

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

№ 4 (100) июль–август 2024

С Днем работников
нефтяной, газовой
и топливной
промышленности!



ПРИГЛАШАЕМ ПОСЕТИТЬ

стенд Министерства энергетики
на выставке EnergyExpo 2024



**XXVIII БЕЛОРУССКИЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ и
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ**

energyexpo.by

15-18.10.2024

Минск, пр. Победителей, 20/2

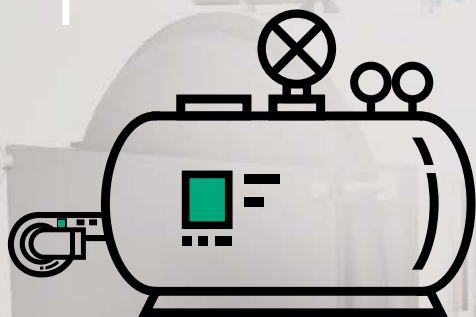


ЗАО «ТЕХНИКА И КОММУНИКАЦИИ»
Республика Беларусь, 220004, г. Минск, а/я 34
Тел.: +375 17 306 06 06, e-mail: energy@tc.by
<https://www.energyexpo.by>

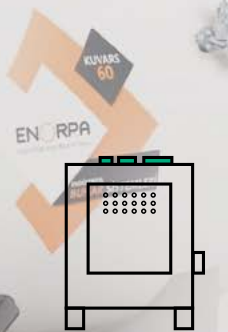


ISSN 2310 - 6735

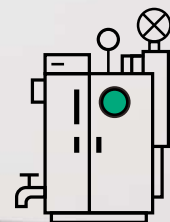




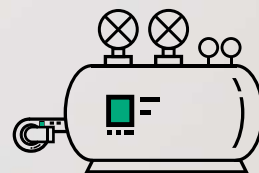
ПАРОВЫЕ
КОТЛЫ



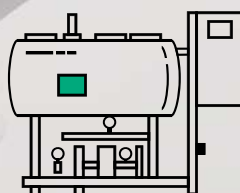
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
ПАРОГЕНЕРАТОРЫ



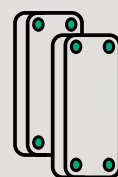
ГАЗОВЫЕ
ПАРОГЕНЕРАТОРЫ



ВОДОГРЕЙНЫЕ
КОТЛЫ



ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ
КОТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



ТЕПЛООБМЕННЫЕ
АППАРАТЫ

ТЭО

ПОСТАВКА

МОНТАЖ

ПНР

ТО

УНП 192001685

Белорусский производитель
кабельной продукции

210036, г. Витебск
Московский пр-т, 94Б

УНП 300528652

Лидер
отрасли

vikab.by

+375 (17) 215-04-35
+375 (17) 215-04-65
+375 (212) 48-01-12



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 «ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»
Дрозд П.В., генеральный директор ГПО «Белэнерго»
Жемжуров М.Л., д.т.н., доцент, заведующий лабораторией ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси
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»
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.
Компьютерный дизайн и верстка	Кошель М.В.
Реклама	Ященко О.А.
	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 в ООО «Альтиора Форте».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий №2/172 от 18.12.2014. Ул. Сурганова, 11, 220072, г. Минск.
Подписано в печать 23.08.2024 г., формат 60х90/4, тираж 1360 экз., заказ № 1671.

© ОАО «Экономэнерго», 2024

НОВОСТИ

- Государство и общество
- Газовикам и торфяникам Беларуси есть чем гордиться
К Дню работников нефтяной, газовой и топливной промышленности
- ТЭК Беларуси
- Технические мероприятия по интеграции БелАЭС в энергосистему завершены
- Мировая энергетика

ПРИОРИТЕТЫ

- Мы заинтересованы в развитии всестороннего сотрудничества с регионами России
Интервью заместителя Министра Д.Р. Мороза

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

- О методике расчета стоимости хранения электроэнергии в системах накопления, работающих в буферном режиме
К.В. Доброго, В.Л. Червинский, Д.Н. Гулькевич
- Основные аспекты сервисного обслуживания энергетического оборудования иностранного производства
О.Ю. Морозов, Д.С. Полюхович, А.И. Журавлев

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Кибербезопасность больших систем: ищем «самое слабое звено»
А.В. Кабанов
- Основы построения топологически связанных моделей в семантике CIM
П.А. Сазонов

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

- Методы неразрушающего анализа ядерного материала, применяемые в процедурах его учета и контроля
Е.И. Шурно, О.Б. Гурко
- Опыт проведения планово-предупредительных ремонтов энергоблока № 1 Белорусской АЭС
В.Н. Масензов, Д.А. Барановский, Д.М. Игнатенко

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГОГАЗНАДЗОР

- Эксплуатация электросварочных установок. Основные нарушения, выявляемые при обследованиях
А.М. Голубенок

НАУКА – ЭНЕРГЕТИКЕ

- Об обращении с радиоактивными отходами очень низкой активности на Белорусской АЭС
М.Л. Жемжуров, А.Л. Песцова, А.М. Жемжуров
- Изучение миграции радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в глинестоморождения Марковское для обоснования возможности ее использования при изоляции радиоактивных отходов
Н.А. Маковская, А.А. Бакай, Т.Г. Леонтьева, Д.А. Кузьмук

- Исследование ресурса эксплуатации защитных мастичных покрытий подземных газопроводов по энергии активации термоокислительной деструкции
Н.Р. Прокончук, В.А. Седнин, А.А. Абрамовский, Н.В. Струцкий, С.Ф. Гориченко

БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

- Меры физической ядерной безопасности на этапах жизненного цикла ядерных установок
О.Б. Гурко, М.А. Козел, Л.Г. Лукашевич, И.А. Рымарчик

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

- Факторы повышения качества непрерывного профессионального образования в условиях производства
И.Ф. Курилович

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ПРАВО

- Новости законодательства (июль–август)



УВАЖАЕМЫЕ РАБОТНИКИ ГАЗОВОЙ И ТОПЛИВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ДОРОГИЕ ВЕТЕРАНЫ!

От имени Министерства энергетики и от себя лично поздравляю вас с профессиональным праздником – Днем работников нефтяной, газовой и топливной промышленности!

Топливо-энергетический комплекс – одна из ключевых отраслей экономики, обеспечивающих устойчивое развитие страны и повышение уровня жизни наших граждан.

При поддержке Главы государства отрасль прошла важнейшие этапы модернизации, значительно укрепила свой производственный и инновационный потенциал и сегодня вносит весомый вклад в повышение уровня энергетической безопасности и технологического суверенитета Беларуси, обеспечивая надежное и бесперебойное энергоснабжение потребителей.

Благодаря реализации масштабных проектов по уровню газификации наша страна занимает лидирующие позиции на пространстве СНГ. Протяженность газовых сетей в республике превышает 67 тысяч километров. Только в прошлом году голубое топливо впервые подано в 50 деревень и агрогородков. И эти работы продолжаются.

Персонал белорусских организаций успешно участвует в проектах по газификации населенных пунктов Российской Федерации. Это еще раз подчеркивает уровень его профессионализма и высокого качества оказываемых услуг.

Эффективная инвестиционная деятельность, развитие собственных разработок и инновационных технологий, а также поддержка предприятиями отрасли важных социальных инициатив работают на опережающее развитие страны, повышение комфортности проживания на-

селения. Особую актуальность эти вопросы приобретают в Год качества.

Есть чем гордиться и организациям торфяной промышленности. Главное их конкурентное преимущество – самодостаточность. В Беларуси создана крепкая научная база, налажено производство всей линейки машин и оборудования для добычи и переработки торфа, постоянно обновляется ассортимент торфяной продукции топливного и нетопливного назначения, которая востребована внутри страны и за рубежом. Технологический потенциал торфобрикетных заводов, реализуемые меры по расширению их сырьевой базы позволяют с уверенностью смотреть в будущее и выстраивать долгосрочные стратегии развития с выходом на новые рынки сбыта.

Искренне благодарю вас, дорогие друзья, за ваш добросовестный труд и преданность делу, умение решать сложные производственно-технологические задачи, стремление соответствовать требованиям времени. Замечательно, что лучшие трудовые традиции и накопленный опыт передаются из поколения в поколение. В этом большая заслуга ветеранов. Им особые слова благодарности.

От всей души желаю вам и вашим близким крепкого здоровья, оптимизма, благополучия, новых трудовых достижений на благо нашей родной Беларуси!

*Министр энергетики Республики Беларусь
А.И. Кушнаренко*

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ, ДОРОГИЕ ВЕТЕРАНЫ!

От имени государственного производственного объединения по топливу и газификации «Белтопгаз» и от себя лично сердечно поздравляю вас с профессиональным праздником – Днем работников нефтяной, газовой и топливной промышленности!



Топливо-энергетическая отрасль занимает одно из ключевых мест в национальной экономике. Организации объединения «Белтопгаз» устойчиво и надежно снабжают промышленные предприятия и население нашей республики газообразными и твердыми видами топлива. По уровню газификации природным газом Республика Беларусь занимает лидирующие позиции на постсоветском пространстве. Голубое топливо становится доступным в самых отдаленных уголках страны, продолжается масштабная работа по газификации сельских населенных пунктов, модернизации основных фондов, автоматизации и цифровизации производственных процессов. Вся эта работа реализуется благодаря поддержке Главы государства, Правительства и органов исполнительной власти и направлена на повышение качества обслуживания потребителей.

Динамично развивается торфяная промышленность. Наша страна является одним из мировых лидеров по уровню добычи торфа и лидером по производству торфяных брикетов. Проводится колоссальная работа по модернизации

торфозаводов, повышению качества продукции, улучшению условий труда работников. Активно развиваются импортозамещающие проекты и разрабатываются новые виды продукции. Белорусский торф широко востребован как внутри страны, так и за рубежом. Несмотря на нестабильность на внешних рынках, наши предприятия успешно налаживают связи с Китаем, Турцией, Узбекистаном.

Богатый опыт, накопленный объединением в области проектирования, строительства, подготовки кадров, промышленного производства и создания нормативной базы, позволяет нам самостоятельно реализовывать крупные инвестиционные и социальные проекты.

Особые слова благодарности нашим ветеранам. Благодаря их многолетнему опыту и знаниям газовая отрасль и торфяная промышленность стабильно развиваются на благо нашей родной Беларуси.

Уважаемые коллеги, желаю вам крепкого здоровья, благополучия, мира и новых профессиональных свершений!

***Первый заместитель генерального директора ГПО «Белтопгаз»
Д.В. Шавловский***



ГЛАВА ГОСУДАРСТВА НАЗНАЧИЛ ВИКТОРА КАРАНКЕВИЧА ЗАМЕСТИТЕЛЕМ ПРЕМЬЕР-МИНИСТРА БЕЛАРУСИ

12 августа Глава государства принял ряд кадровых решений, в том числе назначил заместителем Премьер-министра Беларуси Виктора Каранкевича, Министром энергетики – Алексея Кушнаренко.

До назначения Виктор Каранкевич возглавлял Министерство энергетики. На новой должности в его обязанности будет входить курирование промышленной сферы республики. При назначении Глава государства подчеркнул: «Спокойной жизни не будет. Промышленность – это основа страны, экономики. Она должна давать результат». Президент также отметил, что за новым вице-премьером остается задача по устранению последствий стихии в энергетике.

13 августа Премьер-министр Роман Головченко представил нового заместителя руководителя министерств, ведомств и концернов. В свою очередь Виктор Каранкевич поблагодарил за оказанное доверие руководство страны и заверил, что приложит максимум усилий, чтобы его оправдать.

Отвечая на вопросы журналистов, Виктор Каранкевич заявил, что основная задача – это дальнейшая реализация инвестиционных проектов, модернизация основных производственных фондов и импортозамещение. Вице-премьер подчеркнул: «Самое главное – качество выпускаемой продукции, расширение ассортимента за счет внедрения нового современного оборудования, модернизации действующих предприятий и создания новых производств. Особое внимание будет уделяться выпуску импортозамещающей продукции, которая будет востребована как на внутреннем, так и на внешнем рынках».

В фокусе внимания будет оставаться и энергетика, в том числе вопросы повышения надежности работы энергосистемы. Виктор Каранкевич отметил, что в новой работе ему будет полезен переговорный опыт взаимодействия с российскими коллегами, но уже по новым направлениям, в том числе в области промышленности.

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ВОЗГЛАВИЛ АЛЕКСЕЙ КУШНАРЕНКО

Новый Министр энергетики Алексей Кушнаренко прежде работал генеральным директором ГПО «Белтопгаз». При назначении Глава государства сообщил, что уже несколько лет внимательно присматривался к его кандидатуре – только положительные отзывы. Президент также подчеркнул, что в сфере энергетики сейчас и в перспективе предостаточно работы и упомянул о возможности строительства второй АЭС. Алексей Кушнаренко заявил, что воспринимает свое назначение как знак колоссального доверия со стороны Главы государства и как высокую ответственность за предстоящую работу.

Общаясь с журналистами, Алексей Кушнаренко сказал, что будет активно включаться в проработку вопроса строительства в стране второй атомной электростанции, над которым сейчас работает группа экспертов. Он также отметил, что для поступательного развития топливно-энергетического комплекса страны сегодня есть все необходимое: поддержка Главы государства, Правительства, органов исполнительной и законодательной власти, мощнейшая материально-техническая база, инновационные приборы и оборудование, программные комплексы. «Самое главное – это профессиональный



Представляя коллективу Минэнерго нового Министра, Виктор Каранкевич констатировал, что Алексей Кушнаренко пользуется заслуженным авторитетом, зарекомендовал себя как грамотный руководитель, профессионал своего дела, который может мобилизовать коллектив на решение самых сложных вопросов. Вице-премьер выразил уверенность в том, что управленческий опыт и глубокие знания Алексея Кушнаренко будут востребованы в новой должности и позволят решать на высоком профессиональном уровне задачи, которые возложены на Министерство энергетики.

коллектив энергетиков, который формировался годами и проверен штатными и нештатными ситуациями», – подчеркнул новый руководитель отрасли.

Приоритетом останется надежность электро-, газо-, теплоснабжения. Кроме того, внимание будет уделяться выстраиванию взаимоотношений с партнерами в рамках построения общих рынков энергоресурсов Союзного государства и Евразийского экономического союза.

Подготовлено по материалам БЕЛТА

Беларусь стала полноправным членом ШОС

4 июля в ходе заседания Совета глав государств – членов Шанхайской организации сотрудничества в Астане лидеры стран альянса подписали документы о завершении процедуры вступления Беларуси в ШОС в качестве полноправного члена. Аналогичным статусом обладают Индия, Иран, Казахстан, Китай, Кыргызстан, Пакистан, Россия, Таджикистан и Узбекистан. Беларусь стала десятым по счету членом организации.



Президент Республики Беларусь отметил, что этот день войдет в историю нашей страны, и назвал символическим тот факт, что год принятия в ШОС совпал в 80-летию освобождения Беларуси от немецко-фашистских захватчиков. Глава государства подчеркнул, что ШОС для Беларуси не просто международная организация. Это стратегическая перспектива – прежде всего в торгово-экономическом и инвестиционном взаимодействии, развитии транспортно-логистической, информационно-коммуникационной и иной инфраструктуры.

Беларусь участвует в ШОС с 2010 года в статусе партнера по диалогу и с 2015-го – в статусе наблюдателя. По итогам заседания Совета глав государств 16 сентября 2022 года в Самарканде подписано решение о начале процедуры вступления республики в члены организации. В рамках этого процесса Беларусь присоединилась к более чем 40 соглашениям.

Институту президентства в Республике Беларусь 30 лет

Беларусь является одной из самых молодых президентских республик. 30 лет назад, 10 июля 1994 года, состоялся второй тур выборов Президента страны, в котором

участвовало шесть кандидатов. По его итогам первым Президентом независимой Беларуси стал Александр Лукашенко.

За прошедшие годы конституционно-правовой статус Президента несколько раз менялся. В частности, значительные изменения произошли в 1996 и 2022 годах после принятия на республиканских референдумах новых редакций Конституции. Дальнейшее развитие и конкретизация правового статуса Президента и его полномочий нашли отражение в Законе Республики Беларусь «О Президенте Республики Беларусь».

За три десятилетия республика прошла через множество испытаний, но главным результатом стало сохранение экономического роста, политического суверенитета и ключевых ценностей белорусского народа, которые Глава государства последовательно отстаивает в том числе на международной арене. Широкую поддержку общества нашел курс на интеграцию с Российской Федерацией и формирование Союзного государства.

Институт президентства стал синонимом подлинной независимости, национального единства и культурного кода нашей страны. В этот день по всей стране прошли мероприятия, приуроченные к знаменательной дате.

Беларусь и Россия подтвердили приверженность сохранению и укреплению режима нераспространения ядерного оружия

На второй сессии Подготовительного комитета Конференции по рассмотрению действия Договора о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), проходившей с 22 июля по 2 августа в Женеве, Беларусь и Россия выступили с совместным заявлением, в котором подтвердили свою приверженность сохранению и укреплению режима нераспространения ядерного оружия.

В частности, в заявлении отмечено: «Республика Беларусь и Российская Федерация исходят из того, что Договор о нераспространении ядерного оружия исключительно важен для укрепления глобальной безопасности. Он является одним из центральных элементов системы контроля над вооружениями, разоружения и нераспространения. Сохранение базовых ценностей Договора и содействие его эффективности – не только обязанность всех государств-участников, но и одна из приоритетных задач для поддержания стабильности в мировом масштабе».

Страны Союзного государства призвали исходить из целостности ДНЯО, подчеркнув равную значимость всех трех его фундаментальных составляющих – ядерного нераспространения, мирного использования атомной энергии и разоружения.

XI Форум регионов Беларуси и России стал новым импульсом для развития союзной интеграции



гуманитарной сферах, Беларусь и Россия продолжают успешно развивать союзную интеграцию с учетом национальных интересов, гибко адаптируются к условиям геополитической реальности и демонстрируют хорошие темпы роста.

Выступая на пленарном заседании, Министр энергетики Беларуси Виктор Каранкевич (ныне вице-премьер) отметил, что сотрудничество Беларуси и России в энергетической отрасли носит всеобъемлющий стратегический характер, обеспечивает устойчивое развитие национальных экономик, укрепление энергетического суверенитета и технологического потенциала Союзного государства.

Инновации должны стать главной движущей силой экономики Беларуси и России. Об этом Президент Беларуси Александр Лукашенко заявил в своем видеообращении к участникам XI Форума регионов Беларуси и России, который состоялся 27–28 июня на трех площадках – в Витебске, Полоцке и Новополоцке.

Форум традиционно проводится под эгидой Совета Республики и Совета Федерации. Главная его тема в этом году – «Роль межрегионального сотрудничества в построении инновационной экономики Союзного государства». В мероприятии приняли участие главы регионов двух стран, представители органов власти разного уровня, предприниматели и ученые.

28 июня в Витебске председатель Совета Республики Наталья Кочанова, открывая пленарное заседание Форума регионов Беларуси и России, сказала, что он стал одним из символов Союзного государства. Во многом благодаря форуму, стимулирующему совместную последовательную работу областей нашей страны и субъектов Российской Федерации в торгово-экономической, инвестиционной,



В рамках форума прошла выставка достижений народного хозяйства регионов Беларуси и России, на которой свои инновационные разработки и технические решения представили в том числе организации Минэнерго: РУП-облэнерго и их филиалы, ОАО «Белэнергоремналадка», НИИ «Белгипротопгаз», ОАО «БЕЛГАЗСТРОЙ – управляющая компания холдинга», предприятия ГПО «Белтопгаз» и др.

Деловая программа форума включала также заседания девяти тематических секций по перспективным направлениям двустороннего сотрудничества, совместное заседание торгово-промышленных палат стран и другие мероприятия. Впервые на форуме были представлены международные структуры – Содружество Независимых Государств и его Межпарламентская ассамблея, Евразийская экономическая комиссия, Шанхайская организация сотрудничества. Состоялась специальная панельная сессия Комитета государственного контроля Беларуси и Счетной палаты России. В Новополоцке прошел Молодежный форум городов-побратимов.



Утверждена стратегия развития энергетического сотрудничества государств – членов ШОС до 2030 года



В ходе саммита Шанхайской организации сотрудничества, который состоялся 3–4 июля в Астане, утверждена стратегия развития энергетического сотрудничества государств – членов ШОС до 2030 года.

Стратегия предполагает, что стороны будут углублять взаимодействие в энергетической сфере по следующим основным направлениям: нефтегазовая отрасль, электроэнергетика, возобновляемые и низкоуглеродные источники энергии, использование атомной энергии в мирных целях, угольная промышленность, энергосбережение и повышение энергоэффективности.

Документ конкретизирует ключевые направления сотрудничества на ближайшую перспективу, в том числе: развитие транзитного потенциала энергоресурсов и диверсификацию экспортных маршрутов; формирование новой энергетической системы с выстраиванием баланса приоритетов развития отрасли; модернизацию традиционных источников энергии, системное совершенствование отрасли; развитие инновационных технологий и науки в области использования ВИЭ, водородной энергетики; поиск новых решений в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности.

Участники организации заинтересованы в реализации совместных проектов по производству продуктов на основе углеводородов, включая продукты нефтегазохимии. Документом предусмотрено сотрудничество в области производства и экспорта энергетического оборудования, обмен опытом в сфере развития систем электро- и теплоснабжения регионов.

Государства – члены ШОС планируют также развивать взаимодействие в области возобновляемых и низкоуглеродных энергоисточников, изучать возможность увеличения объемов производства и потребления энергии ВИЭ и снижения выбросов парниковых газов. ВИЭ планируется использовать для энергообеспечения как крупных городов, так и маломасштабных объектов (домохозяйства, малый и средний бизнес), в том числе для решения вопросов электроснабжения удаленных от электросетевой инфраструктуры населенных пунктов.

