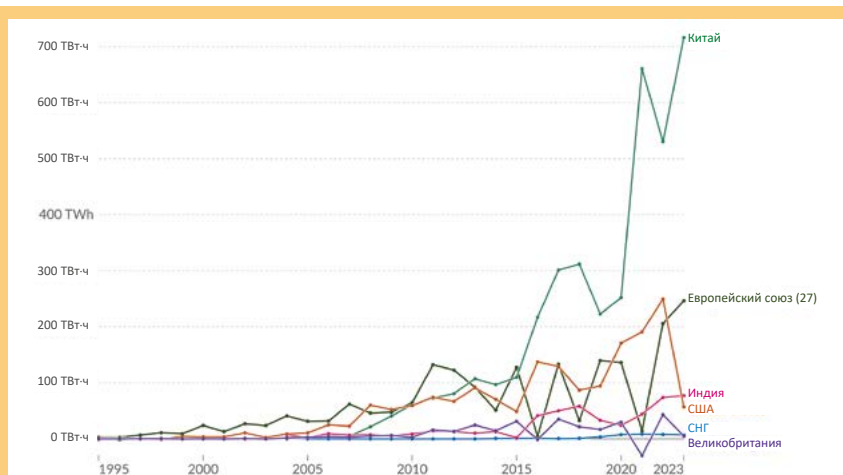


Рис. 4. Суммарное производство солнечной и ветровой энергии по регионам мира

При этом европейские производители по-прежнему зависят от компонентов китайского происхождения, без которых сборка панелей невозможна.

Значимой проблемой является утилизация солнечных панелей. По прогнозам, к концу 2050 года совокупные глобальные потоки отходов фотоэлектрики достигнут 60–78 млн т. В тройку стран с наибольшим их объемом войдут Китай, Германия и Япония.

Солнечные панели включают кремниевые фотоэлементы, металлический каркас, листы стекла, провода, оргстекло. В отличие от металла, стекла и пластика кремниевые пластины в целом не подлежат вторичной переработке, хотя некоторые компании научились расплавлять их и восстанавливать кремний и металлы.

Значительная часть фотоэлектрических отходов в настоящее время выбрасывается. Так, при переработке по технологии FRELP из 1000 кг отходов кремниевых фотоэлектрических панелей не подлежат переработке 372,38 кг (около 40 %), в том числе: жидкие отходы (306,13 кг), шлак (50,25 кг), загрязненное стекло (14 кг), летучая зола (2 кг). При этом шлак и зола относятся к опасным отходам [13].

Заключение

Дискурс о переходе на ВИЭ весьма поляризован. Часть исследователей критикуют его, называя экономически, технологически или институционально неосуществимым [7–9]. Поднимаются вопросы о способности справляться с нестабильностью генерации на ВИЭ, возможном воздействии этих источ-

ников на окружающую среду и о том, как рынки могут интегрировать зеленую энергию. С другой стороны утверждается, что переход к широкому использованию ВИЭ осуществим как экономически, так и технологически [10–12], а большинство ограничений для каждого вида ВИЭ можно преодолеть в ближайшей перспективе.

Между тем очевидно, что воспользоваться преимуществами возобновляемой энергетики можно при условии дальнейшего развития зеленых технологий, увеличения финансирования этого сектора энергетики и формирования общественной осведомленности. Быстро и безболезненно отказаться от ископаемого топлива не получится ввиду разных уровней экономического развития стран и ряда политических причин.

Чем больше в энергосистеме источников переменной генерации (СЭС и ВЭС), тем больше такая система требует гибких гарантированных мощностей для их балансировки. Эти мощности могли бы быть обеспечены за счет энергии воды (гидроаккумулирующие электростанции), земных недр, биомассы и накопителей энергии, однако в настоящее время это недостижимо. Выходом может стать рациональное совмещение использования ВИЭ, вторичных энергетических ресурсов и энергосберегающих технологий с развитием ядерной энергетики.

Список литературы

1. Кундас, С.П. Основы энергосбережения и нетрадиционные источники энергии: учеб.-метод. пособие / С.П. Кундас. – Минск: БНТУ, 2020. – 391 с.
2. International Renewable Energy Agency [Electronic resource]: processing by

World in Data. – Mode of access: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>. – Date of access: 12.02.2025.