В стратегии отмечается, что стороны намерены рассмотреть вопрос расширения сотрудничества в секторе новых видов топлива, а также взаимодействовать в части использования в мирных целях урановой продукции. С целью повышения осведомленности населения о безопасности атомных технологий предусмотрен обмен опытом и лучшими практиками энергетических ведомств стран ШОС по проведению информационной разъяснительной работы с привлечением экспертного и научного сообщества. Кроме того, будет изучена возможность создания научно-технического центра по атомному сотрудничеству государств альянса.

Дорожная карта по реализации стратегии будет разработана уполномоченными ведомствами государств – членов организации при содействии Секретариата ШОС.

*Подготовлено по материалам
Исполкома ЭЭС СНГ, международного информационного
агентства «Казинформ»*

Глава государства ознакомился с ходом работ по устранению последствий урагана на Гомельщине



удовлетворено более 4,5 тыс. индивидуальных заявок потребителей. Отдельные участки электросети, которые были почти полностью разрушены, пришлось отстраивать заново или прокладывать в кабельном исполнении.

Виктор Каранкевич отметил, что в каждом регионе страны организована работа по комплексной оценке состояния электросетевой инфраструктуры. По ее результатам будут выработаны подходы к повышению надежности энергоснабжения крупных энергетических узлов, промышленных предприятий и населения, созданию резерва передвижных

2 августа Президент Республики Беларусь посетил Мозырский район Гомельской области, где ознакомился с ходом работ по устранению последствий июльского урагана. О результатах усилий энергетиков по восстановлению электроснабжения населения пострадавших регионов Главу государства проинформировал Министр энергетики Виктор Каранкевич (ныне вице-премьер).

Стихия оставила без электроэнергии 1175 населенных пунктов Гомельщины. Чтобы ликвидировать последствия непогоды в регионе, аварийные бригады энергоснабжающих организаций всей энергосистемы трудились круглосуточно. Всего было задействовано 2 тыс. человек. В ходе работ было заменено 912 поврежденных опор ЛЭП, устранено 3,4 тыс. обрывов проводов.

На сегодняшний день полностью восстановлены системообразующие высоковольтные линии электропередачи, по штатной схеме запитаны все населенные пункты Гомельской области. Устранены технологические нарушения на распределительных линиях 0,4 кВ,



дизель-генераторных установок и повышению эффективности реагирования организаций энергокомплекса на резкое изменение погодных условий.

Для качественного решения этих задач на уровне Министерства энергетики принят детальный план мероприятий, предусматривающий как реализацию организационных и технических мер, так и подготовку проектов нормативных правовых актов. В частности, разработан проект указа по строительству новой высоковольтной ВЛ 330 кВ Микашевичи – Петриков – Мозырь для повышения надежности Мозырского энергоузла. Документ прошел согласование со всеми заинтересованными.

*Подготовлено по материалам
сайта Минэнерго*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ ПО ТОПЛИВУ И ГАЗИФИКАЦИИ
БЕЛТОПГАЗ

ГАЗОВИКАМ И ТОРФЯНИКАМ БЕЛАРУСИ ЕСТЬ ЧЕМ ГОРДИТЬСЯ

День работников нефтяной, газовой и топливной промышленности – особенный праздник для более чем 22-тысячного коллектива ГПО «Белтопгаз». Объединение сегодня является мощной, стабильно развивающейся структурой, которая в течение всего своего существования успешно обеспечивает бесперебойное снабжение населения и промышленных потребителей природным и сжиженным углеводородным газом, торфяной продукцией в востребованных объемах. «Белтопгаз» занимает особое место в топливно-энергетическом комплексе Беларуси и вносит вклад в обеспечение энергетической безопасности республики и устойчивое развитие экономики. О значительности этого вклада свидетельствуют в том числе показатели работы организаций объединения в 2023 году.

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ



Беларусь – одна из самых газифицированных стран на постсоветском пространстве. Газораспределительная система обеспечивает подачу природного газа во все города и районные центры республики.

общая протяженность
газовых сетей

67,8 тыс. км

потребители
природного газа

7400

коммунально-бытовых
организаций

2600

промышленных
организаций

ПОСТАВЛЕНО
ПРИРОДНОГО ГАЗА

16 993,9 млн м³

в том числе:
ГПО «Белэнерго»

8746,7 млн м³

прочим
потребителям

8247,2 млн м³

РЕАЛИЗОВАНО
СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА

45,8 тыс. т

в том числе:
населению

37,4 тыс. т

юридическим лицам

7,6 тыс. т

через АГЗС

0,8 тыс. т

Структура потребления природного газа в 2023 г., млн м³



ГПО «Белэнерго»	8 747	52 %
Белнефтехим	2 268	13 %
Минпром	397	2 %
Минстройархитектуры	404	2 %
Минжилкомхоз	733	4 %
Минсельхозпрод	632	4 %
Население	1 984	12 %
Прочие потребители	1 830	11 %

В рамках реализации **Программы комплексной модернизации производств газовой сферы на 2021–2025 годы:**

- проведено комплексное приборное обследование **8521,1 км** подземных газопроводов;
- установлено **932** изолирующих соединения;
- оснащено видеорегистраторами **328** автомобилей производственных бригад;
- модернизировано **88** систем контроля загазованности;
- заменено: **13 790** натяжных кранов на шаровые;
1144 газопровода-ввода на приставные;
154 807 единиц морально устаревшего оборудования на современное.

Приоритетом развития газовой сферы является внедрение в газораспределительную систему инноваций: модернизация оборудования с использованием современных технологий и устройств, автоматизация управления объектами системы в рамках концепции «умный город».

ТОРФЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Беларусь входит в число мировых лидеров в сфере добычи торфа и производства торфяной продукции.
По состоянию на 1 января 2024 года организациями торфяной промышленности ГПО «Белтопгаз»:

добыто торфа **2,2 млн т**
построено площадей добычи **451,1 га**

ТОПЛИВНАЯ ПРОДУКЦИЯ (торфяные брикеты и сушенка):

произведено **969,5 тыс. т**
реализовано **960,1 тыс. т**

в том числе: 852,6 тыс. т – на внутреннем рынке
107,5 тыс. т – на экспорт

ПРОДУКЦИЯ НЕТОПЛИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ (грунт торфяной, торф верховой, грунт покровный для выращивания грибов):

произведено **126,8 тыс. т**
реализовано **133,5 тыс. т**

в том числе: 90,9 тыс. т – на внутреннем рынке
42,6 тыс. т – на экспорт



Согласно Программе комплексной модернизации торфяных производств на 2021–2025 годы основными задачами развития торфяной промышленности являются:

- обеспечение конкурентоспособности торфяной продукции;
- развитие сырьевых баз;
- снижение степени износа основных производственных фондов;
- развитие альтернативных нетопливных направлений.

СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

В рамках реализации Государственной программы «Строительство жилья» на 2021–2025 годы в 2023 году:

- введено в эксплуатацию **67 объектов** газоснабжения к жилым домам;
- построено **43 км** подводящих газопроводов.

В рамках реализации Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы построено **146,6 км** подводящих газопроводов.



ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ

В рамках реализации Плана мероприятий Министерства энергетики Республики Беларусь по импортозамещению на 2023 год:

выпущено импортозамещающей продукции на сумму **\$ 37,3 млн**

поставлено на экспорт на сумму **\$ 25,0 млн**

СТРАТЕГИЯ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ

В рамках реализации Стратегии информатизации и цифровой трансформации газовой и торфяной отраслей на 2021–2025 годы в объединении создан цифровой двойник газовой отрасли. Функционирует Единая автоматизированная система, имеющая трехуровневую структуру.

В Беларуси оцифрованы все газораспределительные сети, что позволяет отслеживать работу оборудования в режиме онлайн, снижать производственные издержки, оперативно реагировать на нештатные ситуации и повышать надежность газоснабжения.

В ходе цифровой трансформации газовой отрасли осуществляется модернизация SCADA-систем, внедряются современные программные продукты в системы диспетчерского управления объектами, автоматизируется процесс взаимодействия с потребителями, модернизируется ИТ-инфраструктура с использованием высокоэффективного отказоустойчивого оборудования.

Подготовила Ольга Гончар
по материалам ГПО «Белтонгаз»

ТЭК БЕЛАРУСИ

Беларусь углубляет энергетическую интеграцию в рамках Союзного государства и СНГ

25 июля в Минске в ходе рабочей встречи заместителя Министра энергетики Дениса Мороза с делегацией Минэнерго России во главе с заместителем главы ведомства Павлом Сниккарсом стороны обсудили реализацию союзной программы по формированию объединенного рынка электроэнергии Союзного государства, проект правил его функционирования, а также вопросы подготовки к подписанию межгосударственного договора о создании рынка.



Особое внимание уделено основным направлениям взаимодействия, обеспечивающим параллельную работу энергосистем двух стран. Речь также шла об условиях и перспективах партнерства в сфере атомной энергетики.

13 августа Денис Мороз провел рабочую встречу с представителями исполкома Электроэнергетического Совета СНГ. Делегацию возглавил председатель исполкома Тарас Купчиков. Стороны отметили продуктивное взаимодействие в электроэнергетике по ключевым направлениям, в том числе в области цифровизации. Обсуждены предложения по организации научно-практической конференции, посвященной цифровой трансформации энергетики, где будут представлены соответствующие стратегии стран СНГ и лучшие практики компаний и организаций энергокомплекса.

Российская компания «ТВЭЛ» готова предложить Беларуси новые направления партнерства

15 июля в ходе рабочей встречи Министра энергетики Виктора Каранкевича (ныне вице-премьер) и президента АО «ТВЭЛ» (управляющей компании топливного дивизиона Госкорпорации «Росатом») Натальи Никипеловой были рассмотрены возможности расширения партнерства.

Взаимодействие Минэнерго со специалистами АО «ТВЭЛ» осуществляется на регулярной основе по многим вопросам, включая подготовку концепции вывода из эксплуатации

БелАЭС, а также проектирование и сооружение в стране пункта захоронения радиоактивных отходов. Компанией «ТВЭЛ» и государственным предприятием «БелРАО», входящим в состав Минэнерго, ранее подписаны документы о сотрудничестве и дорожная карта по подготовке персонала для госпредприятия.

Президент АО «ТВЭЛ» Наталья Никипелова назвала сотрудничество с Беларусью продуктивным и выразила готовность к его расширению. В российской отрасли запущены масштабные инвестиционные проекты в сфере обращения с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами, а также радиохимии. Создаются новые мощности, во многом уникальные для энергетики. В этой связи компания может предложить Беларуси новые направления партнерства.

На Аллее международного сотрудничества Росатома «зажглась» звезда Белорусской АЭС

В рамках торжественных мероприятий, посвященных 70-летию пуска первой в мире атомной электростанции, в Обнинске (Калужская область) состоялось открытие Аллеи международного сотрудничества Росатома. Аллея будет состоять из звезд, символизирующих атомные проекты России за рубежом. В числе первых – звезда Белорусской АЭС, которую «зажег» генеральный директор государственного предприятия «Белорусская АЭС» Сергей Бобович.

В день открытия на аллее появились звезды Венгрии (АЭС «Пакш-2»), Египта (АЭС «Эль-Дабаа»), Индии (АЭС «Куданкулам»), Ирана (АЭС «Бушер»), Китая (АЭС «Тяньвань» и АЭС «Сюйдапу»), Турции (АЭС «Аккую»), Армении (Армянская АЭС) и Бангладеш (АЭС «Руппур»).



Аллея является продолжением существующей в Обнинске с 2022 года Аллеи атомных городов, на которой представлены выложенные на гранитных плитах 26 латунных звезд с эмблемами российских городов, связанных с атомной промышленностью.

КОТК рассмотрела вопросы унификации технических требований и норм стран СНГ и Балтии

31 июля на площадке Системного оператора Единой энергетической системы Российской Федерации состоялось заседание рабочей группы «Регулирование частоты и мощности» Комиссии по оперативно-технологической координации совместной работы энергосистем стран СНГ и Балтии (КОТК). Белорусскую делегацию возглавил заместитель генерального директора по оперативной работе – главный диспетчер ГПО «Белэнерго» Денис Ковалев.



Участники заседания рассмотрели редакции технических требований и норм, направленных на унификацию подходов и критериев, повышение эффективности работы энергосистем, входящих в КОТК, в условиях развития ВИЭ, применения технологий накопления электроэнергии, организации процессов нормированного первичного и автоматического вторичного регулирования частоты и потоков мощности.

Белорусская сторона с учетом собственного опыта и исследований предложила соответствующие изменения и дополнения в технические требования и нормы, которые были поддержаны большинством участников заседания.

Внесены изменения в перечни стандартов к техрегламенту ЕАЭС «Электромагнитная совместимость технических средств»

Коллегия Евразийской экономической комиссии внесла изменения в перечни стандартов к техническому регламенту ЕАЭС «Электромагнитная совместимость технических средств» (ТР ТС 020/2011). В частности, перечни дополнены актуализированным межгосударственным стандартом ГОСТ CISPR 35-2019, содержащем требования

к электромагнитной совместимости мультимедийного оборудования. Он заменит межгосударственный стандарт ГОСТ EN 55020-2016, в отношении которого предусмотрен переходный период его применения до 1 июля 2025 года.

По решению Коллегии ЕЭК с 1 августа 2024 года перестал действовать межгосударственный стандарт ГОСТ EN 50557-2018.

Изменения в указанные перечни вступят в силу по истечении 180 календарных дней с даты официального опубликования решения Коллегии ЕЭК.

В Беларуси выросла доля бытовых газовых баллонов, маркированных RFID-метками

Газовыми баллонами в нашей стране пользуется около 600 тыс. потребителей. Для повышения безопасности и качества их обслуживания с 2021 года баллоны на газонаполнительных станциях маркируют электронными RFID-метками. Сейчас в Беларуси доля маркированных газовых баллонов выросла до 70 %.

Электронный учет обеспечивает полную автоматизацию процесса наполнения баллонов и их доставки населению. Данные о маршрутах передвижения и обороте баллонов систематизируются в специальной программе, с помощью которой контролируется техническое состояние каждого из них и выявляются те баллоны, которые необходимо направлять на техобслуживание, проверку герметичности, окрашивание и повторную пломбировку.

Планируется, что процесс маркировки баллонов электронными метками завершится к 2025 году.

Число электрзарядных станций под брендом SKAT вырастет

В октябре 2023 года ОАО «Белсельэлектросетьстрой» успешно реализовало первый проект по оснащению электрзарядными комплексами SKAT городов Шклова и Жодино. До конца 2024 года сеть станций расширится до 50. Большинство будет установлено в Минске, преимуще-



ственно во Фрунзенском районе. Стратегией производителя предусмотрена также установка зарядных комплексов в областных центрах и крупных городах страны.

В настоящее время ведется строительство нового цеха по сборке ЭЗС. Линейка зарядных станций SKAT включает более 10 моделей стандартов Mode 3 и Mode 4 мощностью от 30 до 240 кВт. Это в том числе и быстрые станции с разъемами GB/T, позволяющими заряжать китайские электрокары. Более половины комплектующих для электрозарядных комплексов SKAT – отечественного производства.

С начала сезона в Беларуси добыли первый миллион тонн торфа

По состоянию на конец июля торфобрикетные заводы Минэнерго добыли более 1 млн т торфа. За сезон этого года планируется добыть свыше 2 млн т. Текущие погодные условия позволяют выдерживать необходимую динамику работ. В первом полугодии организациями ГПО «Белтопгаз» произведено 288,7 тыс. т торфяных брикетов и 59,8 тыс. т сушенки.

Беларусь занимает лидирующие позиции в мире по объемам добычи торфа и первое место – по производству торфобрикетов. Торфяная промышленность вносит заметный вклад в обеспечение энергетической безопасности страны. В общем объеме использования местных видов топлива доля торфа составляет около 15 %.

Создано опытное производство по выпуску новых видов удобрений на основе торфа

ОАО «ТБЗ Ляховичский» совместно с УП «Торговый Дом Торфяные Гуматы» создало опытное производство по выпуску новых видов жидких и сухих гуминовых удобрений на основе торфа. Импортзамещающая продукция с высоким содержанием гуминовых веществ предназначена для применения в сельском хозяйстве в целях увеличения урожайности и улучшения качества сельскохозяйственных культур, а также повышения плодородия почвы. В настоящее время решаются вопросы сертификации новой продукции.

Качество удобрений уже успешно протестировали хозяйства в различных регионах страны. Кроме того, дополнительно изучаются возможности производства консерванта для хранения сенажа и кормовой добавки для крупного рогатого скота на основе жидких торфяных гуматов. Эта работа ведется совместно с НАН Беларуси.

В планах завода – выход на промышленное производство новых удобрений. Интерес к этой продукции проявляют потребители как внутри страны, так и за рубежом.

Белорусские торфозаводы открывают новые рынки сбыта в Китае

30 июля в Пекине подписано соглашение о сотрудничестве ГПО «Белтопгаз» с китайской компанией Heilongjiang Zhongju International Trade.

Согласно документу торфобрикетные заводы объединения до конца года отгрузят в Китай пробную партию

торфяной продукции нетопливного назначения общим объемом 4 тыс. т. В 2025 году планируется увеличить экспорт до 40 тыс. т.

Это значимый шаг к укреплению взаимовыгодного сотрудничества с партнерами из КНР. Повышенный интерес китайской компании после применения пробной партии продукции говорит о высоком качестве белорусского торфа и его востребованности на китайском рынке.

В Белорусской энергосистеме внедряется электронная модель тепловых сетей

1 августа в ГПО «Белэнерго» состоялось совещание по вопросам внедрения и эксплуатации в энергоснабжающих организациях объединения электронной модели тепловых сетей с использованием геоинформационной системы. Мероприятие носит практико-ориентированный



характер и проводится в рамках работы по паспортизации тепловых сетей и созданию их расчетно-цифровых моделей в крупных городах.

Специалисты РУП «Белнипиэнергопром» разработали электронные модели для нескольких филиалов РУП «Витебскэнерго» и РУП «Минскэнерго». Представители предприятий поделились опытом эксплуатации геоинформационной системы ZuluGIS и модуля ZuluThermo, рассказали об их преимуществах и трудностях, возникших в процессе их внедрения и использования.

Геоинформационная система ZuluGIS позволяет значительно экономить время и облегчает процесс сбора, анализа данных и принятия оперативных решений. Вместе с тем при внедрении системы возникают сложности по ее интеграции с другими используемыми на предприятиях информационными системами.

Участники совещания обсудили также проект отраслевого стандарта «Электронная модель системы теплоснабжения производственного назначения».

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

ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИНТЕГРАЦИИ БЕЛАЭС В ЭНЕРГОСИСТЕМУ ЗАВЕРШЕНЫ



1 июля на Березовской ГРЭС состоялась торжественная церемония, посвященная пуску пиково-резервных источников на четырех энергообъектах республики – Березовской и Лукомльской ГРЭС, Минской ТЭЦ-5 и Новополоцкой ТЭЦ. Суммарная мощность энергоисточников составила 800 МВт. Мероприятие приурочено к 30-летию института президентства в Республике Беларусь. Участие в церемонии принял Министр энергетики Виктор Каранкевич (с 12 августа – заместитель Премьер-министра Республики Беларусь).

Строительство пиково-резервных энергоисточников (ПРЭИ) осуществлялось в рамках Комплексного плана развития электроэнергетической сферы до 2025 года с учетом ввода Белорусской атомной электростанции.

Ввод ПРЭИ стал завершающим этапом технических мероприятий по интеграции Белорусской АЭС в энергосистему страны. На предшествующих этапах было построено около 1,7 тыс. км высоковольтных электросетей, модернизированы четыре системообразующие подстанции, введена в эксплуатацию высокотехнологичная ПС 330 кВ «Поставы». Благодаря этому электроэнергия с БелАЭС поступает во все регионы страны. На 20 энергообъектах введены в строй современные электрокотлы суммарной мощностью 916 МВт, предназначенные для выравнивания суточных нагрузок и производства тепла для отопления крупных населенных пунктов.

«В ходе строительства объектов применены современные технологии и передовые решения: оборудование и программные комплексы, системы автоматизации и цифровизации, – отметил Виктор Каранкевич. – Ввод в эксплуатацию объектов такого уровня – очередной важный шаг в обновлении производственных мощностей отрасли, который стал возможным благодаря поддержке Главы государства и Правительства».

Реализация проектов по вводу ПРЭИ позволит повысить надежность энергоснабжения потребителей за счет создания быстродействующего резерва мощности для покрытия пиковых нагрузок и формирования оптимальных режимов работы энергосистемы в условиях функционирования БелАЭС. Резервные источники построены на базе высокоманевренных газотурбинных установок, которые





могут выдать номинальную мощность в сеть в течение 15 минут.

Виктор Каранкевич также подчеркнул, что благодаря поддержке Главы государства отрасль прошла поэтапную масштабную модернизацию. С начала 2000-х годов в энергетике были реализованы две государственные программы, в рамках которых введены в эксплуатацию высокоэффективные генерирующие мощности и выведено устаревшее оборудование, модернизированы блоки на основных станциях высокого давления.

За последние 30 лет установленная мощность объектов генерации в стране выросла в 1,8 раза – до 12 тыс. МВт. В ходе модернизации сетевой инфраструктуры общая протяженность электрических сетей увеличилась на 30 тыс. км, тепловых – почти вдвое. Значительно улучшились основные показатели работы энергосистемы. Так, удельный расход условного топлива на отпуск электроэнергии снизился почти на 20 %, технологический

расход на транспорт в электро- и теплосетях – на 30 % и 20 % соответственно.

В 2023 году общий объем электропотребления в стране увеличился на 2,5 млрд кВт·ч и достиг рекордного показателя – 41,1 млрд кВт·ч. Положительная динамика сохраняется и в этом году.

Ввод в эксплуатацию атомной электростанции стал историческим моментом для отрасли. Страна полностью отказалась от покупки электроэнергии. Снизилась зависимость экономики от импортируемого природного газа. Строительство такого масштабного высокотехнологичного объекта, как АЭС, придало мощный импульс развитию энергетики и смежных отраслей, широкому внедрению в них новейших технологий.

По завершении мероприятия работникам энергосистемы, внесшим большой личный вклад в реализацию проектов по строительству ПРЭИ, вручены благодарности и грамоты Правительства, Министерства энергетики, ГПО «Белэнерго».

МИРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Выбросы от ископаемого топлива установили мировой рекорд

Эксперты международной исследовательской организации Energy Institute (EI) сообщили, что в 2023 году выбросы углекислого газа достигли рекордных значений – 40 гигатонн (на 2 % больше, чем в 2022-м). Причиной стало максимальное потребление энергии.

Общее первичное потребление (как из возобновляемых, так и из углеводородных источников) в мире составило 620 эксаджоулей. При этом использование углеводородных энергоносителей по сравнению с 2022 годом увеличилось на 1,5 %, до 505 эксаджоулей (в основном за счет потребления угля и нефти), из ВИЭ – на 13 %, до 4748 тераватт/час (рост обеспечен в основном солнечной и ветроэнергетикой). Использование газа осталось на прежнем уровне.

Мировые инвестиции в чистую энергетику в 2023 году выросли до \$ 200 млрд, увеличившись за год более чем на 70 %.

Нефть сохранит свою значимость в мировой энергосистеме

По оценкам аналитиков BP, несмотря на стремительный рост низкоуглеродной генерации, ее оказалось недостаточно для удовлетворения общего мирового спроса на энергию, поэтому использование ископаемого топлива в последние годы продолжало расти и достигло нового максимума в 2023 году, что было обусловлено в первую очередь ростом спроса на нефть.

В энергетическом прогнозе BP отмечено, что в ближайшие 10–15 лет нефть продолжит играть значительную роль в мировой энергетике и будет требовать постоянных инвестиций в добычу. При этом в перспективе ожидается снижение спроса на нее, обусловленное повышением эффективности транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания и расширением электромобильности.

В развитых экономиках потребление нефти падало на протяжении последних 20 лет. В частности, в 2022 году спрос на этот энергоресурс сократился примерно на 2 млн б/с по сравнению с допандемическим уровнем и на 5,5 млн б/с (около 10 %) – по сравнению с историческим пиком в 2005 году. В то же время значительно вырос спрос на природный газ в развивающихся азиатских экономиках, а в условиях ограничений российского экспорта в Европу на газовых рынках увеличилась роль СПГ.

В Китае началось строительство нового атомного энергоблока

В июле на китайской атомной электростанции «Сюйдапу» началось строительство нового энергоблока установленной мощностью 1,29 ГВт. Его ввод в эксплуатацию



запланирован на 2029 год. На энергоблоке будет использован китайский реактор третьего поколения, охлаждаемый водой под давлением.

АЭС «Сюйдапу» в провинции Ляонин является второй по счету атомной электростанцией на северо-востоке Китая. В рамках реализации проекта, инвестиции в который составляют 140 млрд юаней (порядка \$ 19,6 млрд), предусмотрено сооружение шести реакторов общей установленной мощностью 7,6 ГВт. После завершения строительства станция сможет ежегодно вырабатывать до 54 млрд кВт·ч.

Возведение первых двух энергоблоков АЭС началось в 2021 году, третьего – в ноябре 2023 года.

Европа увеличивает закупки газа в России и снижает его импорт из США

Согласно полугодовому отчету Форума стран – экспортеров газа (ФСЭГ), в первой половине текущего года Евросоюз увеличил закупки российского трубопроводного газа на 24 %. Рост поставок произошел на фоне общего снижения потребления газа в ЕС и падения объемов импорта СПГ. Кроме России, поставки по газопроводам нарастили Норвегия и Азербайджан.

Суммарно за полгода весь трубопроводный импорт газа ЕС составил около 80 млрд м³ (на 6 % больше, чем за аналогичный период 2023 года). На долю России, по разным оценкам, пришлось около 15–16 млрд м³. При этом от-



грузки сжиженного газа в ЕС за тот же период снизились на 19 % к прошлому году, хотя глобальный экспорт СПГ в мире вырос на 1,3 %.

Bloomberg отмечает, что американские экспортеры СПГ сократили поставки в Евросоюз, переориентировавшись на страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), где топливо стоит дороже.

Определены сроки запуска новых блоков АЭС «Пакш-2»

Первый блок атомной электростанции «Пакш-2» в Венгрии планируют запустить в 2030 году, второй – в 2031-м.

В конце июня ЕС официально подтвердил отсутствие ограничений для проекта АЭС «Пакш-2». Таким образом, компаниям больше нет необходимости запрашивать разрешение на работу у регуляторов. Проектом интересуются не только венгерские, но и сербские, немецкие, итальянские и турецкие компании.

«Пакш» – единственная действующая атомная электростанция в Венгрии. Проект «Пакш-2» с двумя энергоблоками реализуется на основе российско-венгерского межправительственного соглашения, подписанного в 2014 году.

Названы лидеры по доступности бензина в Европе

Рейтинг по доступности бензина в Европе в первой половине 2024 года возглавил Люксембург. Жители этой страны имеют возможность купить на среднюю зарплату более 2,5 тыс. л бензина. Второе место заняла Великобритания (2,1 тыс. л). В первую пятерку рейтинга входят также Ирландия, Австрия и Нидерланды (более 1,87 тыс. л).



Россия заняла в рейтинге 13-е место, между Францией и Кипром (около 1,29 тыс. л 95-го бензина). Последнее место занимает Молдова: ее результат – 463 л – в 5 раз меньше, чем в Люксембурге, и в 2,8 раза меньше, чем в России. Нижние строчки рейтинга занимают также Румыния, Венгрия, Словакия, Латвия и Хорватия (менее 700 л).

В абсолютных ценах, без привязки к зарплате, самая низкая стоимость бензина отмечена в Казахстане. На втором месте по дешевизне топлива находится Россия, замыкает тройку Беларусь. Далее следуют в основном страны Восточной Европы, в которых сохраняются относительно низкие цены на бензин.

На Сахалине запустили первый в России водородный полигон

В Южно-Сахалинске ввели в эксплуатацию первый в России водородный полигон. Он базируется на территории Специального конструкторского бюро средств автоматизации морских исследований (СКБ САМИ) Дальневосточного отделения РАН.

Планируется, что полигон станет площадкой для совместных научно-образовательных проектов, в рамках которых студенты будут заниматься исследованиями и разработками в области новой энергетики.



Автономные источники питания на основе водорода позволяют обеспечивать электроэнергией труднодоступные районы Сахалина и Курильских островов. После апробации водородные технологии планируется распространить в других регионах страны.

Разработана революционная технология установки ветровых турбин

В рамках стартапа CLS Wind (США) разработана новая система установки турбин, которая может вдвое снизить цены на наземные, морские и плавучие ветряные станции, одновременно позволяя устанавливать крупные устройства. Об этом пишет Interesting Engineering.

Запатентованная система сборки лифтового типа обеспечивает более простую и безопасную установку ветротурбин без использования барж или судов. Техническое обслуживание и капитальная модернизация также могут выполняться быстрее и дешевле.

Система применима как для наземных, так и для морских турбин и позволит осуществлять их одновременную установку, поскольку ее можно выполнять с использованием небольших кранов. Разработчики обещают полнофункциональное подъемно-нагрузочное тестирование системы и полную автоматизацию работ.

В Норвегии построена крупнейшая в мире СЭС с вертикальными панелями

В столице Норвегии на крыше футбольного стадиона «Уллевалл» (Ullevaal Stadion) построена самая большая в мире солнечная электростанция с вертикальными па-



нелями. Это техническое решение позволило разместить рабочие поверхности панелей таким образом, чтобы свет падал на обе стороны пар. Это увеличило выход мощности на 20–30 %.

1242 солнечные панели мощностью по 200 Вт размещены на площади 2500 м². Заявленная мощность поля достигает 248 кВт. За год электростанция сможет выработать до 219 МВт·ч. Панели ориентированы с севера на юг с отклонением на 20 ° на восток с южной стороны. Это, а также отражение солнечных лучей от снега позволит станции эффективнее работать зимой. Это важно, если принять во внимание расположение СЭС: Осло находится на широте Санкт-Петербурга и не изобавлен солнечным светом.

Метод вертикального размещения солнечных панелей обещает стать весьма востребованным, поэтому свой рекорд компания обещает вскоре побить новым достижением.

Представлен первый калий-ионный аккумулятор стандартного форм-фактора

Компания Group1 выпустила первый в мире калий-ионный аккумулятор, выполненный в широко распространенном цилиндрическом форм-факторе 18 650 (диаметр 18 мм, длина 65 мм). В качестве носителя заряда в нем используются ионы калия.

Батарея стала результатом многолетних исследований. Особого внимания заслуживает ее высокая производительность. В ходе серии испытаний новый источник питания не только оправдал, но и превзошел ожидания разработчиков.

Калий-ионный аккумулятор работает при стабильном напряжении 3,7 В, и его можно использовать в большинстве современных электронных устройств. Батарея относится к категории перезаряжаемых и способна выдержать множество циклов зарядки/разрядки до существенного снижения емкости. Аккумулятор накапливает значительное количество энергии по отношению к своей массе, что делает его подходящим для использования в сегментах, где требуется высокая производительность, таких как электротранспорт и портативная электроника.

Благодаря стандартному форм-фактору и хорошей энергоемкости калий-ионный аналог может стать достойной заменой литиевых и натриевых батарей.

В Китае обнаружено подводное месторождение газа

Китайская компания China National Offshore Oil Corporation (CNOOC) обнаружила в Южно-Китайском море месторождение природного газа. Оно расположено к юго-востоку от острова Хайнань – в этом районе средняя глубина моря составляет 1,5 км, а газоносный бассейн находится на 210 м ниже морского дна.

Месторождение получило название Lingshui 36-1. По предварительной оценке, его запасы составляют более 100 млрд м³ природного газа, и оно является первым в мире «сверхмелководным газовым месторождением в сверхглубоких водах».

В Азербайджане ввели в эксплуатацию плавучую СЭС

В июле введена в эксплуатацию уникальная для Азербайджана плавучая солнечная электростанция «Беюкшор», построенная на одноименном озере на Апшеронском полуострове. Проект осуществлялся испанской компанией Gamma Solutions за счет гранта Азиатского банка развития (АБР). Три основных блока панелей работают по принципу солнечной батареи: фотоэлектрический генератор постоянного тока использует эффект преобразования энергии солнца в электрическую.



Проект входит в региональную инициативу АБР «Развитие плавучих солнечных энергетических систем», охватывающую Азербайджан, Кыргызстан и Афганистан. Мощность азербайджанской станции составляет 100 кВт переменного тока, из которых 95 кВт приходится непосредственно на плавучую часть (FPV) и 5 кВт – на наземную часть.

Доля ВИЭ в общем энергобалансе Азербайджана (с учетом гидроэнергетики) в настоящее время достигает 15 %. К 2030 году страна планирует довести этот показатель до 30–33 %.

Подготовлено по материалам международных энергетических агентств, информационных порталов

Мы заинтересованы в развитии всестороннего сотрудничества с регионами России

Межрегиональное сотрудничество Беларуси и России – одно из стратегических направлений интеграции двух стран в рамках Союзного государства. Сегодня Беларусь имеет экономические связи практически со всеми субъектами Российской Федерации, что создает новые условия для развития регионов обеих стран и играет значимую роль в достижении экономического и технологического суверенитета республики. О том, какой вклад вносит энергетическая отрасль Беларуси в углубление интеграции на региональном уровне, инновационное развитие Союзного государства и снижение зависимости ТЭК от импортного оборудования, рассказал корреспонденту журнала заместитель Министра энергетики Денис Равильевич Мороз.



– Денис Равильевич, по мнению экспертов, сотрудничество регионов Беларуси и России развивается сегодня в геометрической прогрессии во всех сферах. Насколько интенсивно проходит этот процесс в энергетической отрасли?

– Межрегиональное сотрудничество Беларуси и России в рамках Союзного государства относится к приоритетным направлениям интеграции. По итогам встречи глав государств в мае текущего года принято решение об углублении дальнейшего белорусско-российского взаимодействия. Этот ключевой тезис прозвучал также на XI Форуме регионов Беларуси и России в Витебске в июне. Приверженность наших стран стратегическому партнерству и общим целям Союзного государства подтверждается ежегодным рекордом по количеству коммерческих контрактов и региональных соглашений, заключенных на полях форума. Так, в этом году подписано более 250 разноформатных соглашений на сумму порядка 30 млрд российских рублей.

Субъекты хозяйствования Российской Федерации традиционно являются торгово-экономическими партнерами предприятий и организаций системы Министерства энергетики. На данном этапе внешнеторговое сотрудничество в энергетической сфере осуществляется с 56 регионами России, среди которых по стоимостному объему взаимной торговли

лидируют Волгоградская область, Московская область и г. Москва, Ставропольский край, Ростовская, Калужская, Брянская, Свердловская, Смоленская области и г. Санкт-Петербург.

Сотрудничество с российской стороной выстраивается на системной основе – проводятся заседания совместных рабочих групп, обсуждаются приоритетные вопросы взаимодействия, организуются визиты руководства отрасли в регионы. В соответствии с закрепленной на уровне Правительства Республики Беларусь компетенцией Министерства энергетики определено ответственным за обеспечение наращивания объемов экспорта товаров и услуг в Кировскую и Тюменскую области России.

В феврале этого года в г. Минске проведено заседание Рабочей группы по торгово-экономическому и научно-техническому сотрудничеству между Республикой Беларусь и Тюменской областью. В настоящее время идет подготовка визита белорусской делегации в г. Тюмень для участия в мероприятиях Промышленно-энергетического форума TNF, запланированного на сентябрь. Совместно с руководством Кировской области прорабатываются сроки проведения заседания рабочей группы.

На экспертном уровне налажено взаимодействие с представителями энергетических ведомств Российской Федерации, которое осуществляется в рамках мероприятий, проводимых на площадках ЕАЭС, СНГ и иных интеграционных объединений.

– Какие направления взаимодействия с российскими регионами являются приоритетными в условиях внешних ограничений?

– Спектр направлений белорусско-российского сотрудничества в энергетической сфере достаточно широк. Мы проводим переговоры по вопросам транзита электроэнергии, строительства и модернизации объектов электроэнергетики, повышения надежности и эффективности работы энергосистем Беларуси и России. В условиях внешнего давления как для нас, так и для российских регионов актуально развитие производственной кооперации и импортозамещения. Перспективы расширения взаимовыгодного сотрудничества в этой сфере предметно обсуждаются на заседаниях белорусско-российской группы по импортозамещению. Мы совместно прорабатываем вопросы поставок в Россию продукции наших предприятий, а также участия в программах импортозамещения и газификации регионов Российской Федерации.

В России востребован потенциал наших специалистов в области шеф-инженерного сопровождения ремонтов импортного оборудования, сервисного обслуживания газотурбинных агрегатов. Мы готовы к расширению кооперации в этой области, в том числе обсуждаем возможность изготовления запасных частей на предприятиях Беларуси и России.

Ощутимым результатом сотрудничества является объем экспорта продукции предприятий Минэнерго в регионы России. Согласно данным Белстата, по итогам 2023 года этот показатель составил порядка \$ 36,4 млн. Основные позиции экспорта представлены продукцией ОАО «Новогрудский завод газовой аппаратуры» и РУП «Белгазтехника», торфопродукцией (как топливного, так и нетопливного назначения), оборудованием и комплектующими для добычи и переработки торфа.

Что касается экспорта услуг, то в основном мы предоставляем нашим партнерам услуги по транспортировке газа (СУГ), тепло-, электро- и газоснабжению нерезидентов, ремонту оборудования, а также строительно-архитектурные и санаторно-оздоровительные услуги. В стоимостном объеме импорта услуг преобладают транспортно-экспедиционные.

В ближайшей перспективе мы планируем как можно более полно использовать потенциал в области сотрудничества с российскими регионами. Министерством энергетики и Правительством Свердловской области создана Рабочая группа по сотрудничеству в сфере энергетики, совместно с Правительством Ленинградской области начато формирование рабочей группы по сотрудничеству в сфере газификации региона. Во взаимодействии с Агентством по привлечению инвестиций и региональному развитию Воронеж-

ской области и руководством региона прорабатываются вопросы реализации пилотного проекта по запуску электробуса и строительству зарядных станций на территории особой экономической зоны промышленно-производственного типа «Центр» и индустриального парка «Масловский».

Все это только часть постоянной и системной работы по освоению крупнейшего экспортного рынка России и расширению взаимовыгодного межрегионального сотрудничества.

– Беларусь – одна из самых газифицированных стран на постсоветском пространстве, а белорусские газовики обладают обширным опытом и имиджем высококлассных специалистов. Востребован ли этот потенциал в регионах России?

– Сотрудничество с российскими регионами в сфере газификации – пример успешного взаимодействия в рамках Союзного государства. В отрасли на постоянной основе прорабатываются варианты участия строительно-монтажных и проектных организаций Министерства энергетики, имеющих необходимые компетенции и опыт, в газификации регионов Российской Федерации.

Организации ОАО «БЕЛГАЗСТРОЙ холдинг», входящего в систему Минэнерго, с 2023 года участвуют в проектах по социальной догазификации Смоленской области, на их счету – успешное строительство внутригородских и внутрипоселковых газораспределительных сетей на территории Гагаринского, Вяземского и Смоленского районов. В рамках подписанных контрактов работы будут продолжены – предстоит проложить еще более 40 км газораспределительных сетей и выполнить свыше 550 подводов газа к домовладениям.

Изучается перспектива привлечения белорусских предприятий к строительству внутри- и межпоселковых газопроводов по программам газификации Ленинградской области. Ведется активная проработка этого вопроса с Комитетом по топливно-энергетическому комплексу Ленинградской области и российскими компаниями, во взаимодействии с правительством региона рассматривается воз-

Расширение межрегионального сотрудничества – это определяющий вектор развития белорусско-российских отношений в эпоху глобальных вызовов и мировой нестабильности. Экономики наших стран прошли серьезную проверку на прочность и продемонстрировали устойчивость в этих непростых условиях.

возможность подписания соответствующего соглашения между Республикой Беларусь, Ленинградской областью и ПАО «Газпром». Сделать это планируется в рамках Петербургского международного газового форума в октябре 2024 года. Предполагается, что соглашение будет включать не только прокладку трубопроводов, но и поставку современных газовых котельных.

На долгосрочную перспективу рассчитано партнерство отраслевых организаций с Иркутской областью. Министерством энергетики совместно с за-

В настоящее время мы поставляем торфопroduкцию в 28 российских областей, в том числе в Рязанскую, Брянскую, Иркутскую, Кировскую, Тюменскую и ряд других. В первом полугодии текущего года в Россию экспортировано торфяной продукции на сумму порядка \$ 3 млн. Хочу подчеркнуть, что поставки осуществляются на условиях, отвечающих интересам и возможностям обеих сторон.

Мы заинтересованы в развитии всестороннего сотрудничества с регионами России в торфяной отрасли. Причем это касается не только расширения взаимной

торговли, но и создания совместных производств с организацией поставок продукции как на внутренние рынки Беларуси и России, так и в третьи страны.

В частности, достигнута договоренность с руководством Тюменской области об изучении белорусского опыта по освоению месторождений, переработке торфа и развитию торфяной отрасли, в том числе по комплексному оказанию изыскательских, проектных, строительных услуг, поставкам машин и оборудования. Эти исследования проводятся совместно с рос-

сийскими компаниями, использующими продукцию на основе торфа.

Проработка возможных белорусско-российских проектов в сфере добычи и переработки торфа ведется на постоянной основе, в том числе в рамках заседаний совместных рабочих групп и на площадках международных мероприятий.

– Какие существуют возможности для расширения и углубления сотрудничества белорусских и российских регионов в энергетической сфере? Как на этот процесс повлияет создание объединенных рынков энергоресурсов Союзного государства?

– Расширение межрегионального сотрудничества – это определяющий вектор развития белорусско-российских отношений в эпоху глобальных вызовов и мировой нестабильности. Экономике наших стран прошли серьезную проверку на прочность и продемонстрировали устойчивость в этих непростых условиях.

Важнейшей частью экономической интеграции и одним из ключевых инструментов синхронизации усилий в этом направлении является формирование объединенных рынков энергоресурсов. Задачи в этой области определены одним из разделов Основных направлений реализации положений Договора о создании Союзного государства на 2024–2026 годы, утвержденных президентами

Создание объединенных рынков энергоресурсов в значительной степени укрепит позиции обеих стран в условиях нестабильности на международных энергетических рынках и в то же время станет прямой предпосылкой для расширения сотрудничества внутри Союзного государства.

интересованными ведомствами и организациями готовится комплекс мер по расширению участия предприятий ТЭК Беларуси в программе газификации жилищно-коммунального хозяйства, промышленных и иных организаций Иркутской области до 2033 года.

Надо отметить, что в ходе встреч и переговоров представители руководства ряда регионов Российской Федерации неоднократно подтверждали заинтересованность в совместной реализации с белорусской стороной региональных программ развития газоснабжения и газификации.

– Беларусь входит в число мировых лидеров по уровню добычи торфа и объему производства топливных брикетов. Есть ли у регионов России интерес к сотрудничеству с белорусскими организациями в этой области? Какие совместные инвестиционные проекты сегодня реализуются?

– Сотрудничество отраслевых организаций с российскими субъектами хозяйствования в области добычи и переработки торфа – одно из перспективных направлений нашего партнерства. Для его успешной реализации Беларусь имеет необходимый опыт и компетенции в части добычи торфа и производства на его основе топлива, а также широкого ассортимента товаров нетопливной группы, в том числе высококачественных питательных грунтов.

На экспертном уровне налажено взаимодействие с представителями энергетических ведомств Российской Федерации, которое осуществляется в рамках мероприятий, проводимых на площадках ЕАЭС, СНГ и иных интеграционных объединений.

России и Беларуси в январе на заседании Высшего госсвета Союзного государства.

Создание объединенных рынков энергоресурсов в значительной степени укрепит позиции обеих стран в условиях нестабильности на международных энергетических рынках и в то же время станет прямой предпосылкой для расширения сотрудничества внутри Союзного государства. Ведь суть любого рынка – это разнообразие, увеличение количества предложений как со стороны продавцов, так и со стороны потребителей.