3. Ember [Electronic resource]: Open Data System. – Mode of access: <https://ember-energy.org>. – Date of access: 12.02.2025.
4. Statistical Review of World Energy (2023) [Electronic resource]: processing by World in Data / Energy Institute. – Mode of access: <https://www.energyinst.org/statistical-review>. – Date of access: 12.02.2025.
5. Effectiveness and efficiency of support schemes in promoting renewable energy sources in the Spanish electricity market [Electronic resource] / E. Rosales-Asensio [et al.]. – International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – Vol. 158. – 2024. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2024.109926>. – Date of access: 12.02.2025.
6. A review of equity in electricity tariffs in the renewable energy era [Electronic resource] / M. Ansarin [et al.]. – Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Vol. 161. – 2022. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112333>. – Date of access: 12.02.2025.
7. The renewable energy policy Paradox [Electronic resource] / J. Blazquez [et al.]. – Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Vol. 82. – 2018. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.002>. – Date of access: 12.02.2025.
8. Burden of proof: A comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems [Electronic resource] / B.P. Heard [et al.]. – Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Vol. 76. – 2017. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.114>. – Date of access: 12.02.2025.
9. Harjanne, A. Abandoning the concept of renewable energy [Electronic resource] / A. Harjanne, J.M. Korhonen. – Energy Policy. – Vol. 127. – 2019. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.12.029>. – Date of access: 12.02.2025.
10. Zappa, W. Is a 100% renewable European power system feasible by 2050? [Electronic resource] / W. Zappa, M. Junginger, M. van den Broek. – Appl. Energy. – Vol. 233–234. – 2019. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.109>. – Date of access: 12.02.2025.
11. Aghahosseini, A. Towards sustainable development in the MENA region: Analysing the feasibility of a 100% renewable electricity system in 2030 [Electronic resource] / A. Aghahosseini, D. Bogdanov, C. Breyer. – Energy Strategy Reviews. – Vol. 28. – 2020. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100466>. – Date of access: 12.02.2025.
12. Full energy sector transition towards 100% renewable energy supply: Integrating power, heat, transport and industry sectors including desalination [Electronic resource] / D. Bogdanov [et al.]. – Appl. Energy. – Vol. 283. – 2021. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116273>. – Date of access: 12.02.2025.
13. Review on recycling of solar modules/panels [Electronic resource] / A. Divya [et al.]. – Solar Energy Materials and Solar Cells. – Vol. 253. – 2023. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.112151>. – Date of access: 12.02.2025.

П.А. КАБАНОВ,
директор филиала
«Учебный центр»
РУП «Витебскэнерго»



М.М. БАХОЛДИНА,
заместитель
директора по учебной
части филиала
«Учебный центр»
РУП «Витебскэнерго»



Е.Н. КАПЕШКО,
начальник учебно-
методического отдела
филиала «Учебный центр»
РУП «Витебскэнерго»



ВОЗМОЖНОСТИ IT-ФАСИЛИТАЦИИ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ВЗРОСЛЫХ

Учить – значит провоцировать изменения в учениках.

К. Роджерс

С расширением информационного пространства, развитием инженерной мысли и технологий, глобальным распространением цифровизации на все сферы жизни человека современная действительность приобретает особые черты – сложность, изменчивость, сверхконкурентность и непредсказуемость. В таких условиях планировать и прогнозировать результат производственного процесса становится все труднее, а работа по устоявшемуся шаблону приносит все меньший эффект. Возникает потребность в специалистах нового поколения, мыслящих творчески и неординарно.

Для того чтобы оставаться востребованным в профессии и успевать за новыми трендами, человеку уже недостаточно планомерно заниматься профессиональным саморазвитием, ему требуются более гибкие, инновационные способы и подходы, позволяющие оперативно корректировать свои умения и навыки. Поэтому сегодня как никогда актуален вопрос эффективного обучения персонала.

Образование – консервативная среда, однако, когда традиционные методы обучения уже не справляются с задачей быстрой и качественной подготовки работников, именно эта среда становится благодатной почвой для разработки и внедрения новых действенных инструментов. На наш взгляд, одним из таких инструментов является метод фасилитации.

Фасилитация: понятие и принципы

В педагогику понятие «фасилитация» (от англ. facilitate – облегчать, помогать, способствовать) пришло из психологии. Разработку концепции педагогической

фасилитации начал в 1950-х годах один из основоположников гуманистической психологии К. Роджерс. С увеличением интереса к командной работе и переосмыслением роли лидера в коллективе метод фасилитации стал все шире применяться в профессиональной среде. Это обусловлено его очевидными преимуществами – он создает условия для повышения интереса к результатам деятельности, способствует творческому поиску и обработке информации, формирует умение нестандартно рассуждать, искать новые грани проблем в известном материале. Метод «напрямую связан с вопросами человеческой эффективности и мотивации» [1].

Сегодня под фасилитацией чаще всего понимают способ организации групповой работы, направленный на эффективное решение вопросов повышенной сложности и важности, а также использование различных подходов, которые помогают работающим в группе людям вести общую мыслительную деятельность, приходить к общим решениям, создавать и совершенствовать свои идеи [1].

Об эффективности такой работы, как правило, свидетельствует сокращение времени на поиск решений и повышение качества результатов. Растет личная ответственность участников за принятие решений, их удовлетворенность процессом и результатами групповой работы, как следствие, улучшаются межличностные отношения в группе [2].

Фасилитация основывается на следующих принципах:

- сотрудничество и взаимное уважение;
- сохранение индивидуальности каждого участника;
- коллективный результат работы (решения и результаты работы принадлежат всем участникам группы и поддерживаются всеми);
- взаимопонимание (позволяет мыслить с позиции другого человека и способствует формулированию новых идей, отвечающих интересам всех сторон);
- взаимоприемлемость решений;
- ориентация на действие;
- общая ответственность за принятое решение [3].

Наряду с традиционными образовательными методами фасилитация и ее приемы используются чаще на практических занятиях, направленных на выработку новых навыков для решения конкретных задач и предполагающих творческий или исследовательский подход. Однако этот метод нецелесообразно использовать при проверке знаний или анкетировании слушателей, когда предлагаются готовые ответы или решения.

Особенности реализации метода в профобучении

Педагогическая фасилитация как метод целенаправленного управления процессом непрерывного профессионального обучения взрослых хорошо зарекомендовала себя в филиале «Учебный центр» РУП «Витебскэнерго». Здесь метод реализуется на разных уровнях: организационном, инструментальном, а также на уровне психолого-педагогического сопровождения.

Организационный уровень. Педагогическая фасилитация активно используется при проведении практических занятий и направлена на облегчение взаимодействия внутри группы при выполнении учебной задачи или решении учебной проблемы. Грамотно организованный процесс минимизирует вероятность индифферентного отношения слушателей к совместной работе в группе, стимулирует мыслительную деятельность участников, способствует развитию у них дивергентного (нацеленного на поиск разных вариантов решения задачи) и творческого мышления и таким образом повышению эффективности групповой работы за счет вовлеченности и заинтересованности слушателей, раскрытия потенциала каждого из них.

Инструментальный уровень. В различных источниках количество технологий, техник и методик фасилитации, отличающихся своим функционалом, достигает шестисот. Наиболее популярны технологии «Открытое пространство» (Open Space), «Мировое кафе» (World Cafe), «Поиск будущего» (Future Search), «Треилер», динамическая фасилитация, метод Дельфи, стратегия Уолта Диснея, негативный мозговой штурм, PinPoint, работа с модерационными картами.

В рамках этих методик используются эффективные способы генерации решений: интеллект-карта (mind mapping), силовое поле, рейтингование, техника MeWeUs (для вовлечения «молчаливых»), метод сфокусированной беседы ОРИП (ORID), SWOT-анализ и др.

К инструментам фасилитации можно отнести сервисы, которые незаметны при онлайн-работе (Mentimeter, Kahoot!, Quizalize, Quizizz, Socrative), платформы для организации видеоконференций (Zoom, Google Meet, Skype) и управления задачами (Trello, Asana, Jira), сервисы для построения ментальных карт, схем, диаграмм (Miro, Figma, Draw.io), инструменты для сбора и визуализации идей (Padlet, Limnu, Milanote, Stormz), конструктор сессий Session Design и др.

Инструментарий фасилитации отлично сочетается с традиционными образовательными технологиями и может комбинироваться с различными методами обучения: мозговым штурмом, решением кейсов, круглыми столами, семинарами, мастер-классами и т.д.

Уровень психолого-педагогического сопровождения. Основная цель фасилитатора (педагога, применяющего метод фасилитации) – организовать взаимодействие в группе таким образом, чтобы стимулировать вовлеченность и умственную деятельность участников для поиска и анализа информации по конкретному вопросу, а также обеспечить заинтересованность в самостоятельном достижении образовательных результатов.

По сути, выступая в роли фасилитатора, современный преподаватель перестает быть лектором и сам становится участником группы, ее ведущим, используя для достижения учебной цели особую форму работы со слушателями. Преподаватель-фасилитатор находится не в позиции эксперта, который обладает исключительным правом на знание, а является нейтральным лидером, который ограничивается побуждением к действию, предоставляя группе средства, с помощью которых ее участники сами находят решение. При этом он обязательно учитывает психологические особенности коммуникативной, перцептивной и интерактивной сторон межличностного общения, а также возрастные особенности обучаемых.

Чтобы эффективно реализовать себя в роли фасилитатора, помимо обязательных профессиональных качеств необходимо владеть дополнительными компетенциями, среди которых:

- умение пользоваться разнообразными приемами и инструментами фасилитации;
- навыки планирования и тайм-менеджмента, межличностного общения и вовлекающего участия;
- умение создавать условия для развития креативности, творческого потенциала, атмосферу принятия, уважения к разнообразию мнений и индивидуальным особенностям участников;
- способность управлять групповым конфликтом и обеспечивать безопасность среды общения.

Работая со взрослыми, преподаватель-фасилитатор имеет возможность использовать преимущества этого контингента: жизненный и профессиональный опыт, зрелость мотивации к обучению, потребность в активности и самовыражении, стремление к применению знаний в трудовой деятельности. А подбор практических интерактивных инструментов с учетом особенностей восприятия информации взрослой аудиторией (быстрота понимания и сложности с запоминанием) помогает предупредить возможные проблемы.