У хозяйствующих субъектов – потребителей общих энергетических рынков расширяется возможность выбора поставщика. Кто-то будет ориентироваться на минимизацию цены, кто-то на стабильность долгосрочных отношений, а кто-то, возможно, ограничится внутренним рынком своей страны. При этом каждый потребитель может принять самостоятельное решение о том, что для его бизнеса важнее.

Эффект для сектора продавцов также очевиден. Открытие новых торговых площадок – это, во-первых, расширение направлений товарного потока, а следовательно, свежее дыхание, которое заставляет бизнес «подтянуться» и работать эффективнее. Во-вторых, это новые предложения сотрудничества, взаимовыгодные сделки, проекты, перспективы, возможность развития.

В частности, белорусские производители готовы выступать с предложениями о продаже на общем рынке электроэнергии. В стране достаточно генерирующих мощностей для удовлетворения внутреннего спроса и формирования предложений на экспорт. Беларусь также обладает развитой внутренней и межгосударственной сетевой инфраструктурой.

Уверен, что белорусские энергетики смогут найти партнеров и сами будут интересны на рынке Союзного государства.

БЕЛАРУСЬ – РОССИЯ: МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

250 соглашений подписано в рамках XI Форума регионов Беларуси и России 27–28 июня 2024 года

Взаимодействие в энергетической сфере

56 российских регионов являются партнерами Беларуси в энергетической сфере

\$ 36,4 МЛН составил объем экспорта продукции организаций Минэнерго в Россию

28 регионов России импортируют торфопroduкцию, произведенную предприятиями ГПО «Белтопгаз»

\$ 3 МЛН составил объем экспорта в Россию торфопroduкции отраслевых организаций за январь–июнь 2024 года

Белорусскими газовиками построено **20 КМ** газопроводов, выполнено **220** подводов газа к домовладениям в Смоленской области

К.В. ДОБРЕГО,
д.ф.-м.н., профессор,
руководитель проекта
развития СНЭ ООО «Актив
ОМЗ» группы компаний
IAK-GROUP



В.Л. ЧЕРВИНСКИЙ,
к.т.н., доцент, заведующий
кафедрой ЮНЕСКО
«Энергосбережение
и возобновляемые источники
энергии» БНТУ



Д.Н. ГУЛЬКЕВИЧ,
инженер отдела
проектных продаж
ООО «Белинвестторг»
группы компаний
IAK-GROUP



О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА СТОИМОСТИ ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ НАКОПЛЕНИЯ, РАБОТАЮЩИХ В БУФЕРНОМ РЕЖИМЕ

Значимым препятствием на пути развития систем накопления энергии в Союзном государстве является отсутствие методик расчета экономического эффекта применения таких систем на объектах энергетической системы, ЖКХ, промышленности. В статье рассматриваются особенности расчета величин нормированной стоимости электроэнергии (LCOE) и нормированной стоимости хранения электроэнергии (LCOS) применительно к системам накопления энергии. Определяется аналогичный показатель для расчета стоимости хранения электроэнергии в буферном режиме. Обосновывается экономическая целесообразность применения литий-ионных батарей в системах накопления электроэнергии, работающих в буферном режиме, на промышленных предприятиях и с оборудованием радиосвязи.

В настоящее время все шире применяются системы накопления электрической энергии (СНЭ). По данным BlumbergNEF [1], общая мощность эксплуатируемых в мире СНЭ за 2022 год выросла на 16 ГВт, а их емкость – на 35 ГВт·ч. Прогнозируется, что до конца 2030 года объемы вводимых накопителей продолжат расти в среднем на 23 % в год.

В России и Беларуси разработаны программные документы, направленные на развитие систем накопления электроэнергии (СНЭ): Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации (2017) и Концепция применения систем накопления энергии на базе литий-ионных аккумуляторов в Белорусской энергосистеме (2022). В них констатируется необходимость разработки нормативно-правовой базы для применения СНЭ, научного обеспечения развития соответствующих технологий, создания центров компетенций и реализации пилотных проектов в этой сфере.

Обзор исследований по экономической эффективности применения СНЭ

Необходимым условием для практического внедрения СНЭ является наличие научно обоснованных методик расчета экономической эффективности их применения. Однако сегодня отсутствуют не только стандартизированные методики, но и основательные научные публикации по данному вопросу.

В русскоязычной научно-технической литературе имеются исследования общего характера по эффективности

применения СНЭ, как правило, касающиеся анализа их влияния на работу энергосистемы или крупных генерирующих станций [2–6].

Так, в работах [2–4] рассматриваются подходы, позволяющие определить границы экономической целесообразности применения СНЭ с целью выравнивания графика нагрузки в энергосистеме. Предлагаемые модели ориентированы на расчет системного эффекта и носят оценочный характер. В работе [5] проводится сравнительный анализ экономической эффективности конкурирующих проектов – внедрения СНЭ и использования электродвигателей для выравнивания графика нагрузки энергосистемы в условиях работы БелАЭС. В [6] выполнен функциональный и экономический анализ использования СНЭ на теплоэлектростанциях с оценкой экономии, получаемой за счет снижения расходов на собственные нужды ТЭС при условии рыночной стоимости используемой на эти цели электроэнергии.

В отчете о научно-исследовательской работе «Концепция применения систем накопления энергии на базе литий-ионных аккумуляторов в Белорусской энергосистеме» [7] содержатся разделы, посвященные анализу экономической целесообразности использования СНЭ:

- на ТЭС;
- на подстанциях системообразующих электрических сетей напряжением 220 кВ и выше;
- в распределительных сетях напряжением 110 кВ и ниже;
- в распределительных сетях промышленных предприятий;
- в системах электроснабжения с ВИЭ;
- в зарядной инфраструктуре для электротранспорта.

Оценка экономической эффективности строится на Методических рекомендациях по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий [8], то есть определяется величина экономии топлива от внедрения мероприятия, что применимо прежде всего для системной макроэкономической оценки.

Имеются также более узкие специализированные исследования, касающиеся технико-экономической эффективности гибридизации СНЭ [9], не предлагающие методик оценки применения конкретных технических решений.

В [10] рассматривается методика расчета экономического эффекта применения СНЭ на промышленных предприятиях. Охарактеризованы основные функции СНЭ и особенности расчета экономического эффекта от реализации этих функций в условиях статистического характера нагрузки предприятия. Приведены расчеты простого срока окупаемости инвестиций на установку СНЭ для предприятия при нескольких вариантах условий оплаты за электроэнергию.

В настоящей статье с методической точки зрения рассматривается задача выбора типа аккумуляторной батареи (АКБ) для СНЭ, работающей в буферном режиме. Обсуждены особенности расчета нормированной стоимости электроэнергии (LCOE) и нормированной стоимости хранения электроэнергии (LCOS) в применении к задачам эксплуатации СНЭ. Приведен пример расчета LCOS для СНЭ, предназначенной для обеспечения бесперебойности работы радиорелейного или иного ответственного оборудования.

О нормированной стоимости хранения электрической энергии

Для сравнения экономической эффективности различных СНЭ необходимо использовать ясные и однозначно определенные критерии. Базовым параметром при сравнении является нормированная стоимость хранения энергии. Поскольку в определении этого понятия присутствует некоторая неоднозначность, попытаемся его уточнить.

Понятие стоимости хранения электроэнергии формировалось на основе известного в энергетике понятия нормированной стоимости электроэнергии (LCOE), применяемого к электростанциям и генерирующим установкам. Смысл данной величины – расчетная себестоимость производства электроэнергии на протяжении всего жизненного цикла электрогенератора, включая все инвестиции, затраты на поддержание его работы и обслуживание, на топливо, рециклинг и пр. Принятое формальное выражение этой величины [11, 12] имеет вид

$$LCOE = \frac{\sum_t^{N_{cl}} \frac{CAP + O\&M + F}{(1+r)^t}}{\sum_t^{N_{cl}} \frac{E}{(1+r)^t}}, \quad (1)$$

где CAP – капитальные вложения, инвестиции; O&M – затраты на работу и обслуживание; F – стоимость топлива; E – выработанная электроэнергия; r – ставка дисконтирования, t – период в годах, за который учитываются приведенные выше величины.

СНЭ не является генератором электроэнергии, поэтому для нее величина LCOE должна отражать себестоимость полученной от СНЭ энергии с учетом стоимости электроэнергии от сети, инвестиционных и всех прочих затрат за жизненный цикл СНЭ. В русскоязычной литературе используется термин «стоимость буферизации электроэнергии» [3], который имеет смысл стоимости, «добавленной» к стоимости потребленной электроэнергии при пропуске ее через СНЭ с учетом всех затрат за ее жизненный цикл.

В отчете научного центра Pacific Northwestern National Laboratory [13], касающемся мировых тенденций в области технико-экономических показателей СНЭ в 2020 году, LCOE определяется как стоимость единицы полученной от СНЭ электроэнергии, по которой ее следует продать для покрытия всех совокупных затрат на СНЭ на протяжении жизненного цикла (включая налоги, финансирование, обслуживание и т.д.). Для сравнения разнообразных технологий хранения энергии в [13] используются экономические параметры (доходность инвестиций, параметры инфляции и т.п.), актуальные для США, а также технические параметры эксплуатации конкретных типов СНЭ (глубина разряда, общий ресурс циклирования, стоимость обслуживания и др.). Величина LCOE в [13] рассчитывается путем деления суммы годовых расходов на общий объем электроэнергии, отпущенной накопителем.

В отчете этого же центра за 2022 год [14] вместо LCOE используется термин «нормированная стоимость хранения энергии» (LCOS). Он имеет тот же экономический смысл, но, по мнению авторов, более точно соответствует описываемому объекту и позволяет учитывать такие действия, как ремонт или замена АКБ, при фиксированном сроке службы СНЭ. Для расчета годовых показателей в [14] использована формула

$$LCOS = \frac{[(FCR \cdot CAP_{pv}) + O\&M_{fixed}]}{AH} + ECC, \quad (2)$$

где FCR – фиксированная ставка оплаты вложений; CAP_{pv} – текущее значение капитальных издержек; $O\&M_{fixed}$ – фиксированное значение годовых расходов на работу и обслуживание; AH – время разряда СНЭ в год; ECC – стоимость электричества для зарядки, включающая потери за счет КПД накопителя.

В российских источниках распространена следующая формула для расчета LCOS, являющаяся прямой производной от (1) [15]:

$$LCOS = \frac{CAP + \sum_t^{N_{cl}} \frac{O\&M + E_{aux}}{(1+r)^t}}{\sum_t^{N_{cl}} \frac{E_0}{(1+r)^t}}, \quad (3)$$

где CAP – суммарные капиталовложения; E_{aux} – стоимость электроэнергии, полученной от сети за период t; E_0 – количество электроэнергии, выданной СНЭ за период t; r – ставка дисконтирования.

В формуле (3) требует обсуждения параметр дисконтирования объема электроэнергии, выданной за время эксплуатации СНЭ, поскольку дисконтирование как эко-

номический инструмент используется для перерасчета денежных потоков, но не материального продукта (электроэнергии), представленного в своей натуральной размерности (киловатт-часах).

Согласно [16] LCOE соответствует среднегодовой рыночной стоимости электроэнергии, при которой суммарные дисконтированные прибыли компенсируют суммарные дисконтированные затраты в течение жизненного цикла системы. При этом учитывается, что часть произведенной энергии не будет куплена, чем и обусловлено дисконтирование объема производства электроэнергии в знаменателе формулы (1).

В литературе рассматриваются и другие варианты определения LCOS, отличающиеся особенностями дисконтирования и расчета затрат [17].

Специфика СНЭ в том, что вся отпускаемая ею электроэнергия востребуется. Следовательно, дисконтирование этой энергии не имеет экономического смысла. Представляется необоснованным также дисконтирование затрат на работы по поддержанию эксплуатации и обслуживанию (O&M), физический объем и содержание которых за время службы СНЭ неизменны. С учетом этого формула (3) примет вид

$$LCOS = \frac{CAP + N_{cl} (O\&M + E_{aux})}{E_{tot}}, \quad (4)$$

где E_{tot} – полный объем электроэнергии, выданной СНЭ за время жизненного цикла. Данный вариант выражения LCOS соответствует методу расчета в [13, 14].

Другой принципиальный вопрос для вычисления LCOS связан с режимами эксплуатации СНЭ. Характерными являются режим циклирования и буферный режим работы. В последнем случае объем отпущенной энергии может быть незначительным и формула (4) теряет смысл. Поэтому для буферного режима предлагается использовать модифицированную величину $LCOS_{buf}$, обозначающую среднюю (за время работы) стоимость статического хранения единицы номинальной емкости электроэнергии в течение года:

$$LCOS_{buf} = \frac{CAP + N_{cl} \cdot O\&M + \sum_t^{N_{kr}} \frac{Fin}{(1+r)^t}}{C_0 \cdot N_{cl}}. \quad (5)$$

Здесь стоимость электроэнергии от сети E_{aux} включена в O&M; C_0 – номинальная энергетическая емкость; N_{cl} – срок службы; N_{kr} – срок кредитования; Fin – стоимость использования кредитных ресурсов (при наличии).

Методика сравнения эффективности применения батарей различного типа

В производственной практике возникает задача обновления или замены АКБ, работающих в буферном (дежурном) режиме. При этом необходимо оценить целесообразность выбора типа АКБ, например свинцово-кислотных (AGM) или литий-ионных (LFP).

Экономическое обоснование выбора должно базироваться на сравнении сопоставимых по потребительским свойствам СНЭ или источников бесперебойного питания (ИБП), построенных на различных ячейках. При этом номинальные параметры аккумуляторных блоков могут различаться.

При работе в режиме циклирования рассчитываются и сравниваются величины LCOS, при работе в буферном режиме – $LCOS_{buf}$. Сопоставляются также другие существенные эксплуатационные параметры СНЭ: объем (габариты), масса, рабочий диапазон температур, пиковые мощности и др. Вывод о преимуществе того или иного варианта делается на основании обобщения полученных данных, которым могут быть присвоены приоритеты или весовые коэффициенты.

Приведем пример использования $LCOS_{buf}$. Допустим, имеется необходимость замены АКБ в ИБП с номинальной энергетической емкостью 5 кВт·ч, работающем в буферном режиме с модулем радиосвязи. Требуется оценить целесообразность применения AGM- или LFP-ячеек.

Для аккумуляторов AGM можно принять допустимую глубину разряда (DoD), равную 100 %, для LFP – 70 %, поэтому сопоставимыми в данном случае будут ИБП с параметрами, приведенными в таблице 1. Другие исходные данные для сравниваемых систем даны в таблице 2.

Таблица 1. Параметры сопоставимых ИБП, построенных на AGM- и LFP-ячейках

Параметр	AGM	LFP
Номинальная энергетическая емкость, кВт·ч	5,0	3,5
Токовая емкость, А·ч	100	70
Номинальное напряжение, В	48	48

Величины $LCOS_{buf}$ рассчитываются по выражению (5). Капитальные затраты определяются через стоимость единицы энергетической емкости C_{uni} заданного типа АКБ: $CAP = C_{uni} \cdot C_0$. Для варианта применения LFP, требующего больших первичных инвестиций, рассчитываются издержки, связанные с дополнительным инвестированием ($Fin = CAP_{Li} - CAP_{Pb}$), по формуле аннуитетного графика возврата.

Полученные значения стоимости хранения электроэнергии и других существенных параметров АКБ приведены в таблице 3. Данные таблицы говорят об экономическом и техническом преимуществе использования LFP-ячеек при рассматриваемых исходных параметрах задачи.

Выводы

1. В работе дана характеристика состояния и показана недостаточность методической базы расчета экономической эффективности применения СНЭ в энергетике и промышленности.

2. Уточнено понятие нормированной стоимости хранения электроэнергии LCOS и введен аналогичный параметр $LCOS_{buf}$, применимый для случая работы СНЭ в буферном режиме.

Таблица 2. Исходные данные для сравнения аккумуляторов AGM и LFP

Параметр	Условное обозначение	Единица измерения	Значение	
			AGM	LFP
Номинальная энергетическая емкость	C_n	кВт·ч	5,0	3,5
Располагаемая емкость	$C_{рас}$	кВт·ч	3,5	
Токовая емкость	C_o	А·ч	100	70
Номинальное напряжение	U_n	В	48	
Максимальный продолжительный ток	I_{cc}	режим С	5С	6С
Максимальная продолжительная мощность	P_{mc}	кВт	24	20
Максимальный кратковременный ток	I_{cr}	режим С	10С	15С
Максимальная кратковременная мощность	P_{mp}	кВт	48	50
Плотность энергии	R_{om}	кВт·ч/кг	0,042	0,180
Объемная плотность энергии	R_{op}	кВт·ч/л	0,096	0,360
Объемная плотность конструкции АКБ	R_{ob}	кг/л	2,3	2,0
Общий объем АКБ (без конструкции)	V_o	л	50,5	10,0
Общая масса АКБ (без конструкции)	M_o	кг	116	20
Капитальные затраты. Первичные инвестиции*	CAP	\$/кВт·ч	90	250
Стоимость эксплуатации и обслуживания	O&M	\$/год	200	100
Время службы в буферном режиме	$N_{сп}$	лет	10	20
Банковский процент на кредитные средства	R_{bank}	%	–	14
Срок кредита	$N_{кр}$	лет	–	2
Ставка дисконтирования**	r	%	9,5	–

* АКБ без периферии (плат управления, соединений, крепежа и т.п.).

** Принята равной ставке рефинансирования.

Таблица 3. Значения $LCOS_{buf}$ и других параметров для аккумуляторов AGM и LFP

Параметр	AGM	LFP	Приоритет
$LCOS_{buf}$ (\$/кВт·ч)/год	70	42,2	1
Объем АБ (без конструкции), л	51	10	3
Масса АБ (без конструкции), кг	116	20	5
Рабочий диапазон температур, °C	до 50	до 60	2
Максимальная продолжительная мощность, кВт	24	20	4

3. Предложена методика и приведен пример сравнительного расчета эффективности применения свинцово-кислотных (AGM) и литий-ионных (LFP) ячеек в СНЭ, работающей в буферном (дежурном) режиме. Показано преимущество последних при принятых исходных параметрах задачи.

Список литературы

1. Мировой рынок накопителей энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://about.bnef.com/blog/1h-2023-energy-storage-market-outlook>. – Дата доступа: 07.04.2023.
2. Гуртовцев, А.А. Выравнивание графиков электрической нагрузки энергосистемы / А.А. Гуртовцев, Е.П. Забелло // Энергетика и ТЭК. – 2008. – № 7/8. – С. 13–20.
3. Добрего, К.В. Об обосновании экономической целесообразности использования электрохимических накопителей энергии в энергетической системе / К.В. Добрего // Энергетическая стратегия. – 2022. – № 5 (89). – С. 28–32.
4. Чернецкий, А.М. Оценка экономической эффективности использования накопителей электроэнергии в энергосистеме / А.М. Чернецкий // Изв. вузов и энерг. объединений СНГ. Энергетика. – Т. 4. – 2013. – С. 21–28.
5. К вопросу использования электрохимических накопителей энергии в условиях Белорусской энергосистемы / Е.О. Воронов [и др.] // Энергетическая стратегия. – 2017. – № 4 (58). – С. 14–17.
6. Анализ применения систем накопления электроэнергии на тепловых электрических станциях [Электронный ресурс] / Д.И. Менделеев [и др.]. – Режим доступа: eaf.etu.ru/assets/files/eaf21/papers/73-78.pdf. – Дата доступа: 20.05.2024.
7. Концепция применения систем накопления энергии на базе литий-ионных аккумуляторов в Белорусской энергосистеме: отчет о НИР (заключ.) / РУП «БелТЭИ». – Т. 1, 2; рук. А.Ф. Молочко; исполн. А.С. Привалов [и др.]. – Минск, 2022. – № Б 22-4/3.
8. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий [Электронный ресурс]: утв. Департаментом по энергоэффективности Госстандарта 11.11.2020. – Режим доступа: https://energoeffect.gov.by/supervision/framework/20201118_tepem2. – Дата доступа: 04.07.2023.
9. Добрего, К.В. Моделирование функционального взаимодействия блоков гибридного накопителя электроэнергии / К.В. Добрего, И.А. Козначеев // Изв. вузов и энерг. объединений СНГ. Энергетика. – 2023. – Т. 66, № 5. – С. 405–422.
10. О методике расчета экономической эффективности применения систем накопления энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://1ak-group.com/novosti/o-metodike-rascheta-ekonomicheskoy-effektivnosti-primeneniya-sistem-na.html>. – Дата доступа: 02.08.2024.
11. Short, W. A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies [Electronic resource] / W. Short, T. Holt, D.J. Packey // National Renewable Energy Laboratory, 1995. – Mode of access: <https://www.nrel.gov/docs/legosti/old/5173.pdf>. – Date of access: 20.05.2024.
12. A financial model for lithium-ion storage in a photovoltaic and biogas energy system / Lai Chun Sing [et al.] // Applied Energy. – 2019. – V. 251. – P. 113–179.
13. 2020 Grid Energy Storage Technology Cost and Performance Assessment: Technical Report / K. Mongrid [et al.]. – Publication № DOE/PA-0204. – December 2020. – 99 p.
14. 2022 Grid Energy Storage Technology Cost and Performance Assessment: Technical Report / V. Viswanathan [et al.]. – Publication № PNNL-33283. – August 2022. – 152 p.
15. Нормированная стоимость хранения электроэнергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://estorsys.ru/publikatsii/114-normirovannaya-stoimost-nakopleniya-energii-aspekty-primeneniya-i-raschet?ysclid=lwbx0to6mk266573852>. – Дата доступа: 18.05.2024.
16. Levelized cost of electricity in renewable energy communities: Uncertainty propagation analysis / L. Pagnini [et al.] // Applied Energy. – 15 July 2024. – V. 366. – P. 123–278.
17. Chun Sing Lai. Levelized cost of electricity for solar photovoltaic and electrical energy storage / Chun Sing Lai, M.D. McCulloch // Applied Energy. – 15 March 2017. – V. 190. – P. 191–203.