Фактически на этапе подготовки к занятиям преподаватель-фасилитатор на основе имеющегося арсенала средств вырабатывает уникальное авторское сочетание инструментов и техник, адаптированных к особенностям конкретной группы, форме проведения и целям занятия, создавая таким образом новые методики и технологии фасилитации. Примером такой авторской технологии является ИТ-фасилитация, разработанная и применяемая для обучения персонала в филиале «Учебный центр» РУП «Витебскэнерго».

ИТ-фасилитация в обучении персонала

ИТ-фасилитация – это инновационный подход к организации групповой работы и обучения, который сочетает в себе принципы педагогической фасилитации с современными информационными технологиями

и направлен на то, чтобы сделать процесс обучения взрослых интерактивным, вовлекающим и более результативным.

К основным принципам IT-фасилитации относятся следующие:

- активное участие всех слушателей;
- использование цифровых инструментов для совместной работы;
- гибкость и адаптивность процесса обучения;
- фокус на практическом применении знаний.

В отличие от традиционных методов обучения, где преподаватель играет доминирующую экспертную роль, IT-фасилитация ставит в центр внимания самих обучающихся, превращая их из пассивных слушателей в активных участников процесса.

Преимущества IT-фасилитации в обучении персонала многочисленны. Во-первых, этот метод значительно повышает вовлеченность участников в групповую работу. Благодаря интерактивным инструментам каждый может внести свой вклад в обсуждение вопроса, поделиться своим опытом и идеями, что немаловажно при обучении взрослых.

Во-вторых, IT-фасилитация улучшает усвоение материала без дополнительных усилий со стороны слушателей. Этому способствуют визуализация и феномен активного участия пользователя в интерактивной среде. Известно, что скорость запоминания и объем усвоенной информации напрямую зависят от активности слушателя.

В-третьих, технология способствует развитию навыков командной работы, необходимых сегодня на производстве. Совместное решение задач в цифровой среде учит членов группы эффективно взаимодействовать друг с другом, что крайне важно в современных условиях, особенно при удаленной и гибридной формах работы.

Наконец, IT-фасилитация позволяет экономить время и ресурсы. Онлайн-формат обучения снижает затраты на организацию тренингов, а интерактивные инструменты позволяют быстрее достигать целей обучения.

К основным инструментам IT-фасилитации относятся:

- онлайн-платформы для совместной работы;

- интерактивные доски;
- системы опросов и голосования;
- виртуальные комнаты для обсуждений.

Эти инструменты позволяют создавать динамичную и вовлекающую среду обучения, даже если участники не находятся в одной аудитории.

В качестве базовой платформы для реализации нового подхода в Учебном центре используется собственная разработка – электронный образовательный портал для энергетиков DoXit. Его цель – «обучение через общение», создание корпоративной базы знаний, которые могут быть полезны как в процессе подготовки, так и в основной деятельности подразделений или отдельных специалистов. В DoXit зарегистрировано более 10 тыс. пользователей. Он содержит свыше 11 тыс. различных документов, которые открываются в браузере и разделены по группам. Сегодня порталом пользуются все 17 филиалов РУП «Витебскэнерго».

Структура ресурса позволяет изменять его в качестве фасилитирующего инструмента для быстрого и наглядного доступа к актуальной информации, а также для коммуникации между работниками. Портал открывает возможности для совместной групповой работы и незаменим для преподавателя-фасилитатора при подготовке и организации практических занятий.

В качестве дополнительного, но не менее удобного инструмента при фасилитирующем обучении персонала в филиале используются разработки Учебного центра на основе технологий виртуальной и дополненной реальности. VR-тренажеры и симуляторы создают захватывающую среду, которая призвана повысить мотивацию и активность слушателей за счет более глубокого погружения в изучаемый материал. При решении заданий задействуются различные органы чувств, обучающиеся могут взаимодействовать с объектами и явлениями в компьютерной среде, что способствует лучшему усвоению материала.

Статистика и исследования подтверждают эффективность IT-фасилитации. Организации, использующие этот метод, отмечают повышение эффективности обучения на 25–30 % по сравнению с традиционными методами. Кроме того, время, необ-

ходимое для освоения нового материала, сокращается в среднем на 40 %.

Говоря о будущем IT-фасилитации в сфере подготовки персонала, нельзя не отметить неизбежность интеграции метода с технологиями искусственного интеллекта и виртуальной реальности. Эксперты прогнозируют, что в ближайшие годы мы увидим появление AI-ассистентов для фасилитаторов и VR-симуляций для интенсификации учебного процесса.

Сегодня уже достаточно сложно представить непрерывное обучение взрослых без фасилитации, поскольку она меняет подход к образованию в лучшую сторону. Фасилитация стала неотъемлемой частью образовательного процесса и даже выходит за его рамки благодаря универсальной возможности стимулировать развитие целого ряда гибких навыков. Можно сказать, что владение этим методом фактически становится компетенцией будущего и важным фактором профессионального успеха.

Список литературы

1. Вилкинсон, М. Секреты фасилитации. SMART-руководство по работе с группами / М. Вилкинсон. – Москва: Альпина Паблишер, 2022. – 516 с.
2. Скибицкий, Э.Г. Применение педагогической фасилитации при подготовке магистров в образовательной организации / Э.Г. Скибицкий, И.Ю. Скибицкая // Сибирская финансовая школа. – 2017. – № 5. – С. 90–94.
3. Белевич, В.С. Фасилитация как инструмент вдохновляющего обучения / В.С. Белевич // Психосоциальная адаптация в трансформирующемся обществе: субъект-субъектная коммуникация как фактор социализации: материалы V Междунар. науч. конф., Минск, 23–24 окт. 2020 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: И.А. Фурманов (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2020. – С. 34–37.
4. Андрагогика: принципы практического обучения для взрослых [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elitarium.ru/obuchenie-principznaniya-opyt-cell-potrebnosti-razvitiie-andragogika-sposobnosti>. – Дата доступа: 16.11.2024.
5. Как фасилитация меняет подход к образованию // Факультет корпоративных коммуникаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://f-cc.org/blog/skills/post/r7sje7ck2v-kak-fasilitatsiya-menyaet-podhod-k-obraz>. – Дата доступа: 15.11.2024.
6. Осмоловская, И.М. Инновации и педагогическая практика / И.М. Осмоловская // Нар. образование. – 2010. – № 6. – С. 182–188.

НОВОСТИ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

январь–февраль

Указы Президента Республики Беларусь

Указ Президента Республики Беларусь от 30.12.2024 № 475

«О возмещении расходов на приобретение котельного оборудования, работающего на древесных топливных гранулах (пеллетах)»

Указом предусмотрена компенсация гражданам части расходов на приобретение котлов, работающих на пеллетах. В частности, возмещению подлежит 40 % расходов граждан (но не более 120 БВ) на приобретение соответствующего котельного оборудования, произведенного предприятиями Беларуси и организациями государств – членов ЕАЭС.

Компенсация будет производиться однократно за счет средств местных бюджетов на приобретение указанного оборудования для теплоснабжения одного жилого дома, не обеспеченного централизованным газо- и (или) теплоснабжением.

Документ принят в целях увеличения использования пеллет населением.

Указ вступает в силу поэтапно – с 1 января и с 1 июля 2025 года.

Указ Президента Республики Беларусь от 03.01.2025 № 1

«Об объявлении 2025 года Годом благоустройства»

В Республике Беларусь 2025 год объявлен Годом благоустройства.

Под благоустройством понимается комплекс мероприятий, осуществляемых государством совместно с организациями и гражданами с целью создания и поддержания удобной, безопасной, современной и эстетически организованной среды жизнедеятельности людей.

2025 год дает старт пятилетке качества и призван объединить усилия государства и общества по дальнейшему улучшению качества жизни в Республике Беларусь. В этом году будут приняты масштабные меры по наведению порядка на земле, благоустройству населенных пунктов и производственных объектов, поддержанию в надлежащем состоянии территорий вдоль автомобильных и железных дорог и др. Состоится не менее двух республиканских субботников. Предусмотрена также активизация волонтерского движения и реализация гражданских инициатив соответствующей направленности.

Указ вступил в силу с 11 января 2025 года.

Указ Президента Республики Беларусь от 17.01.2025 № 31

«О пятилетке качества»

2025–2029 годы в Беларуси объявлены пятилеткой качества. Приоритетные цели пятилетки – дальнейшее повышение качества жизни людей, конкурентоспособности белорусской экономики, совершенствование общественных отношений.

Указом определены стратегические задачи пятилетки в различных сферах, в частности:

– в сфере экономики – существенный рост производительности труда, создание новых современных предприятий и производств, обеспечение устойчивой положительной динамики показателей социально-экономического развития,

наращивание экспорта, в том числе за счет увеличения доли продукции глубокой переработки и высокотехнологичных услуг, цифровая трансформация, применение инновационных технологий, обеспечение технологического суверенитета, рациональное использование ресурсов, расширение практики государственно-частного партнерства;

– в сфере организации жизнедеятельности людей – рост доходов населения, соответствующий росту выручки в экономике, создание условий для самореализации личности, обеспечение доступности и высоких стандартов образования, медицинской и социальной помощи, улучшение условий труда работников, продвижение принципов здорового образа жизни, совершенствование гарантий социальной защиты, наведение порядка на земле, благоустройство территорий, развитие жилищно-коммунальной и транспортной инфраструктуры, телекоммуникаций, дебюрократизация, снижение административной нагрузки на граждан и бизнес;

– в сфере социальных отношений – повышение рождаемости и улучшение демографического потенциала, укрепление института семьи, традиционных нравственных ценностей, патриотизма, поддержание общенационального диалога, конструктивное развитие гражданского общества, стимулирование реализации гражданских инициатив, повышение политической культуры, дальнейшее формирование понимания личной ответственности граждан за общий результат, за сохранение независимости страны;

– в области права – обеспечение стабильности правового регулирования, дальнейшая систематизация законодательства, повышение уровня правовой культуры.