О.Ю. МОРОЗОВ,
начальник производства
ремонтных и строительно-
монтажных работ ОАО «Бел-
энергоремналадка»



Д.С. ПАЛЮХОВИЧ,
заместитель начальника
производства ремонтных
и строительно-монтажных
работ ОАО «Бел-
энергоремналадка»



А.И. ЖУРАВЛЕВ,
начальник ТНЦ
филиала «Инженерный
центр» ОАО «Бел-
энергоремналадка»



ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ИНОСТРАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В связи с прекращением в Беларуси деятельности ряда зарубежных компаний, оказывающих услуги по сервисному обслуживанию газотурбинного оборудования, ОАО «Белэнергоремналадка» совместно с ГПО «Белэнерго» с 2023 года реализует Дорожную карту создания на базе организации Сервисного центра по обслуживанию оборудования ГТУ для обеспечения его надежной и безопасной эксплуатации.

В Белорусской энергосистеме значительная часть электроэнергии вырабатывается парогазовыми установками, выполненными на базе современных газотурбинных установок (ГТУ) зарубежных производителей. В настоящее время эксплуатируются 32 газовые турбины малой, средней и большой мощности производства Siemens, General Electric, Mitsubishi, Hitachi и др., в том числе 16 турбин Siemens SGT-800, введенных в эксплуатацию в июле 2024 года в составе пиково-резервных энергоисточников.

За этот период была также создана мобильная инструментальная мастерская, оснащенная необходимым специальным инструментом для обеспечения ремонтов ГТУ. Таким образом, к моменту принятия решения о создании Сервисного центра организация уже имела опыт обслуживания газовых турбин.

После ухода зарубежных компаний, оказывавших услуги в области сервисного обслуживания энергооборудования, все инспекции ГТУ Белорусской энергосистемы выполнялись силами ОАО «Белэнергоремналадка». Так, в 2023 году специалистами Сервисного центра было проведено 14 таких инспекций, пять из них полностью осу-

Наработка опыта

Инспекции ГТУ (техническое обслуживание и ремонт) проводятся с периодичностью, зависящей от наработки оборудования в часах, в соответствии с эксплуатационной документацией производителя. Ранее эти работы выполнялись либо специалистами производителя под ключ, либо под руководством шеф-инженеров заводов-изготовителей с привлечением персонала БЭРН. С 2013 по 2022 год белорусские специалисты приняли участие в выполнении 34 инспекций различного уровня сложности на ГТУ ведущих мировых производителей.





ществлены собственными силами, в том числе:

- инспекции тракта горячих газов турбин General Electric MS 5001 блоков «А» и «Б» Оршанской ТЭЦ;
- регламентное обслуживание ГТУ 6 МВт (АО «Мотор Сич») Гродненских тепловых сетей;
- инспекции (включая бороскопическую) камеры сгорания газовой турбины PG 9171E (BHEL) Гродненской ТЭЦ-2.

Все инспекции были выполнены с высоким качеством в запланированные сроки. В организации определены специалисты, отвечающие за каждое из направлений: ремонт, наладку, диагностику и неразрушающий контроль металла. Шеф-инженерное сопровождение работ осуществляли технические специалисты БЭРН на основании полученных знаний и накопленного опыта.

В связи с отсутствием технической документации для получения персоналом практического опыта 9 инспекций проведены совместно с субподрядными организациями Российской Федерации.

Проблемы и решения

В сервисном обслуживании газовых турбин имеется ряд проблемных вопросов, одним из которых является отсутствие технической документации на оборудование ГТУ. Для решения

данной проблемы в организации создана электронная база соответствующих документов. Удаленный доступ к ней имеют все специалисты, оказывающие услуги шеф-инженерного сопровождения работ на объектах. Для газовых турбин, у которых отсутствует ремонтная документация, разрабатываются технологические инструкции, протоколы замеров и иные документы.

С учетом сложности поставки запасных частей и материалов для обслуживания зарубежного производства организация активно применяет технологию реверс-инжиниринга, которая включает сканирование деталей, снятие их геометрических размеров, обработку данных с построением 3D-моделей, доработку и усовершенствование деформированных и изношенных деталей, последующую разработку конструкторской документации.

В 2023 году разработана конструкторская документация на запасные детали для следующих объектов:

- ГТУ Siemens SGT5-4000F Березовской и Лукомльской ГРЭС;
- гидротурбина Mavel типа KP3000K4 серии Kaplan Гродненской ГЭС;
- паровая турбина Siemens SST-110/060 TANDEM Оршанской ТЭЦ.

Реверс-инжиниринг дает возможность разрабатывать конструкторскую документацию с определенными требованиями к геометрии. В перспективе это позволит выпускать изделия серийно, замещать продукцию и услуги

ушедших с белорусского рынка компаний и экономить значительные средства на поставке запасных частей.

Направления развития

В рамках развития сервисного обслуживания энергетического оборудования в 2024 году продолжается работа по наращиванию соответствующих компетенций и производственного потенциала, пополнению электронной базы ремонтно-технической документации, развитию направления бороскопических инспекций.

Актуальной задачей является разработка конструкторской документации на образцы арендуемых специальных приспособлений и оснастки для их последующего изготовления либо закупки. Все инспекции планируется выполнять с максимальным замещением шеф-инженерного персонала заводов-изготовителей или компаний, оказывающих услуги по сервисному обслуживанию оборудования.

В настоящее время белорусские специалисты успешно выполняют техобслуживание и ремонт энергетического оборудования, в том числе иностранного производства, проходят необходимое обучение и получают практический опыт, что в дальнейшем позволит максимально локализовать выполнение всех работ по сервисному обслуживанию оборудования.

А.В. КАБАНОВ,
заместитель
главного инженера
ГПО «Белэнерго»



КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ БОЛЬШИХ СИСТЕМ: ИЩЕМ «САМОЕ СЛАБОЕ ЗВЕНО»

Еще несколько лет назад никто всерьез не задумывался о том, как надо выстраивать бизнес-процессы управления киберзащитой, если речь идет не просто о системе автоматизации деятельности предприятия, пусть даже крупной, а о едином информационном пространстве отрасли, корпоративной сети и совокупности большого числа разнообразных информационных систем, задействованных в производственных бизнес-процессах и связанных между собой множеством информационных потоков. К тому же надо учесть, что это пространство включает АСУ ТП, непосредственно управляющие энергетическим оборудованием. Теперь наши взгляды на проблемы кибербезопасности стали другими, более масштабными.

Н адо сказать, что в организациях энергетической отрасли работа по обеспечению защиты информации, или, как теперь принято говорить, кибербезопасности, в информационных системах (ИС) разного уровня ведется не первый день. Конечно же, правильнее применять термин «кибербезопасность» – так как информационная безопасность (ИБ) предполагает защиту информации вообще, а не только в ИС, в то время как кибербезопасность однозначно связана с компьютерными технологиями.

В прошлом году специалисты ГПО «Белэнерго» приступили к углубленному изучению рассматриваемой проблематики в связи с необходимостью реализации Указа Президента Республики Беларусь от 14.02.2023 № 40 «О кибербезопасности» – без преувеличения, одного из самых «революционных» документов за последнее время.

В ходе этой работы выяснилось, что все учебники и руководства по кибербезопасности рассчитаны на более простой подход, в них практически ничего не говорится о кибербезопасности информационных пространств. Коммерческие компании, «пугая» потребителей малопонятными терминами – SIEM, TI, SOAR, EDR, XDR, SOC, – ограничиваются предложением только частных решений, в полном объеме реализующих цикл киберзащиты в локальной области, на одном предприятии.

Стандарты по ИБ пестрят словами «должен», «необходимо», «следует». При этом остается неясным, как практически построить бизнес-процесс управления кибербезопасностью в рамках отрасли. Какими должны быть соответствующие организационные структуры, как они взаимодействуют между собой, делят ответственность, вписываются ли в национальную систему кибербезопасности? Отвечая на эти и другие вопросы пришлось разрабатывать положения о кибербезопасности почти с нуля. Возможно, мы изобрели «кибервелосипед», зато это наш велосипед, отраслевой! (Как один из авторов теоретических разработок, думаю, что имею полное право назвать систему

обеспечения кибербезопасности энергетической отрасли «кибервелосипедом» – коротко и самокритично.)

Понятно, что цифровая трансформация является сегодня одним из приоритетов развития экономики как в рамках республики, так и в масштабе ЕАЭС. В связи с этим обеспечение кибербезопасности внедряемых и уже работающих цифровых решений приобретает важнейшее значение, особенно в непростых политических условиях. Деятельность ГПО «Белэнерго» в этом направлении предусматривает создание:

- единой отраслевой системы обеспечения кибербезопасности;
- систем ИБ критически важных объектов информатизации (**КВОИ**);



- систем защиты информации ИС, обрабатывающих информацию, распространение и (или) предоставление которой ограничено (ИРИПКО).

Проводятся также мероприятия по обеспечению кибербезопасности прочих ИС, информация в которых общедоступна.

Если говорить о нашем «кибервелосипеде», то в его рамках предполагается:

- создание вертикального отраслевого бизнес-процесса управления обеспечением кибербезопасности;
- интеграция мероприятий по обеспечению кибербезопасности во все бизнес-процессы, связанные с использованием информационных технологий, в том числе при строительстве (от постановки задач на проектирование до ввода в эксплуатацию) энергообъектов, в составе которых есть ИС (а какой энергообъект сегодня обходится без АСУ ТП?);
- создание отраслевой системы мониторинга событий кибербезопасности и реагирования на них, включая центры кибербезопасности (ЦКБ), подразделения кибербезопасности (ПКБ) организаций и необходимые для этого специализированные системы сбора и анализа данных.

Принципы построения отраслевой системы обеспечения кибербезопасности

Поговорим о принципах, положенных в основу построения «кибервелосипеда», и о том, как они будут реализованы.

1. Ни одна информационная система, сколь бы малой она ни казалась, не должна остаться без киберзащиты, без мониторинга состояния и без реагирования на киберинциденты.

Это главный принцип и главная идея кибербезопасности. Защите подлежит любая информация, обрабатываемая в ИС, неправомерные действия в отношении которой могут причинить вред ее обладателю, пользователю или иному лицу. В связи с этим требования по кибербезопасности должны быть установлены для всех ИС, используемых в организациях отрасли, без исключений. Мониторить и защищать надо всё!

2. Обеспеченность нормативно-правовой базой и полнота требований по кибербезопасности для всех ИС.

Должна быть создана и непрерывно поддерживаться в актуальном состоянии иерархическая система НПА и ЛПА (как отраслевых, так и уровня отдельного предприятия), обеспечивающая полноту требований в части кибербезопасности.

Такая система у нас уже есть. При этом часть документов давно действует, часть нуждается в актуализации, а некоторые еще предстоит разработать. Последнее касается, например, регламентации взаимоотношений между заказчиком строительства энергообъекта и подрядчиком: кто и за что отвечает в ходе стройки, кто обеспечивает киберзащиту АСУ ТП в этот период и т.п. Ведь на этапе сооружения объекта АСУ ТП хоть еще полностью не настроена, но уже «дышит» и зачастую включена в корпоративную сеть передачи данных, а значит, может представлять собой большую «дыру» в кибербастионе – как говорится, заходи кто угодно и делай что хочешь!

Не собираюсь утомлять читателя перечислением нормативных актов, которыми регулируется деятельность в области кибербезопасности, – их достаточно много, специалисты в них хорошо ориентируются, а прочим киберпользователям надо знать назубок только правила кибергигиены.

Упомяну только основные документы. Фундамент иерархии составляет **Инструкция о порядке обеспечения информационной безопасности в информационных системах Министерства энергетики Республики Беларусь** (утверждена приказом Минэнерго от 18.03.2015 № 50). Она содержит ключевое положение: информация, обрабатываемая в ИС, предназначенных для непосредственного управления оборудованием объектов энерго- и газоснабжающих организаций, относится к ИРИПКО. **Приказ ГПО «Белэнерго» от 13.07.2023 № 171** развивает это положение в части обязательности реализации мероприятий по созданию систем защиты информации. Эти два документа в связке обеспечивают правовую основу комплексного подхода к кибербезопасности АСУ ТП энергообъектов.

Пока такой связки не существовало, все наши АСУ ТП (если только они не были отнесены к КВОИ) как бы выпадали за пределы нормативных требований – в них не обрабатывалась информация ограниченного распространения и, соответственно, для них не устанавливались требования в части кибербезопасности. Всё отдавалось на откуп владельцу системы. И это касалось АСУ, которые управляли основным оборудованием, производственными процессами!

Роль завершающего «кирпичика» в построении иерархии нормативных документов играет **приложение 4 к приказу Оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь от 25.07.2023 № 130**, которым установлены Требования по кибербезопасности объектов информационной инфраструктуры государственных органов и иных организаций. Этим нормативным актом определены минимальные требования к обеспечению кибербезопасности любой государственной ИС, если только она не подпадает под действие иных нормативных актов с более жесткими требованиями. То есть мероприятия по кибербезопасности должны проводиться во всех без исключения отраслевых организациях, в которых есть ИС.

Хочу подчеркнуть, что минимальные требования отнюдь не являются легко выполнимыми. Например, нельзя назвать таковыми требования об обязательном межсетевом экранировании и создании системы предотвращения вторжений при внешнем информационном взаимодействии, о централизованном сборе и хранении сведений о событиях ИБ и т.п. Потребуются более серьезные меры по кибербезопасности, чем в ИС, «на коленке» построенной приходящим администратором из приобретенных на «барахолке» деталей, с антивирусным ПО, которое после установки ни разу не обновлялось.

3. Непрерывность исполнения.

Мероприятия по обеспечению кибербезопасности должны выполняться на всех этапах жизненного цикла ИС (проектирование, создание, внедрение и эксплуатация, вывод из эксплуатации). Аналогичным образом должно быть построено и нормативное пространство – то есть перечень отраслевых НПА и ЛПА в области кибербезопасности

должен включать документы, регламентирующие требования к каждому этапу.

Здесь есть проблемы, которые обозначились в последнее время. Например, сложности с обязательным включением в проектную документацию разделов по ИБ. Органы Госстройэкспертизы отказываются согласовывать проекты строительства энергообъектов с такими разделами, мотивируя это отсутствием соответствующего нормативного обоснования. Но такие разделы должны обязательно существовать, и этот вопрос еще предстоит решить. Мероприятия по кибербезопасности требуют серьезных затрат, влияют на проектные решения и должны выполняться еще на этапе строительства, а не после того, как кто-то хлопнет себя по лбу и заявит: «забыли» («прошляпили, головотяпы», «спроектировали до появления нормативки», «больно все это дорого, переживем», «а нам никто не сказал» – нужное подчеркнуть).

4. Управляемость.

В ГПО «Белэнерго» должна быть создана вертикаль управления мероприятиями по обеспечению кибербезопасности, базирующаяся на иерархической системе взаимодействующих между собой структурных подразделений организаций объединения.

Если коротко, то основу должны составлять четыре группы организационных структур:

- отраслевой ЦКБ;
- ПКБ аппарата управления ГПО «Белэнерго»;
- ЦКБ организаций ГПО «Белэнерго»;
- ПКБ организаций ГПО «Белэнерго».

В каждой из организаций объединения из числа заместителей руководителя должен быть назначен ответственный за работу по обеспечению кибербезопасности, в том числе за осуществление мероприятий по обнаружению, предотвращению и минимизации последствий кибератак и вызванных ими киберинцидентов, а также по реагированию на такие инциденты. Именно на такой формулировке обязанностей настаивает Оперативно-аналитический центр при Президенте Республики Беларусь.

У многих пока еще в сознании не утвердилась мысль, что обеспечение кибербезопасности – это отдельный новый бизнес-процесс и для его грамотного осуществления нужны специально назначенные работники, отвечающие на это направление. Причем эти специалисты должны заниматься только вопросами ИБ, а не выполнять эту функцию в дополнение к основным обязанностям.

В каждой организации, где эксплуатируются ИС, должно быть создано отдельное ПКБ либо назначено ответственное лицо (в небольших организациях), занимающееся исключительно вопросами кибербезопасности. ПКБ не должны включаться в состав иных структурных подразделений (отделов АСУ, служб или управлений ИТ и т.п.) в силу разнонаправленности их целей и задач. Отделы АСУ – это подразделения, обеспечивающие эксплуатационную поддержку ИС и исполняющие требования и правила политики по защите информации. На ПКБ же возложены иные функции:

- разработка и контроль исполнения политики организации в части кибербезопасности;
- выработка и контроль проведения мероприятий по защите информации на основе анализа существующей ситуации;
- мониторинг и оценка уровня защищенности информационных инфраструктур;

- отслеживание киберинцидентов и непосредственное участие в их устранении (вместе с отделами АСУ и т.п.).

То есть это совсем другая работа!

Исключения возможны. В тех случаях, когда не получается создать отдельное подразделение в силу малочисленности персонала, но необходимо обеспечивать кибербезопасность из-за большого объема информационных инфраструктур, представляется разумным введение должности как минимум одного технического специалиста по кибербезопасности.

В настоящее время в энергоснабжающих организациях, на Белорусской АЭС, а также в аппарате управления ГПО «Белэнерго» уже созданы свои ПКБ. И это настоящий прорыв!

До конца 2025 года планируется создать подобные подразделения в структуре остальных организаций объединения. Тех, кому интересны детали, отсылаю к **Стратегии информатизации и цифровой трансформации государственного производственного объединения электроэнергетики «Белэнерго» на период 2021–2025 годы**. Там подробно описана концептуальная модель совокупности организационных структур по кибербезопасности.

5. Системность.

В организациях объединения должна быть создана постоянно функционирующая, самоподдерживающаяся и саморазвивающаяся отраслевая система обеспечения кибербезопасности, реализующая полный спектр необходимых действий, включая выработку политики кибербезопасности и контроль ее исполнения, непрерывный мониторинг событий ИБ и их анализ, выявление киберинцидентов на основе индикаторов компрометации, организацию ре-



агирования на киберинциденты, их ликвидацию и выработку рекомендаций по предупреждению повторения, тиражирование этих рекомендаций, контроль защищенности объектов информационной инфраструктуры и т.п.

«Кибервелосипед» должен быть не набором отдельных, живущих своей жизнью элементов, а целостным, отлаженным механизмом, исполняющим свою задачу так же, как сыгранный оркестр исполняет сложную симфонию.

Хотелось бы сразу отметить, что надо различать систему обеспечения кибербезопасности в отрасли (то есть собственно «кибервелосипед») и систему мониторинга кибербезопасности. Первая включает все многообразие

отраслевых мероприятий по кибербезопасности и управление ими. Вторая является узкоспециализированным элементом «кибервелосипеда», ориентированным на выявление киберинцидентов и их ликвидацию. По своим функциям (отслеживание событий, устранение проблем, анализ, предупреждение, оценка защищенности) система мониторинга напоминает отраслевую систему оперативно-диспетчерского управления, работающую в режиме реального времени: тот же круглосуточный мониторинг, сбор событий, выявление отклонений и их анализ, принятие решений и осуществление действий при необходимости.

Основы «кибервелосипеда» описаны в **Положении об информационном взаимодействии элементов системы обеспечения кибербезопасности ГПО «Белэнерго»** (утверждено приказом ГПО «Белэнерго» от 20.02.2024 № 45). Это большой, сложный, но пока еще несовершенный документ, «шлифовка» которого продолжится во второй половине текущего года, когда он начнет полноценно работать. Основная цель его разработки заключалась в описании функционирования системы мониторинга киберинцидентов и их устранения. На этом поле основными игроками являются команды отраслевого ЦКБ, а также ЦКБ и ПКБ организаций ГПО «Белэнерго».

В чем суть отраслевой системы мониторинга? Любая ИС, любой ее объект (объект информационной инфраструктуры) генерирует сотни, тысячи сообщений о происходящих событиях как внутри системы, так и вне ее. События накапливаются и некоторое время хранятся. Если не погружаться в детали, то эти события надо извлечь из всех ИС, просканировать, выделить те, которые имеют отношение к кибербезопасности, на основании определенных правил выявить подозрительные их сочетания, указывающие на то, что произошел киберинцидент (атака, взлом, проникновение, похищение данных), протрубить тревогу и поднять «кибервойска» на борьбу с кибернарушителями. Это сложнейшая задача, которая должна решаться по частям на разных уровнях: на уровне отдельных ИС, на агрегирующем уровне в энергоснабжающих организациях и на уровне отраслевого ЦКБ.

Следует пояснить, чем отличается просто событие в ИС от события ИБ. Например, пользователь неправильно ввел пароль. Это простое событие, которое никого не интересует. А вот если он неправильно ввел пароль три, пять раз, это уже событие ИБ и первый из индикаторов того, что необходимо внимательно разобраться в ситуации.

В отрасли уже создано два ЦКБ – на Белорусской АЭС и в РУП «Минскэнерго». Последний исполняет функции отраслевого ЦКБ, концентратора сведений о киберинцидентах на уровне отрасли.

Организации ГПО «Белэнерго» тоже могут создавать собственные ЦКБ для мониторинга функционирования своих объектов информационной инфраструктуры. Дело это сложное и затратное, но организация, дорожащая до осознания важности киберзащиты информационных инфраструктур, должна понимать, что наличие собственного ЦКБ – это путь к решению широкого спектра задач безопасности и накоплению собственных компетенций. Понятно, что это задача для крупного, территориально распределенного предприятия с многими сложно связанными информационными системами, для малого предприятия такой подход избыточен.

Необходимо еще отметить, что система обеспечения кибербезопасности ГПО «Белэнерго» является частью национальной системы обеспечения кибербезопасности и через оба наши ЦКБ взаимодействует с Национальным центром кибербезопасности. Тем самым замыкается цепочка поставки информации обо всех киберинцидентах с самого нижнего уровня, от конкретных ИС объектов, до самого верхнего, республиканского. В обратную сторону будет распространяться поток аналитических данных, предупреждения и рекомендации по борьбе с кибератаками и киберугрозами.

Уже в 2024 году в электроэнергетике на постоянной основе будет осуществляться мониторинг и реагирование на киберинциденты в отношении всех объектов Белорусской энергосистемы, отнесенных к КВОИ. Во второй половине 2024-го и в 2025 году будут продолжены работы по подключению к отраслевой системе кибербезопасности остальных объектов информационной инфраструктуры всех без исключения организаций, входящих в состав объединения.

Завершить работы по реализации Указа Президента Республики Беларусь «О кибербезопасности» (с учетом положений и сроков, определенных постановлением Совета Министров от 23.02.2024 № 120), а также по созданию единой системы обеспечения кибербезопасности организаций ГПО «Белэнерго» планируется в 2025 году.

6. Ранжируемость объектов защиты.

Организациями отрасли используются разные по масштабу, функциям и значимости ИС. Они должны быть проранжированы, как минимум, по степени критичности. Для каждого ранга должны быть установлены свои требования в части обеспечения кибербезопасности и свой перечень мероприятий.

Основные (самые крупные) ранги ИС, выделяемые в настоящее время:

- 1) КВОИ, требующие создания систем ИБ;
- 2) ИС, обрабатывающие ИРИПКО. Для них создаются и аттестуются системы защиты информации;
- 3) ИС, обрабатывающие общедоступную информацию. Они требуют минимально необходимых мероприятий по кибербезопасности.

7. Компетентность и ответственность персонала.

Персонал – это киберпользователи и администраторы ИС, администраторы систем безопасности (киберадминистраторы). Все они должны быть специально обучены и компетентны в вопросах кибербезопасности. Не менее важно понимание персоналом организаций степени своей ответственности в части постоянного и точного соблюдения требований и правил кибербезопасности, равно как и понимание потенциальных последствий и уровня ущерба в случае их неисполнения. Возможно, это набившие оскомину слова, но их придется повторять и повторять.

Почему это так важно? Дело в том, что одним из ключевых факторов, влияющих на уровень защищенности ИС, является поведение персонала, особенности реакции каждого конкретного человека на устанавливаемые правила. Требования кибербезопасности, как и любые другие, это всегда ограничения – свободы и простоты действий, удобства работы. Очевидный пример – требование использовать в качестве пароля сложную комбинацию цифр и букв разного регистра, а не просто четыре единицы или рядом стоящие буквы на клавиатуре.



Необходимость исполнения любых жестких правил, особенно если они еще не въелись в подкорку, всегда вызывало и будет вызывать реакцию отторжения, стремление их нарушить или обойти, особенно при отсутствии жесткого контроля или технических препон. А если речь идет о правилах кибербезопасности, то такое поведение неизбежно будет приводить к появлению уязвимостей, угроз компрометации ИС, возникновению киберинцидентов и возможному ущербу.

Даже если вы построите свой «киберброненосец» по всем правилам – с межсетевыми экранами, системами двухфакторной идентификации, непрерывным сканированием и анализом трафика на кибератаки и вредоносное ПО, – вы все равно никогда не будете уверены в безопасности этого корабля, если не уверены в команде. Всегда может найтись «изобретательный идиот», который подумает, что, мол, все эти правила не для админов, мы, админы, свободные корсары информационных морей... да и проделает в борту корабля брешь, которая упростит жизнь лично ему – например, так рыбу ловить легче.

Или пользователь внезапно решит, что правила кибергигиены – для слабаков, их придумали трусы, и смело откроет ссылку в «странном» электронном письме. А ведь известно, что защититься на 100 % от вредоносного ПО невозможно, оно непрерывно совершенствуется темпами, опережающими обучение систем киберзащиты. Да и никакой «софт» не сможет защитить от глупости.

Временно отключенный «антивирусник» на сервере или рабочей станции, активная точка беспроводного доступа, работа с повышенными привилегиями в обычной обстановке, оставление возможности удаленного доступа, подключенный к компьютеру смартфон – всё это потенциальные точки проникновения внутрь информационной инфраструктуры. Что может произойти дальше, пояснять не буду.

Это все не придумано – пишу с себя. Те же мысли нашли отражение в народной мудрости, в любимых многими законах Мерфи (в разделе «Законы ненадежности»): «Компьютеры ненадежны, но люди еще ненадежнее» или «Любая система, зависящая от человеческой надежности, нена-

дежна». Готовые эпитафии к учебникам по компьютерной безопасности!

Совершенно очевидно, что человеческому фактору должно уделяться ключевое внимание. Организации, входящие в состав ГПО «Белэнерго», в обязательном порядке, установленном НПА, должны обеспечить периодическое обучение специалистов, отвечающих за кибербезопасность.

Аналогичное обучение – в части общих вопросов защиты информации в ИС – должны проходить специалисты по их эксплуатационному сопровождению, поскольку четкое понимание основ кибербезопасности обеспечивает понимание правил организации надежной, безопасной и бесперебойной работы всех информационных инфраструктур, владельцами которых являются организации.

В организациях также должна быть создана система информирования пользователей по вопросам киберграмотности, включающая лекционные занятия, ознакомление с методическими материалами. Обучение таким навыкам, как противодействие фишингу и атакам с использованием методов социальной инженерии, безопасная работа с электронной почтой, грамотная парольная защита и т.п., с последующими практическими тренировками – неперенный элемент обеспечения кибербезопасности, ее поддержания на должном уровне.

Заключение

Я думаю, что ответ на вопрос о «самом слабом звене» получен, не так ли? Его портрет, уважаемый читатель, вы найдете в зеркале, как нахожу его там я каждое утро.

Чтобы наш «кибервелосипед» поехал – и не просто поехал, а превратился в «кибермотоцикл», мощный и безотказный, надо приложить много усилий, причем не однократных, а постоянных. И часть этих усилий должна быть приложена вами, уважаемое «слабое звено». Общая кибербезопасность зависит от каждого конкретного человека, каждого киберпользователя.



Все изображения сгенерированы с использованием нейронных сетей



П.А. САЗОНОВ,
м.т.н, ведущий инженер АСУ ТП
ООО «ИнноТех Солюшнс»

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКИ СВЯЗАННЫХ МОДЕЛЕЙ В СЕМАНТИКЕ CIM

Сегодня предприятия электроэнергетики используют значительное количество разных программных продуктов, содержащих данные об энергетических объектах, включая ЛЭП, электростанции, оборудование и др. Зачастую взаимная интеграция таких программных продуктов невозможна в принципе или возможна только частично. В связи с этим особую актуальность приобретает построение общей информационной модели (CIM), которая не только включала бы все возможные элементы энергосистемы, но и учитывала взаимосвязи между ними. Использование CIM позволит интегрировать информационные системы предприятий электроэнергетики и создать общее информационное пространство отрасли.

Основные тенденции в развитии электроэнергетических систем на современном этапе связаны с цифровой трансформацией. Последняя включает внедрение интеграционных платформ, настройку информационного обмена в единой семантике между программным обеспечением (ПО), информационными системами (ИС), входящими в ИТ-ландшафт организаций, а также создание цифровых профилей и топологически связанных моделей предприятий энергетики.

Для формализации построения профилей цифровой модели, организации информационного обмена между ИС применяют международные стандарты МЭК 61970-301 и МЭК 61968-11 [1, 2], описывающие так называемую общую информационную модель (Common Information Model, CIM).

CIM – это серия открытых стандартов МЭК, позволяющих дать общепонятные определения элементам электро-энергетических систем, обеспечить их представление и использование в системах управления производством и передачей электроэнергии (EMS) и их программных интерфейсах (API).

Цели, задачи и базисный профиль CIM

CIM в настоящее время используется в основном в следующих целях:

- унификация обмена данными о фрагментах/элементах/режимах электро-энергетических систем между организациями и их подразделениями;
- обмен данными между приложениями внутри одной организации (рис. 1);

в том числе АСУ ТП, связаны со значительными трудовыми и финансовыми затратами. Внедрение CIM должно стать решением этой проблемы.

Рассмотрим фундамент, на котором строится CIM:

- базисный профиль;
- наследование атрибутов классами;
- принципы объединения объектов в топологически связанные цифровые модели.

Базисный профиль был принят для того, чтобы регулировать масштаб профилей CIM в каждой прикладной сфере, где они могут быть применены. Это обязательная часть профиля информационной модели, содержащая минимально необходимое подмножество классов, атрибутов и ассоциаций. Она необходима для обеспечения однозначной интерпретации всеми участниками информационного обмена передаваемых и получаемых данных (в отношении организаций и объектов электроэнергетики, оборудования, их расположения, наименования и уникальной идентификации). В энергетике Беларуси базисный профиль регламентирован СТГ 33240.01.108-22 [3]. Например, для энергетики в состав базисного профиля входят следующие классы: подстанция, выключатель, шина, сигнал, измерение и др.

Иерархия **наследования атрибутов классами** рассмотрена на примере

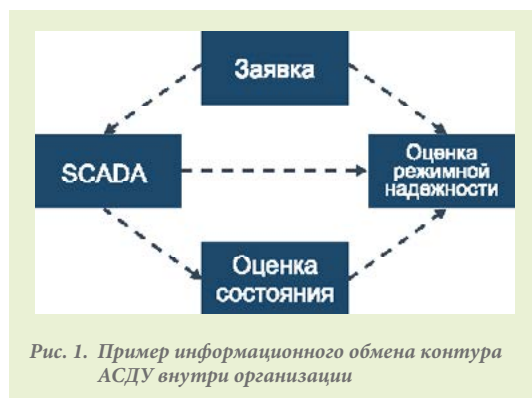


Рис. 1. Пример информационного обмена контура АСДУ внутри организации

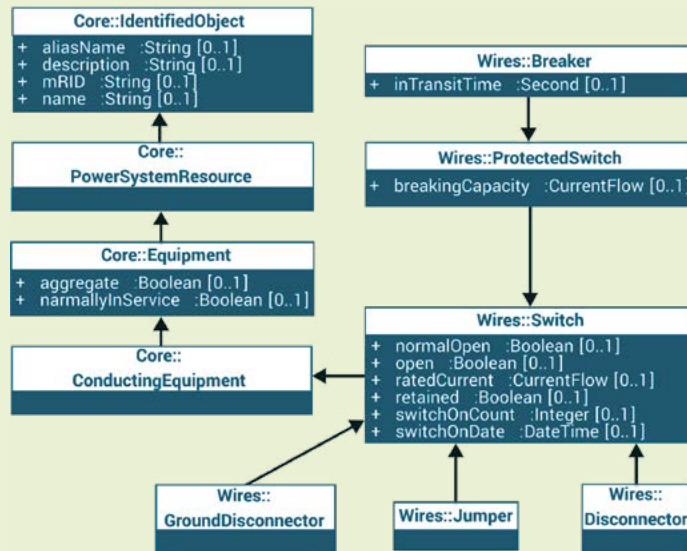


Рис. 2. Иерархия наследования на примере класса коммутационных аппаратов:

IdentifiedObject – идентифицирующий класс, PowerSystemResource – обобщенный объект энергосистемы, Equipment – оборудование, ConductingEquipment – проводящее оборудование, Breaker – выключатель, Switch – коммутационный аппарат, ProtectedSwitch – защитный коммутационный аппарат, Disconnecter – разъединитель, GroundDisconnector – заземляющий разъединитель, Jumper – перемычка

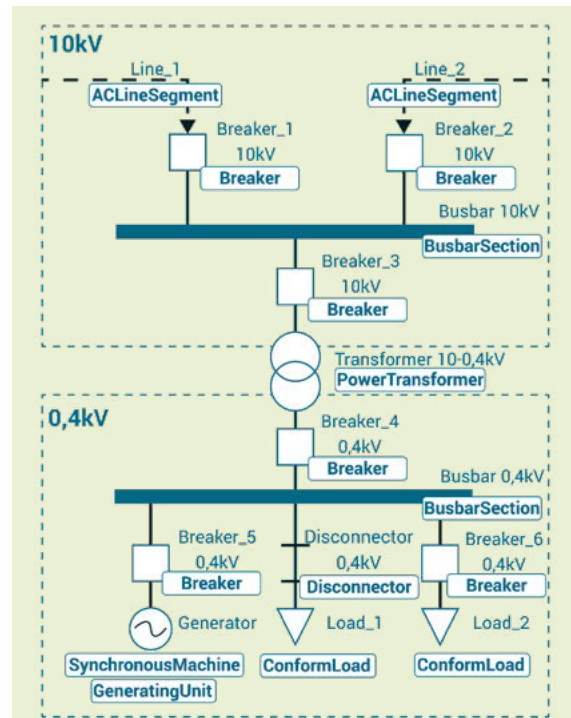


Рис. 4. Однолинейная схема ПС с сопоставлением ее элементов и классов CIM

диаграммы, описывающей класс коммутационных аппаратов – Switch (рис. 2).

В приведенном примере выключатель (Breaker) – самый детальный потомок именованного объекта (IdentifiedObject) с максимальным количеством наследуемых атрибутов. Все атрибуты, в свою очередь, ограничены базисным профилем, что в теории исключает применение «кустарных» классов и атрибутов при построении информационных моделей.

Если не использовать наследование, то в каждом классе пришлось бы описывать атрибуты имен (name,

aliasName, description), идентификации (mRID), признаки того, является ли класс агрегатом, объединяющим несколько устройств (aggregate), введено ли оборудование в работу в нормальном режиме (normallyInService), состояния коммутационного устройства по умолчанию при отсутствии телеметрии (normalOpen) и т.д.

Принципы объединения объектов в топологически связанные цифровые модели в семантике CIM рассмотрим на примере преобразования однолинейной схемы ПС (рис. 3).

На рисунке 4 элементы схемы ПС сопоставлены с классами CIM. Связанность между объектами в CIM обеспечивают такие сущности, как полюс (Terminal) и точка подключения (ConnectivityNode). У каждого объекта в модели электрической сети есть полюс либо полюса в зависимости от класса объекта. Так, выключатель (Breaker) и разъединитель (Disconnecter) имеют по два полюса, шина (BusbarSection), нагрузка (ConformLoad) и синхронная машина (SynchronousMachine) – по одному полюсу и т.д. Полюса соединяются между собой посредством точек подключения.

Таким образом, полюса и точки подключения – это основа построения топологии сети в CIM. С их помощью преобразуем однолинейную схему ПС в схему с топологически связанными объектами в соответствии с семантикой CIM (рис. 5).

При сопоставлении рисунков 4 и 5, можно увидеть, что силовой трансформатор представляет собой несколько компонентов с одним классом-контейнером PowerTransformer.

При преобразовании схем в CIM необходимо знать перечень классов-контейнеров оборудования (силовой трансформатор – PowerTransformer, ЛЭП – Line и т.д.). Контейнер оборудования, как правило, не имеет полюсов,

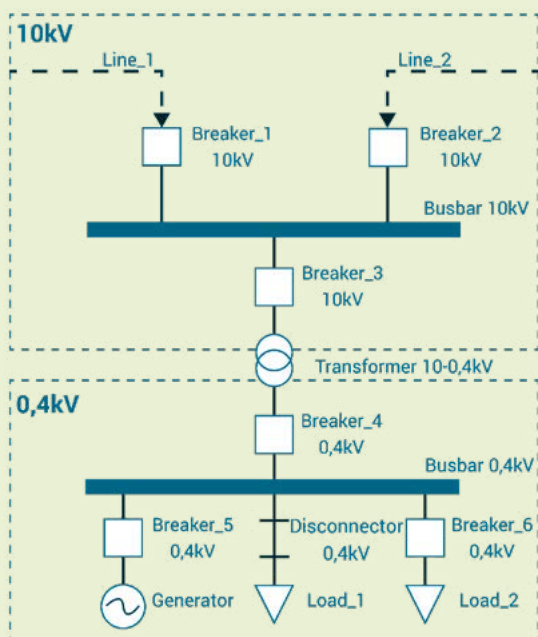


Рис. 3. Однолинейная схема ПС

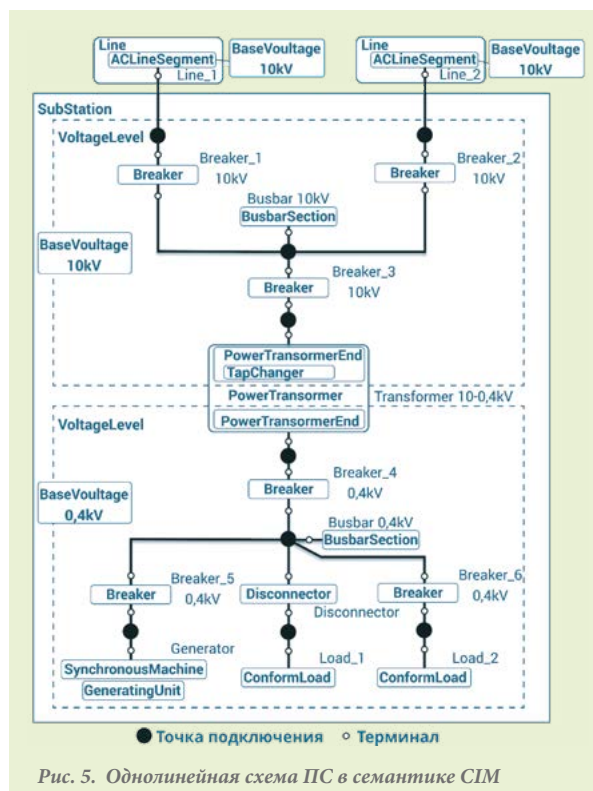


Рис. 5. Однолинейная схема ПС в семантике CIM

но включает дочерние объекты множества классов, в том числе имеющих полюса.

Примеры связанности объектов в цифровой модели

Рассмотрим топологическую связанность объектов в цифровой модели на примерах.

Пример 1. Инструмент для создания и редактирования моделей, входящий в состав внедряемых в Беларусь ПТК АСДУ нового поколения (рис. 6, 7).

На рисунке 6 наименования объектов в левой части совпадают с наименованиями в правой. Важно отметить, что цифровая модель (дерево объектов) и графическая форма представления – это неразрывные сущности. Следовательно, изменение класса объекта либо атрибута «name» в модели повлечет за собой изменение и на графической форме.

Топологическую связанность проследим на объекте класса «точка подключения» (на обеих частях рисунка 6 показан стрелкой), соединяющем 1-й полюс обмотки ВН трансформатора и 2-й полюс выключателя в ПТК АСДУ. У точки подключения есть ссылка на уникальные идентификаторы полюсов, а у полюсов – на уникальный идентификатор точки подключения. Связь легко проследить, сравнив идентификатор точки подключения, выделенной на рисунке 6, с идентификаторами точки подключения, на которую ссылаются полюса на рисунке 7.

Пример 2. CIM RDF-документ (рис. 8).

Этот формат представления данных рассмотрим на примере точки подключения, связывающей полюс выключателя и обмотку ВН трансформатора, из предыдущего пункта.

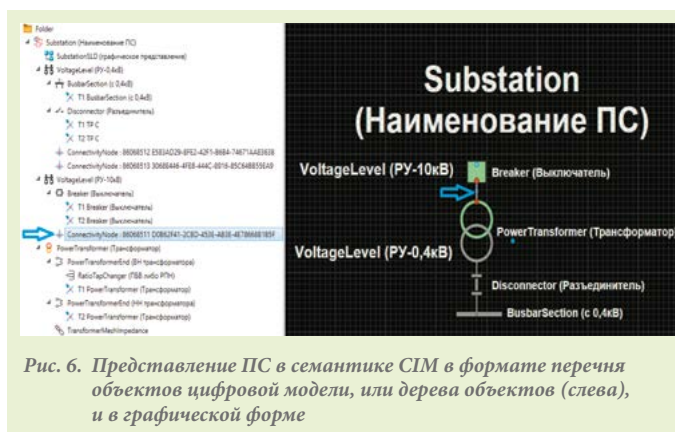


Рис. 6. Представление ПС в семантике CIM в формате перечня объектов цифровой модели, или дерева объектов (слева), и в графической форме

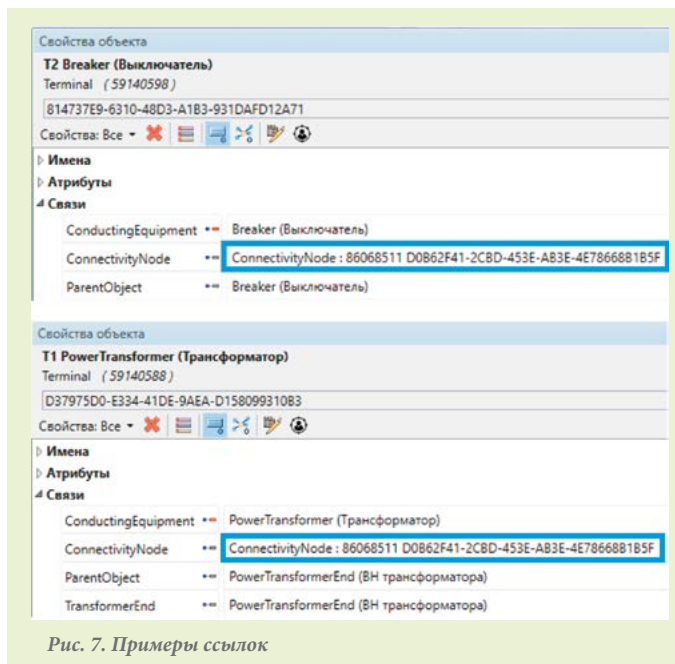


Рис. 7. Примеры ссылок

Топологическую связанность рассматриваемых объектов на рисунке 8 можно проследить по строкам 117–122, описывающим указанную точку подключения, путем сопоставления цифровых значений в тегах:

- строка 117: открывающий тег и рассматриваемая точка подключения (выделена на рис. 6);
- строка 118: ссылка на родительский объект «VoltageLevel (PY-10 кВ)» (ср. с рис. 6);
- строка 119: ссылка на полюс обмотки ВН трансформатора «T1 PowerTransformer (Трансформатор)» (ср. с рис. 7);
- строка 120: ссылка на полюс выключателя «T2 Breaker (Выключатель)» (ср. с рис. 7);
- строка 121: ссылка на контейнер, включающий рассматриваемую точку подключения. В данном случае контейнером является родительский объект «VoltageLevel (PY-10 кВ)» (ср. с рис. 6);
- строка 122: закрывающий тег.