Задачи будут решаться совместными усилиями государственных органов, организаций всех форм собственности и граждан.

Президентом Правительству совместно с облисполкомами и Мингорисполкомом поручено предусмотреть мероприятия по достижению задач пятилетки качества в программах (планах) развития Беларуси, отраслей экономики, регионов.

Указ вступил в силу с 19 января 2025 года.

Законы Республики Беларусь

Закон Республики Беларусь от 27.12.2024 № 53-3

«Об изменении Закона Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений»

Внесены изменения в Закон от 05.09.1995 № 3848-XII «Об обеспечении единства измерений». В том числе закреплено право Президента Республики Беларусь устанавливать особенности правового регулирования отношений, регламентированных Законом.

Особенности обеспечения единства измерений в областях обороны и безопасности государства, использования атомной энергии в мирных целях и уполномочивания юридических лиц на осуществление государственной поверки в этих областях могут также устанавливаться Советом Министров Республики Беларусь.

Изменения также касаются понятийного аппарата, полномочий Госстандарта, государственного метрологического надзора и т.д.

Закон вступает в силу поэтапно: с 2 января и 17 октября 2025 года, а также с 1 января 2026 года.

Постановления Совета Министров Республики Беларусь

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30.12.2024 № 1052

«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 22 марта 2021 г. № 159»

Внесены изменения в Государственную программу по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 годы, утвержденную постановлением Совмина от 22.03.2021 № 159.

Постановление вступило в силу с 2 января 2025 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 31.12.2024 № 1074

«О Концепции обеспечения суверенитета Республики Беларусь в сфере цифрового развития до 2030 года»

Утверждена Концепция обеспечения суверенитета Республики Беларусь в сфере цифрового развития до 2030 года.

Под суверенитетом в сфере цифрового развития понимается неотъемлемое право государства управлять государственной информационно-коммуникационной инфраструктурой и информационными ресурсами, осуществлять над ними контроль, защищать свои интересы, проводить независимую внешнюю и внутреннюю государственную политику в сфере цифрового развития.

Обеспечение суверенитета Республики Беларусь в сфере цифрового развития предусматривает решение задач по следующим направлениям:

- формирование нормативной правовой базы;
- принятие необходимых организационно-распорядительных мер в сфере цифрового развития;
- развитие национальной ИТ-индустрии в части разработки отечественного ПО;
- развитие промышленного потенциала для разработки и производства высокотехнологичной продукции (микро- и радиоэлектроника, аппаратные и программно-аппаратные решения);
- стимулирование научно-исследовательского сектора как основы для развития отечественных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ);
- развитие кадрового потенциала;
- формирование ИКТ-инфраструктуры, обеспечивающей цифровую стабильность, необходимые условия для создания и использования цифровых технологий при неблагоприятных внешних воздействиях.

Постановление вступило в силу с 16 января 2025 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 24.01.2025 № 40

«Об изменении постановлений Совета Министров Республики Беларусь»

Постановлением внесены изменения в ряд документов, в том числе:

- в стратегию сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников, утвержденную постановлением Совмина от 30.12.2015 № 1111;
- постановление Совмина от 29.09.2021 № 553 «Об установлении определяемого на национальном уровне вклада Республики Беларусь в сокращение выбросов парниковых газов до 2030 года»;
- Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 годы, утвержденный постановлением Совмина от 10.12.2021 № 710.

Постановление вступило в силу с 29 января 2025 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 05.02.2025 № 72

«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 31 декабря 2010 г. № 1932»

Внесены изменения в постановление Совмина от 31.12.2010 № 1932 «Об установлении ставок вывозных таможенных пошлин в отношении нефти сырой и отдельных категорий товаров, выработанных из нефти».

Установлены следующие ставки вывозных таможенных пошлин на товары, вывозимые с территории Республики Беларусь за пределы таможенной территории Евразийского экономического союза (за 1000 кг):

- на сжиженные углеводородные газы – 7,5 долл. США (ранее – 18,5 долл. США);
- на этан, бутан, изобутан – 6,7 долл. США (ранее – 16,6 долл. США).