Заключение

По своей сути CIM является иерархическим классификатором, в котором дочерние классы наследуют связи и атрибуты родительских. Классы, применяемые при создании цифровых моделей, и их атрибутивный состав регламентирует базисный

```

49 <cim:VoltageLevel rdf:about="# ddc108b7-1a27-4a1b-b54b-47da885a683e">
63 <me:SubstationSLD rdf:about="# 8390b45c-38ce-4c32-b2fa-7e6a744674a1">
77 <cim:PowerTransformerEnd rdf:about="# 9860f673-9ec8-4a6f-ae65-c349a0d8b6da">
94 <cim:TransformerMeshImpedance rdf:about="# 54997034-8185-43e2-b413-bb65a24fe731">
102 <cim:PowerTransformerEnd rdf:about="# 16302eea-f124-48aa-ab66-99e7a82d228f">
117 <cim:ConnectivityNode rdf:about="# d0b62f41-2cbd-453e-ab3e-4e78668b1b5f">
118 <me:IdentifiedObject.ParentObject rdf:resource="# 3952d2be-6aa1-4bff-b8f9-47efbb29a8e7" />
119 <cim:ConnectivityNode.Terminals rdf:resource="# d37975d0-e334-41de-9aea-d158099310b3" />
120 <cim:ConnectivityNode.Terminals rdf:resource="# 814737e9-3610-48d3-a1b3-931dafd12a71" />
121 <cim:ConnectivityNode.ConnectivityNodeContainer rdf:resource="# 3952d2be-6aa1-4bff-b8f9-47efbb29a8e7" />
122 </cim:ConnectivityNode>
123 <cim:Breaker rdf:about="# 1b8b513e-0487-439e-b8a3-5e6b80d88fb">
136 <cim:BusbarSection rdf:about="# 53dacec9-f77f-42c4-a8cf-3475bacb2ff6">
148 <cim:Disconnector rdf:about="# 9b04c3fa-cb0f-4b20-8ad1-06afad5199f5">
161 <cim:ConnectivityNode rdf:about="# e583ad29-8fe2-42f1-b6b4-74671aa8363b">
167 <cim:ConnectivityNode rdf:about="# 3068e446-4fe8-444c-8916-85c64bb55ea9">
173 <cim:Terminal rdf:about="# d37975d0-e334-41de-9aea-d158099310b3">

```

Рис. 8. Подстанция, представленная в формате CIM RDF-документа

профиль. Анализ топологической связанности объектов в цифровой модели на примерах ПТК АСДУ нового поколения, внедряемых в Беларуси, и CIM RDF-документа позволяет сделать заключение, что объекты, отражаемые цифровыми моделями подстанции, электрической сети и энергосистемы, по определению должны быть топологически связанными.

Использование в электроэнергетической отрасли республики информационных моделей, выполненных в семантике CIM, является технологической основой для интеграций между информационными системами, внедрения

ИС нового поколения, в том числе объединяющих оперативно-информационные комплексы с инструментарием для технического обеспечения единого оперативно-диспетчерского управления.

Важно отметить, что применение CIM значительно упрощает информационный обмен между различными ИС и их интеграцию за счет формализации построения профилей информационных моделей и информационного обмена, подходов к их построению и, следовательно, улучшает понимание инженерами того, как упорядочены и связаны между

собой классы и атрибуты в каждой конкретной информационной системе.

Список литературы

1. IEC 61968-11:2013. Интеграция приложений в электроэнергетику общего пользования. Системные интерфейсы для управления распределением. Часть 11. Расширения общей информационной модели для распределения (Application integration at electric utilities – System interfaces for distribution management – Part 11: Common information model (CIM) extensions for distribution).
2. IEC 61970-301:2020. Интерфейс прикладных программ систем энергетического менеджмента (EMS-API). Часть 301. База общей информационной модели (CIM) (Energy management system application program interface (EMS-API) – Part 301: Common information model (CIM) base).
3. Определение единой информационной модели электрической сети в сочетании с единой системой идентификации объектов модели и единой системой управления нормативно-справочной информацией: СТП 33240.01.108-22. – Введ. 01.06.22. – Минск: ГПО «Белэнерго», 2022. – 17 с.

К сведению специалистов ГПО «Белэнерго»

Утверждена новая методика разработки мероприятий по снижению технологического расхода электроэнергии на ее транспорт

С 1 августа вступил в силу отраслевой стандарт СТП 33240.09.254-24 «Методика разработки мероприятий по снижению технологического расхода электрической энергии на передачу по электрическим сетям», утвержденный приказом ГПО «Белэнерго» от 19 июня 2024 г. № 146. Документ разработан Белорусским национальным техническим университетом и введен впервые.

В новом стандарте актуализирован перечень мероприятий по снижению потерь электроэнергии на ее транспорт в электрических сетях, а также изменен подход к расчету эффекта от внедрения таких мероприятий.

С учетом актуальных организационных структур РУП-облэнерго, филиалов и районов электрических сетей пересмотрено распределение обязанностей между структурными подразделениями при планировании, внедрении и реализации мероприятий по снижению технологического расхода электроэнергии, а также при формировании отчетной документации по их выполнению. При ином, чем указано в стандарте, распределении обязанностей в рамках данной работы в РУП-облэнерго должен быть утвержден распорядительный документ, определяющий взаимодействие специалистов служб, отделов и иных подразделений.

Наряду с порядком разработки, планирования и реализации мероприятий по снижению потерь электроэнергии, в документе определены:

- алгоритм проведения комплексного анализа показателей балансов в электросетях с целью корректировки и дополнения разработанного плана мероприятий;
- методика расчета эффекта от внедрения мероприятий по снижению технологического расхода электрической энергии на ее передачу по электросетям.

Оценку указанного эффекта предложено выполнять путем программного моделирования режима работы, установившегося после внедрения мероприятий, с учетом конфигурации сети и всех факторов, влияющих на расчет потерь.

Требования СТП 33240.09.254-24 применяются при составлении плана мероприятий по снижению технологического расхода электроэнергии на ее транспорт в электросетях и обязательны для организаций, входящих в состав ГПО «Белэнерго».

Т.В. Писарук, ведущий инженер управления электрических режимов ГПО «Белэнерго»

Е.И. ШУРПО,
аспирант, инженер отдела учета,
контроля и измерений ядерных
материалов ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны»
НАН Беларуси



О.Б. ГУРКО,
к.т.н., ведущий научный сотрудник
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны»
НАН Беларуси



МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО АНАЛИЗА ЯДЕРНОГО МАТЕРИАЛА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПРОЦЕДУРАХ ЕГО УЧЕТА И КОНТРОЛЯ

Гарантии, применяемые Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ), являются важным элементом глобального режима ядерного нераспространения. Беларусь как участница Договора о нераспространении ядерного оружия, не обладающая ядерным оружием, согласно части 1 статьи III Договора приняла на себя обязанность заключить соглашение о всеобъемлющих гарантиях с МАГАТЭ исключительно с целью проверки выполнения обязательств, принятых в соответствии с Договором, «с тем чтобы не допустить переключения ядерной энергии с мирного применения на ядерное оружие или другие ядерные взрывные устройства» [1].

Множество вопросов обеспечения гарантий возникает во время процесса отправки, получения и проверки инвентарных количеств ядерных материалов (ЯМ).

По данным ежегодного информационного бюллетеня, обобщающего информацию из Базы данных МАГАТЭ по инцидентам и незаконному обороту, в 2023 году в 31 государстве было зарегистрировано в общей сложности 168 случаев незаконной или несанкционированной деятельности с ядерными и другими радиоактивными материалами (на 22 инцидента больше, чем в 2022 году). С 1993 года в Базе данных было зарегистрировано в общей сложности 4243 случая, из них 350 связаны с незаконным оборотом или злонамеренным использованием. Кроме того, данные показывают, что почти 52 % всех зарегистрированных случаев с 1993 года составляют кражи во время транспортировки. За последнее десятилетие этот показатель достиг почти 65 %, что подчеркивает важность усиления мер безопасности на транспорте [2].

Информация МАГАТЭ свидетельствует о том, что незащищенные ядерные и другие радиоактивные материалы по-прежнему доступны

и отдельные лица и группы готовы заниматься их незаконным оборотом.

Проведение измерений может помочь подтвердить то, что:

- не было переключений ЯМ при транспортировке;
- идентификация учетной единицы проведена правильно;
- отсутствует радиационная опасность для работников;
- данные об инвентарных количествах ЯМ достоверны.

Подтверждающие измерения определяют такие атрибутивные признаки, как вес, спектр гамма-излучения, полный поток нейтронного излучения и обогащение, которые, взятые в совокупности, очень трудно имитировать.

Когда ЯМ хранится на установке, существующие нормативные документы предписывают проведение периодических инвентаризаций на всей установке и в хранилище ЯМ. Подтверждающие измерения, проводимые в это время на случайно выбранном образце, могут помочь идентифицировать неправильно маркированные учетные единицы и повысить достоверность процесса инвентаризации.

Преступные или несанкционированные действия, связанные с ядерными или другими радиоактивными

материалами, находящимися вне регулирующего контроля, могут быть выявлены в том числе путем обнаружения самих этих материалов с помощью технических и/или других средств.

СПРАВОЧНО

Переключение (по терминологии МАГАТЭ) – необъявленное изъятие заявленного ЯМ из ядерной установки или использование установки для получения, производства или обработки незаявленного ЯМ, например, незаявленное производство плутония в реакторе путем облучения и последующего изъятия незаявленных урановых мишеней.

Зона баланса материалов – территориально и административно установленная в пределах ядерной установки или пункта хранения ЯМ зона для их учета и контроля, в которой на основании измерений определяется количество ЯМ при каждом их перемещении в зону и из нее и подводится баланс ЯМ за установленный период времени.

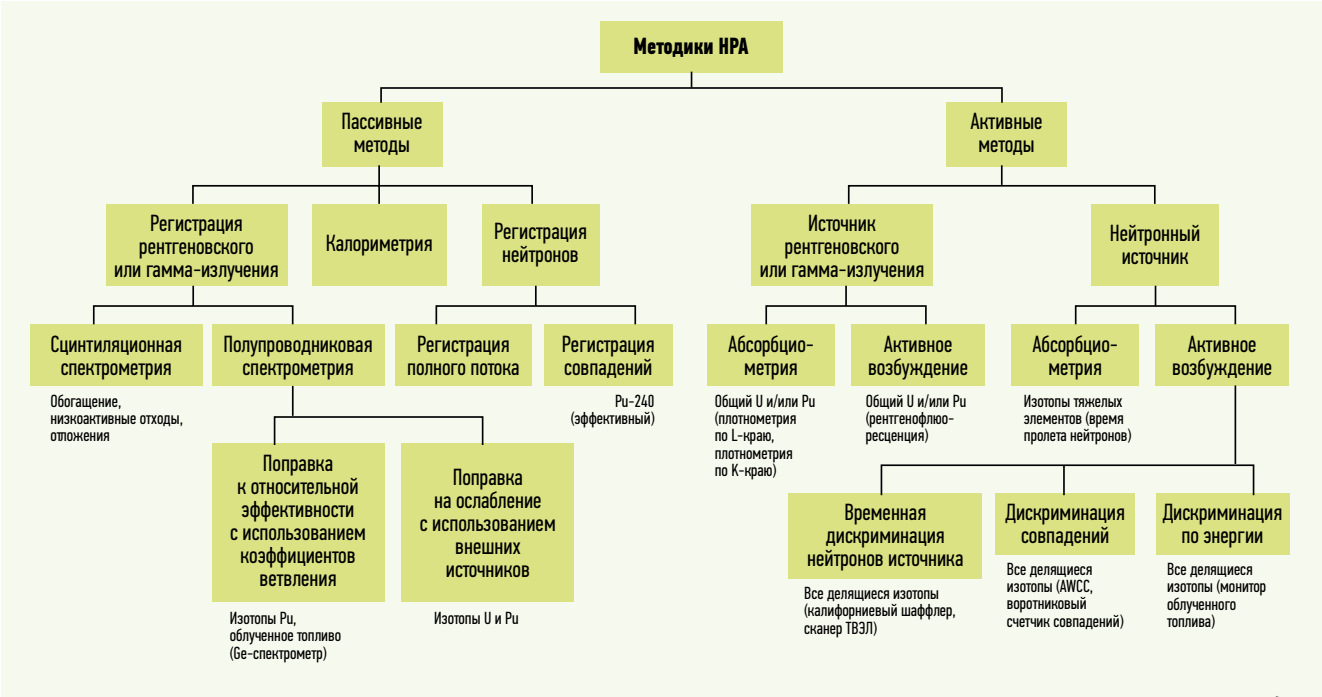


Таблица 1. Гамма-излучение изотопов урана

Изотоп	Энергия гамма-излучения, кэВ	Удельная интенсивность, %	Квантовый выход, %
²³² U	129,1	6,5·10 ⁸	0,0682
	270,5	3,0·10 ⁷	0,0032
	327,8	2,7·10 ⁷	0,0028
²³³ U	119,0	3,9·10 ⁴	0,0041
	120,8	3,2·10 ⁴	0,0033
	146,4	6,6·10 ⁴	0,0066
	164,6	6,4·10 ⁴	0,0062
	245,3	3,8·10 ⁴	0,0036
	291,3	5,8·10 ⁴	0,0054
²³⁴ U	317,2	8,3·10 ⁴	0,0078
	120,9	5,4·10 ⁵	0,0342
²³⁵ U	143,8	7,8·10 ³	10,96
	163,4	3,7·10 ³	5,08
	185,7	4,3·10 ⁴	57,2
	202,1	8,0·10 ²	1,08
	205,3	4,0·10 ³	5,01
²³⁸ U в равновесии с ^{234m} Pa	742,8	7,1	0,08
	766,4	2,6·10 ¹	0,294
	786,3	4,3	0,0486
	1001,0	7,5·10 ¹	0,838

Организации, имеющие в обращении специальные расщепляющиеся материалы (к которым относятся уран-233, уран, обогащенный изотопами ²³⁵U или ²³³U, и плутоний-239) и осуществляющие их переработку, должны предотвращать и/или обнаруживать переключение этих ЯМ с целью их нелегального использования [3]. Для этого организации должны внедрить систему измерений ЯМ и применять ее:

- при поступлении ЯМ в зону баланса материалов (ЗБМ);
 - передаче ЯМ из одной ЗБМ в другую;
 - изменении количества ЯМ внутри ЗБМ.
- Организации выполняют учетные, проверочные и подтверждающие измерения с учетом типа, формы ЯМ и других факторов. Для ЗБМ, в которых ЯМ находится в виде учетных

Рис. 1. Пассивные и активные методы неразрушающего анализа (включая наименования некоторых широко применяемых приборов)

единиц, измерения осуществляются методами неразрушающего анализа. При этом определяются:

- масса урана, плутония или тория;
- содержание урана или плутония в твердых отходах;
- величина обогащения урана;
- изотопный состав урана (изотопы ²³⁵U и ²³³U) или плутония;
- ядерные потери и выгорание отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) при его передаче в хранилище.

Неразрушающий анализ ядерных материалов

Проверку ЯМ проводят путем подсчета учетных единиц, их идентификации, взвешивания, измерения объема, отбора образцов для химического или неразрушающего анализа. Неразрушающий анализ (НРА) – определение вида и/или количества ЯМ в образце без изменения характеристик образца или проникновения в него. НРА устраняет необходимость пробоотбора, снижает степень облучения оператора и требует значительно меньше времени, чем химический анализ. Измерения путем НРА применяются на всех предприятиях топливного цикла для учета ЯМ, управления технологическим

Таблица 2. Длины свободного пробега и «бесконечные» толщины для квантов 185,7 кэВ в соединениях урана

Соединение	Плотность, г/см ³	Длина свободного пробега, см	«Бесконечная» толщина, см
Металл	18,7	0,04	0,26
UF ₆ (твердый)	4,7	0,20	1,43
UO ₂ (спеченный)	10,9	0,07	0,49
UO ₂ (порошок)	2,0	0,39	2,75
Нитрат уранила	2,8	0,43	3,04

процессом, контроля критичности и мониторинга периметра.

Методы НРА делятся на пассивные и активные (рис. 1) в зависимости от того, какое излучение измеряется – обусловленное спонтанным распадом ЯМ или внешним источником.

Активный анализ предполагает облучение подлежащих контролю предметов внешним источником радиации (нейтронным, рентгеновским и гамма-излучением) с целью вызвать вторичное излучение ЯМ. Испускаемые нейтроны, рентгеновские и гамма-кванты интерпретируются как «подписи» для определения количества и состава присутствующего делящегося материала.

Пассивный анализ основан на измерении самопроизвольного излучения ЯМ, служащего его «подписью» [4].

НРА чаще всего проводят путем измерения гамма- и нейтронных излучений ЯМ. Для калибровки аппаратуры и подтверждения результатов НРА применяют стандартные разрушающие методы (радиохимический, масс-спектрометрию). Материалы, участвующие в технологических процессах, анализируются в лабораториях НРА с помощью автоматизированной измерительной аппаратуры, отложения ЯМ в технологическом оборудовании – с помощью переносных приборов.

Определение изотопного состава урана

Изотопы урана испускают альфа-, бета-, нейтронное и гамма-излучение. При пассивном НРА образцов урана в основном определяется гамма-излучение, которое обычно преобладает при распаде ²³⁵U. Однако для образцов низкообогащенного урана наиболее интенсивным в спектре излучения является рентгеновское излучение.

При измерении обогащения ²³⁵U наиболее часто используется линия гамма-излучения с энергией квантов 185,7 кэВ. Она является наиболее ярко выраженной (при наличии урана в образце на спектре всегда появляется пик) одиночной линией гамма-излучения для любых образцов урана с обогащением по ²³⁵U выше природного уровня. В таблице 1 приведены наиболее интенсивные гамма-линии изотопов урана.

Для определения изотопного состава урана с помощью НРА используются два основных метода:

- «бесконечно толстых» образцов;
- соотношения пиков полного поглощения.

Метод «бесконечно толстых» образцов. Определение обогащения урана в «бесконечно толстых» образцах является ключевым измерением в технологических процессах и при контроле продукции на предприятиях по обогащению урана и изготовлению ядерного топлива, а также играет важную роль при международных инспекциях по ядерным гарантиям для подтверждения использования уранового топлива в мирных целях.

«Бесконечной» называют толщину слоя вещества, равную примерно 7 длинам свободного пробега гамма-квантов. Основная методика измерения включает:

- регистрацию излучения образца урана через канал коллиматора детектором гамма-излучения;
- определение обогащения по интенсивности гамма-квантов изотопа ²³⁵U с энергией 185,7 кэВ. Длины свободного пробега и «бесконечные» толщины для таких квантов в соединениях урана приведены в таблице 2.

При измерении обогащения образцов «бесконечной» толщины детектор «видит» через коллиматор часть поверхности образца. Для всех однородных образцов видимый объем содержит одинаковое количество урана. Интенсивность излучения 185,7 кэВ пропорциональна содержанию ²³⁵U в образце. Для калибровки измерительной системы нужен подходящий эталон – аттестованный урановый образец. Погрешность анализа зависит от степени обогащения и составляет 1–5 % при измерениях на NaI-детекторе и 0,1–1,0 % – на Ge-детекторе [4].

Метод соотношения пиков полного поглощения предполагает измерение отношения интенсивностей гамма-излучения основных изотопов урана. Для измерения обогащения урана определяют скорости счета импульсов для нескольких гамма-пиков двух основных изотопов (²³⁵U и ²³⁸U) и нормируют результаты измерений на общую кривую эффективности. Для построения графика относительной эффективности как функции энергии требуется измерение интенсивности известных пиков в данном диапазоне энергий. Наиболее интен-

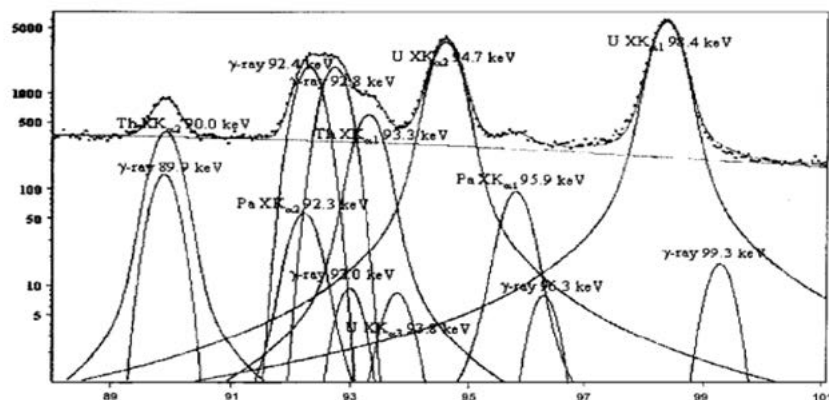


Рис. 2. Спектр излучения образца урана в энергетическом диапазоне 88–100 кэВ и результат его математического разложения на компоненты с помощью программы MGAU

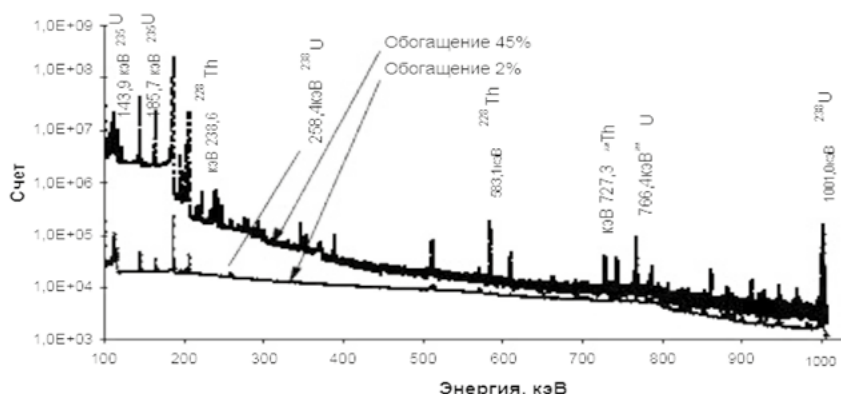


Рис. 3. Спектры излучения образцов урана с разным обогащением, полученные с помощью коаксиального HPGe-детектора

сивными для ^{238}U являются пики гамма-излучения от его дочернего изотопа $^{234\text{m}}\text{Pa}$, находящиеся в энергетическом диапазоне от 700 до 1000 кэВ.