Нулевые ставки вывозных таможенных пошлин установлены в отношении сырой нефти, прямогонного и товарных бензинов, тримеров и тетрамеров пропилена, легких и средних дистиллятов, дизельного топлива, бензола, толуола, ксилолов, мазута, смазочных масел, отработанных нефтепродуктов, вазелина и парафина, кокса нефтяного кальцинированного и некальцинированного, битума нефтяного.

Постановление вступает в силу с 7 февраля 2025 года и распространяет свое действие на отношения, возникшие с 1 февраля 2025 года

Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 04.12.2024 № 78

«О радиационных авариях и инцидентах»

Утверждена Инструкция о порядке и критериях классификации радиационных аварий и инцидентов.

Документ определяет порядок и критерии классификации радиационных аварий и инцидентов при обращении с источниками ионизирующего излучения (ИИИ).

Радиационные аварии и инциденты подразделяются на классы, устанавливаемые пользователем ИИИ, при обращении с которым произошла авария или инцидент, на основании принятых критериев. Для установления класса необходимо наличие одного критерия по признакам и не менее двух критериев – по наступившим последствиям.

Установленный класс радиационной аварии, инцидента пересматривается пользователем ИИИ при поступлении дополнительной информации об обстоятельствах и (или) последствиях события, приведшего к данной аварии или инциденту.

Постановление вступило в силу с 23 января 2025 года.

Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 24.12.2024 № 84

«Об утверждении норм и правил по обеспечению ядерной и радиационной безопасности»

Утверждены нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Требования к управлению ресурсом элементов систем, важных для безопасности исследовательских ядерных установок. Основные положения». Они устанавливают требования к безопасному использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения, включая требования к управлению ресурсом элементов систем, важных для безопасности исследова-

тельской ядерной установки (ИЯУ) при проектировании, сооружении, эксплуатации и выводе из эксплуатации ИЯУ. Постановление вступило в силу с 24 января 2025 года.

Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 03.01.2025 № 1

[«Об утверждении норм и правил по обеспечению ядерной и радиационной безопасности»](#)

Утверждены нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Правила обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации исследовательских ядерных установок».

Правила устанавливают требования к безопасному использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения, включая требования к организационным и техническим мероприятиям, направленным на обеспечение безопасности при выводе из эксплуатации исследовательских ядерных установок.

Постановление вступает в силу с 1 августа 2025 года.

Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 15.01.2025 № 4

[«Об изменении постановлений Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 4 февраля 2022 г. № 5 и от 15 марта 2022 г. № 27»](#)

Из постановления МЧС от 04.02.2022 № 5 «Об утверждении регламентов административных процедур» исключен Регламент административной процедуры «Внесение изменения в аттестат индивидуального предпринимателя, работника юридического лица, оказывающего услуги по консультированию в области обеспечения радиационной безопасности (консультанта)».

В Регламенте административной процедуры «Получение разрешения (внесение изменения в разрешение) на ввоз в Республику Беларусь и (или) вывоз из Республики Беларусь источников ионизирующего излучения», утвержденном постановлением МЧС от 15.03.2022 № 27, изложено в новой редакции название одного из нормативных правовых актов, регулирующих порядок осуществления данной административной процедуры.

Постановление вступило в силу с 1 февраля 2025 года.

Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь

Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30.12.2024 № 75

[«Об изменении постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 27 декабря 2023 г. № 33»](#)

Внесены изменения в постановление Минприроды от 27.12.2023 № 33 «О деятельности, связанной с выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух».

В частности, скорректированы положения:

- о порядке проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- о порядке установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Изменения также коснулись перечней:

- объектов воздействия на атмосферный воздух, для которых устанавливаются нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- объектов воздействия на атмосферный воздух, источников выбросов, видов деятельности, для которых не уста-

навливаются нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Постановление вступило в силу с 24 января 2025 года.

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь

Постановление Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 15.01.2025 № 3

[«Об изменении постановления Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 27 января 2022 г. № 11»](#)

Внесены изменения в перечень затрат, связанных с осуществлением административной процедуры «Получение разрешительной документации на проектирование, возведение, реконструкцию, реставрацию объекта или его снос, установку зарядных станций, благоустройство на землях общего пользования объекта, внесение в нее изменения», регламент которой утвержден постановлением Минстройархитектуры от 27.01.2022 № 11.

Постановление вступило в силу с 23 января 2025 года.

Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь

Постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 11.11.2024 № 88

[«Об утверждении профессионального стандарта»](#)

Утвержден профессиональный стандарт «Электро-монтажник по электрооборудованию, силовым и осветительным сетям».

Профстандарт содержит характеристику трудовых функций и требования к квалификации, необходимой для их исполнения.

Кроме того, документом внесены изменения в выпуск 3 ЕТКС «Строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы», утвержденный постановлением Минтруда и соцзащиты от 14.02.2020 № 22. В частности, из него исключены параграфы 374–378.

Постановление вступило в силу с 25 января 2025 года.

Совместные постановления республиканских органов управления

Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и Министерства энергетики Республики Беларусь от 17.12.2024 № 80/45

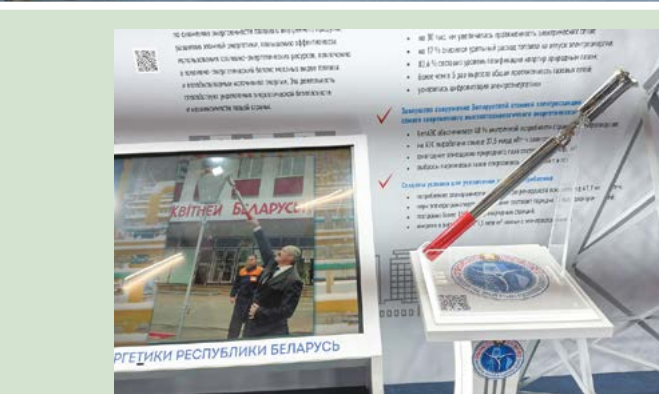
[«Об утверждении Инструкции о порядке тушения пожаров в электроустановках»](#)

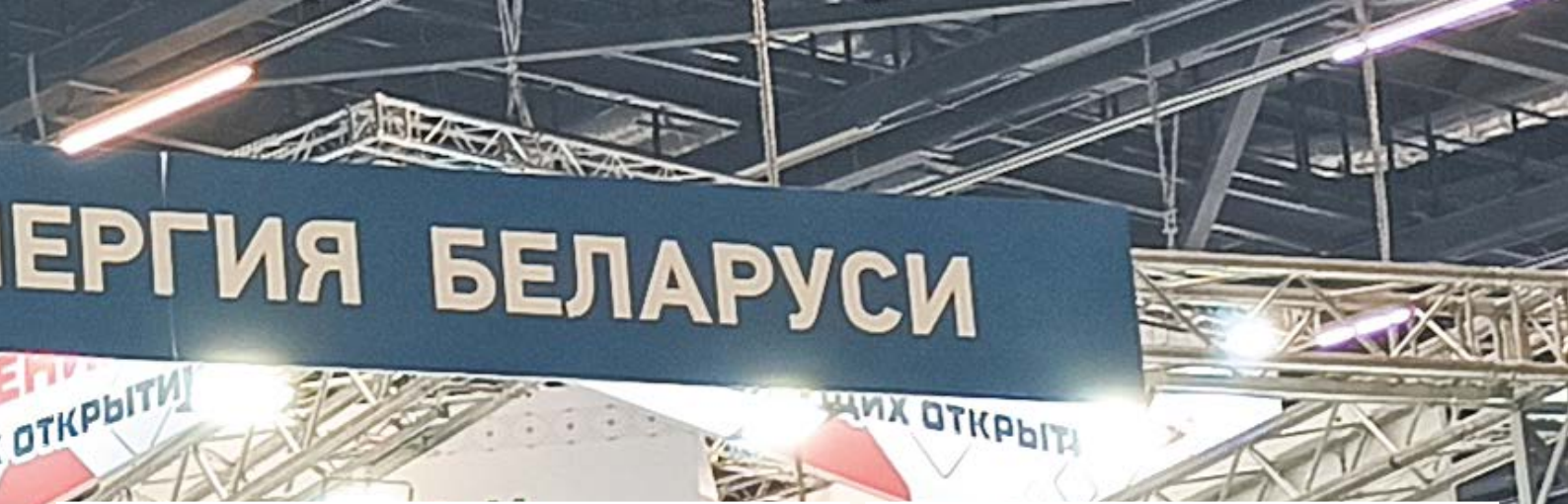
Утверждена Инструкция о порядке тушения пожаров в электроустановках.

Инструкция устанавливает порядок тушения пожаров в действующих электроустановках с рабочим напряжением от 220 В и выше, а также пожаров, возникших в опасной зоне таких электроустановок.

Действие Инструкции не распространяется на случаи пожаров в электромобилях, электробусах, а также пожаров бытовых электроприборов и ручного промышленного инструмента.

Постановление вступило в силу с 26 января 2025 года.





электронная информационная система



БЕЛЭНЕРГО
УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

ЭНЕРГОДОКУМЕНТ

нормативные технические документы по электроэнергетике

energodoc.by



ТНПА

В ЭНЕРГЕТИКЕ

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ИЗДАНИЯ

КУПИТЬ

ЗИС «ЭНЕРГОДОКУМЕНТ» —

полнотекстовая база нормативных документов
в сфере электроэнергетики, действующих
в Республике Беларусь:

- ✓ порядка 3000 документов
- ✓ свыше 1000 отраслевых технических документов
- ✓ электронные тексты, аутентичные оригинальным
- ✓ регулярная актуализация ЗИС
- ✓ более 100 000 пользователей ежемесячно