Большая разница энергий гамма-квантов от $^{234\text{m}}\text{Pa}$ (^{238}U) и от ^{235}U делает необходимой существенную поправку на отличие относительной эффективности детектора, включая поглощение квантов материалами образца и контейнера [5].

Определение обогащения урана в образцах с помощью расчетных кодов MGAU и FRAM

В настоящее время для определения изотопного состава урана и плутония чаще всего используются разработанные в Лос-Аламосской национальной лаборатории (США) расчетные коды MGA (MGAU – для определения обогащения урана) и FRAM.

Существуют три диапазона энергии в спектре гамма-излучения, которые можно использовать для определения обогащения урана: 53–68 кэВ, 84–130 кэВ и 185–1001 кэВ [6].

Низкоэнергетические кванты в области 53–68 кэВ сильно поглощаются даже в тонких слоях материалов, поэтому их редко используют для контрольных измерений.

Область 84–130 кэВ включает ряд гамма- и рентгеновских ХК-линий изотопов урана. Излучения ^{235}U и ^{238}U в этой области регистрируются с почти одинаковой эффективностью, так как очень близки по энергии. Это является и основной трудностью при анализе, которая преодолевается путем применения Ge-детекторов с высоким разрешением и специальной программы разложения спектра MGAU.

Обогащение урана определяют по соотношению полученных в результате обработки измеренного спектра площадей пиков (с энергиями 90,0 и 93,3 кэВ от распада ^{235}U и с энергиями 92,367 и 92,792 кэВ от распада ^{238}U), с учетом квантовых выходов указанных линий на один акт распада соответствующего изотопа [7]. Часть спектра уранового образца и его компоненты, используемые для анализа, показаны на рисунке 2.

Расчетный код FRAM можно использовать для исследований урановых образцов (в частности, для контроля обогащения изделий из урана), находящихся внутри контейнера. Применение FRAM дает возможность использовать для анализа более жесткие излучения ^{235}U (185,7 кэВ, 205,3 кэВ и др.) и ^{238}U (766,4 кэВ, 1001 кэВ и др.), измеряя их спектры с помощью коаксиального HPGe-детектора (см. рис. 3). Энергии измеряемых линий сильно разнятся, поэтому требования к разрешению аппаратуры не столь высоки, как при измерении обогащения в области 100 кэВ с помощью кода MGAU [8].

Заключение

Существует риск того, что ядерные или другие радиоактивные материалы могут быть использованы при совершении преступных или преднамеренных несанкционированных действий, создавая угрозу для международной безопасности.

В соответствии с международными обязательствами Республики Беларусь и требованиями национального законодательства ядерные материалы подлежат государственному учету и контролю в государственной системе

учета и контроля ядерных материалов Республики Беларусь.

Большинство ядерных материалов, представляющих интерес с точки зрения гарантий МАГАТЭ, испускает гамма-излучение, которое может использоваться для неразрушающего анализа этих материалов. Спектр гамма-излучения характеризуется четко определенными энергиями, специфическими для испускающих его изотопов. Таким образом, измерение энергетического спектра гамма-излучения материалов позволяет определить их изотопный состав.

Для определения изотопного состава урана с помощью НРА используются методы «бесконечно толстых» образцов и соотношения пиков полного поглощения. В качестве инструмента НРА были разработаны и получили наибольшее распространение два расчетных кода – MGA (MGAU) и FRAM. Обе программы предназначены для определения изотопного состава урана, плутония, а также их смеси в любых химических соединениях.

Список литературы

1. Договор о нераспространении ядерного оружия [Электронный ресурс]: одобрен резолюцией 2373 (XXII) Генер. Ассамблеи, 12 июня 1968 г. – Нью-Йорк, 1968. – Режим доступа: https://www.un.org/russian/documents/decl_conv/conventions/npt.shtml. – Дата доступа: 30.05.2024.
2. IAEA Incident and Trafficking Database (ITDB) [Электронный ресурс]: May, 2024. – Режим доступа: https://www.iaea.org/sites/default/files/24/05/itdb_factsheet_2024.pdf. – Дата доступа: 30.05.2024.
3. Устав МАГАТЭ [Электронный ресурс]: по состоянию на 28 декабря 1989 года / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901851822>. – Дата доступа: 07.02.2024.
4. Пассивный неразрушающий анализ ядерных материалов / Д. Райли [и др.]. – М.: Бином, 2000.
5. Бойко, В.И. Методы и приборы для измерения ядерных и других радиоактивных материалов: учеб. пособие / В.И. Бойко, М.Е. Силаева. – 2011.
6. Hagenauer, R. Nondestructive Uranium Enrichment Determination in Process Holdup Deposit / R. Hagenauer // Nucl. Mater. Manage. XX (Proceedings Issue). – 1991. – P. 74–78.
7. MGAU: A New Analysis Code for Measuring U-235 Enrichments in Arbitrary Samples / R. Gunnik [et al.]. – Report UCRL-JC-114713. Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA. – 1994. – P. 2.
8. PC/FRAM-B32 Plutonium and Uranium Isotopic Analysis Software. Руководство по эксплуатации. № 785030. – 2002. – 201 p.

В.Н. МАСЕНЗОВ,
заместитель главного
инженера по ремонту
и монтажу ОАО «Бел-
энергоремналадка»



Д.А. БАРАНОВСКИЙ,
заместитель начальника
ПРМ по турбинному
оборудованию ОАО «Бел-
энергоремналадка»



Д.М. ИГНАТЕНКО,
начальник организации
сервисного обслуживания
оборудования Белорусской
АЭС ОАО «Бел-
энергоремналадка»



ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ПЛАНОВО- ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТОВ ЭНЕРГБЛОКА № 1 БЕЛОРУССКОЙ АЭС

Для обеспечения надежности функционирования оборудования и технологических систем Белорусской АЭС на станции ежегодно проводятся планово-предупредительные ремонты согласно установленным регламентам. Генподрядчиком по объектам ядерного острова выступила компания «Русатом Сервис», входящая в состав Госкорпорации «Росатом», по объектам турбинного отделения и вспомогательных систем – ОАО «Белэнергоремналадка», которое имеет соответствующие компетенции и опыт реализации таких работ на белорусских станциях и зарубежных АЭС.

В соответствии с Концепцией развития ядерной инфраструктуры для целей устойчивого функционирования государственного предприятия «Белорусская АЭС», утвержденной приказом ГПО «Белэнерго» от 14.04.2021 № 82, ОАО «Белэнергоремналадка» определено генеральным подрядчиком для проведения технического обслуживания и планово-предупредительных ремонтов оборудования и систем вне реакторного отделения и общестанционного оборудования энергоблоков АЭС. С июня 2021 года (в связи с вводом энергоблока № 1 в промышленную эксплуатацию) на предприятие была возложена ответственность за организацию

и проведение ремонтов на атомной электростанции.

Концепцией изначально были определены перспективные направления взаимодействия государственного предприятия «Белорусская АЭС» и ОАО «Белэнергоремналадка» по вопросам организации эксплуатации оборудования за пределами ядерного острова, в том числе:

- мониторинг фактического технического состояния турбоагрегатов и динамики его изменения в межремонтный период;
- разработка режимных рекомендаций, корректировка режимов профилактических мероприятий по ра-

боте турбоагрегатов и определение их фактических маневренных характеристик;

- создание и ведение диагностической базы данных по турбоагрегатам и вспомогательному оборудованию;
- другие направления, связанные с проверкой, наладкой и испытанием систем турбоагрегатов, химводоочистки, водно-химического режима, оборотного охлаждения, а также электротехнического оборудования.

Первым шагом в реализации функций генподрядчика стало техническое обслуживание оборудования БелАЭС, расположенного в зоне свободного доступа. Несмотря на то что ОАО «Белэнергоремналадка» имеет соответствующие компетенции и опыт реализации таких работ, было принято решение привлечь сторонние организации, участвовавшие в строительстве Белорусской АЭС, для проведения отдельных видов работ, повышения компетентности персонала генподрядчика и выработки необходимых навыков командной работы.

До начала первого ППР был успешно и своевременно решен ряд задач:

- получены необходимые разрешительные документы;
- приобретены инструменты и приспособления;
- созданы мобильные инструментальные мастерские.

К сведению

25 апреля 2022 года энергоблок № 1 БелАЭС был остановлен для проведения первого планово-предупредительного ремонта (ППР). В рамках регламентных работ была осуществлена диагностика оборудования, узлов, технологических систем реакторной установки и турбинного цеха, а также проведена первая перегрузка топлива из реакторной установки.

В очередной ППР первый энергоблок БелАЭС был выведен в начале октября 2023 года. В рамках ремонтных работ был выполнен расширенный контроль технологических систем, контроль металла оборудования реакторного и турбинного отделения, реализованы другие мероприятия. Также была проведена очередная перегрузка ядерного топлива.

В июле текущего года второй энергоблок станции был выведен в первый планово-предупредительный ремонт.

Следует отметить, что многие работники впервые столкнулись с организацией и производством работ на оборудовании атомной станции. В связи с этим одной из важнейших задач, которые необходимо было решить до начала ремонта, стала подготовка персонала с учетом специфики предстоящей работы. Благодаря специалистам учебно-тренировочного центра Белорусской АЭС работники генподрядной и подрядных организаций, участвующие в ППР, получили необходимый объем знаний. Основательная подготовка позволила не только успешно и в установленные сроки выполнить капитальные ремонты турбины К-1200 и генератора ТЗВ-1200, но и дополнительно осуществить ряд первоначально не предусмотренных работ по устранению скрытых дефектов.

На этапе подготовки и начала проведения ППР блока № 1 стала очевидна необходимость создания непосредственно на территории атомной станции структурного подразделения ремонтно-наладочной организации. Таким подразделением стал участок по ремонту оборудования Белорусской АЭС (с февраля 2024 года – филиал «Белатомэнергоремонт»), который формировался параллельно с проведением первого ППР. Это решение было направлено на повышение качества услуг по ремонту и обслуживанию технологического оборудования БелАЭС и позволило в полной мере обеспечить соответствие этих услуг требованиям международных и национальных нормативных правовых актов.

В рамках создания участка был проведен ряд мероприятий по подготовке к работам в зоне контролируемого доступа (ЗКД). В дальнейшем, при проведении второго ППР блока № 1, это позволило расширить перечень работ, выполняемых без привлечения субподрядных организаций. Начиная с 2023 года персонал самостоятельно выполняет техобслуживание и ремонт оборудования цеха вентиляции и кондиционирования ЗКД. Кроме того, в ходе второго ППР первого энергоблока белорусские специалисты приняли непосредственное участие в обслуживании и ремонте оборудования реакторного и химического цехов ЗКД. При этом был реализован комплексный подход к обслуживанию вентиляционного оборудования



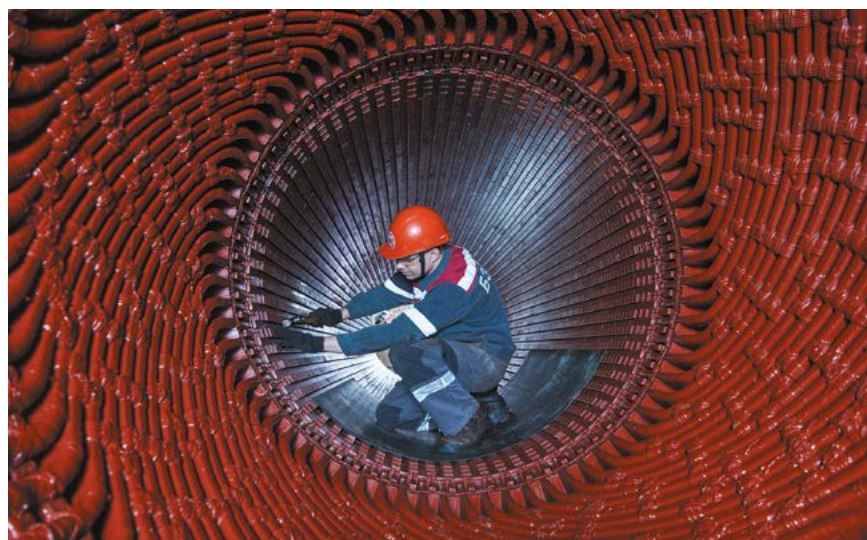
станции, включающий теплоизоляционные работы и работы по обслуживанию электрической и управляющей частей оборудования.

Хотелось бы отметить, что все запланированные работы и первого, и второго ППР были выполнены качественно и в намеченные сроки, что не могло быть реализовано без эффективных, согласованных действий всего коллектива. Государственное предприятие «Белорусская АЭС» по достоинству оценило уровень организации и выполнения второго ППР на энергоблоке № 1 и направило письмо в адрес руководства БЭРН с благодарностью коллективу за высокий профессионализм и слаженную работу.

В целом ввод в эксплуатацию Белорусской АЭС поставил перед предприятием новые задачи, которые его персонал успешно решает. Тем не менее это не стало поводом для самоуспокоенности. В перспективе при проведении ППР на обоих энергоблоках Белорус-

ской АЭС планируется реализовать комплексный подход к обслуживанию и ремонту запорной и регулирующей арматуры, расположенной в ЗКД.

Резюмируя изложенное выше, можно сказать, что главным результатом планово-предупредительных ремонтов, проведенных на энергоблоке № 1 БелАЭС, стало появление в Белорусской энергосистеме высококвалифицированного персонала, способного самостоятельно выполнять ремонт и обслуживание технологического оборудования АЭС и решать профессиональные задачи любой сложности с гарантированным результатом. Это является ощутимым вкладом в развитие ядерной инфраструктуры для целей устойчивого функционирования государственного предприятия «Белорусская АЭС» и будет способствовать выходу отечественных подрядных организаций на лидерские позиции в сфере обслуживания, ремонта и наладки оборудования атомной электростанции.



А.М. ГОЛУБЕНОК,
заместитель начальника
Глубокского МРО
филиала Госэнергонадзора
по Витебской области



ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ УСТАНОВОК. ОСНОВНЫЕ НАРУШЕНИЯ, ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИЯХ

Электросварка – распространенный технологический процесс, основанный на использовании электрической энергии. Существуют разнообразные виды электросварочного оборудования, но чаще всего применяются установки для ручной дуговой сварки, которые обладают высокой энергоемкостью, а также создают повышенную опасность поражения электротоком на местах проведения сварочных работ. В связи с этим необходимо уделять особое внимание соблюдению требований к устройству, эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту электросварочных установок. При этом нельзя забывать о защите от ультрафиолетового излучения и соблюдении требований по безопасному ведению огневых работ.

Проведенные инспекторами Госэнергонадзора мероприятия технического (технологического, поверочного) и контрольно-аналитического характера показывают, что многие субъекты хозяйствования не уделяют должного внимания вопросам правильной эксплуатации и поддержания исправного технического состояния электросварочных установок, а также обеспечению защиты персонала, выполняющего сварочные работы.

Перечислим основные нарушения, выявляемые при обследованиях электросварочных установок:

- отсутствие или неисправность ограждений, препятствующих прикосновению к открытым токоведущим и вращающимся частям установок;
- отсутствие или неисправность измерительных приборов для определения сварочного тока;
- отсутствие на органах управления надписей, указывающих их назначение;
- отсутствие заземления (зануления) корпуса и (или) одного из выводов вторичной обмотки;
- повреждение изоляции сварочных проводов;
- соединение (присоединение) сварочных проводов скруткой;
- использование проводников сети заземления в качестве обратного провода;

- применение самодельных электродержателей;
- отсутствие на установке инвентарного номера, таблички с указанием срока следующего испытания;
- несоблюдение периодичности испытаний;
- допуск к электросварочным работам персонала, не прошедшего обучение, инструктаж и проверку знаний требований безопасности, не имеющего группу по электробезопасности II или выше;
- отсутствие на рабочих местах сварщиков плакатов, предупреждающих о возможности облучения глаз и кожи работающих.

Все эти нарушения снижают уровень безопасности при применении установок для ручной дуговой сварки. Напомним основные нормативные требования к их эксплуатации и техническому состоянию.

Устройство, размещение и эксплуатация сварочных электроустановок

Требования к устройству и размещению электросварочных установок изложены в главе 7.6 Правил устройства электроустановок (ПУЭ, 6-е издание). Должны также учитываться

взаимосвязанные положения других глав ПУЭ и ТКП 339-2022 (33240) «Электроустановки на напряжение до 750 кВ...».

Вопросы эксплуатации установок регламентируются подразделом 6.1 ТКП 181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» (далее – ТКП 181). Кроме того, необходимо соблюдать требования, изложенные в технической и эксплуатационной документации изготовителей сварочного оборудования, а для переносных и передвижных сварочных установок – требования подраздела 6.5 ТКП 181.

Согласно пункту 7.6.3 ПУЭ электросварочные установки представляют собой совокупность функционально связанных между собой специальных электросварочных и общего назначения электротехнических и механических элементов, а также кабельных линий, электропроводов, токопроводов для внешних соединений этих элементов.

В качестве источников питания в электросварочных установках применяются трансформаторы, выпрямители, генераторы постоянного и переменного тока, специально для этого предназначенные.

В настоящее время широко применяются сварочные инверторы –

компактные полупроводниковые сварочные аппараты. Они имеют высокий КПД, небольшую массу, оснащены многими функциями, облегчающими работу сварщика, что делает их привлекательными для использования как на производстве, так и в быту. Вместе с тем при неправильной эксплуатации они представляют такую же опасность, как и сварочные аппараты других типов.

Техническое состояние электросварочных установок

Основные требования к техническому состоянию электросварочных установок следующие:

- все устройства, используемые для электросварочных установок, должны быть изготовлены согласно утвержденной в установленном порядке технической документации и соответствовать действующим стандартам;
- исполнение оборудования установок должно соответствовать условиям окружающей среды. Необходимо учитывать, что изготовители ограничивают применение инверторов при минусовых температурах;
- конструкция оборудования, ограждений и устройств блокировки не должны допускать возможности его механического повреждения, а также случайных прикосновений к вращающимся или находящимся под напряжением частям;
- электросварочная установка должна иметь измерительный прибор для определения значения сварочного тока. Для установок с однопостовым источником сварочного тока достаточно наличия шкалы на регуляторе тока;
- на органах управления оборудованием должны быть четкие надписи, указывающие их назначение, а также фиксаторы положения или ограждения, исключающие случайное включение или отключение. Доступ к органам управления должен быть свободным, удобным и безопасным, их расположение должно обеспечивать возможность быстрого отключения;
- корпуса электросварочного оборудования необходимо заземлять (в системе TN – присоединять к глухозаземленной нейтрали источника питания). Для присоединения защитного проводника оборудование должно иметь болт

(винт, шпильку) и контактную площадку вокруг него, расположенную в доступном месте, с надписью «Земля» (или с условным знаком заземления по ГОСТ 2.721-74). Должно быть также предусмотрено заземление одного из зажимов (выводов) вторичной цепи источников сварочного тока;

- каждая установка должна иметь инвентарный номер и табличку с указанием срока следующего испытания.

Присоединение электросварочных установок к сети

Первичная цепь электросварочной установки должна содержать коммутационный (отключающий) и защитный электрические аппараты. В качестве аппаратов защиты для стационарных установок могут применяться плавкие предохранители или автоматические выключатели, выбранные с учетом предельно допустимого номинального тока установки.

Учитывая высокую потенциальную опасность поражения электрическим током при выполнении электросварочных работ, применение устройств защитного отключения, реагирующих на дифференциальный ток (УЗО), значительно повысит уровень электробезопасности при подключении стационарного оборудования.

Переносные и передвижные электросварочные установки должны быть снабжены УЗО в обязательном порядке.

Переносные или передвижные электросварочные установки следует подключать переносным гибким шланговым кабелем с медными жилами, с изоляцией и оболочкой из резины, не распространяющей горение, или пластмассы с разъемными или разборными контактными соединениями. Длина гибкого кабеля, соединяющего источник питания и коммутационный аппарат, не должна превышать 10–15 м, а сечение питающих кабелей должно соответствовать подключаемой нагрузке. Во время перемещения такие установки должны быть отсоединены от сети.

Сварочные цепи

Для подвода тока к электрододержателю необходимо применять гибкий сварочный медный кабель с резиновой изоляцией и в резиновой оболочке.

Применение проводов с изоляцией или оболочкой из полиэтилена и других полимерных материалов, распространяющих горение, не допускается. Сварочные кабели следует соединять путем опрессовки, сварки или пайки. Подключение кабелей к сварочному оборудованию должно осуществляться опрессованными или припаянными кабельными наконечниками.

В стационарных установках обратными проводниками, соединяющими свариваемое изделие с источником сварочного тока, могут служить гибкие и жесткие провода, а там, где это возможно, – стальные или алюминиевые шины любого профиля достаточного сечения, сварочные плиты, стеллажи и свариваемая конструкция. Соединять между собой отдельные элементы, используемые в качестве обратного провода, необходимо с помощью сварки или болтов, струбцин, зажимов.

В электросварочных установках с переносными и передвижными сварочными трансформаторами обратный провод должен быть изолированным.

В качестве обратного проводника не допускается использовать провода сети заземления, строительные металлоконструкции зданий, трубопроводы и технологическое оборудование.

Электрододержатели для ручной дуговой сварки должны соответствовать ГОСТ 14651, иметь минимальную массу и конструкцию, обеспечивающую надежное зажатие и быструю смену электродов, а также исключающую возможность короткого замыкания корпуса на свариваемую деталь. Рукоятки электрододержателей должны быть изготовлены из несгораемого диэлектрического и теплоизолирующего материала. Пользование электрододержателями с нарушенной изоляцией рукоятки и применение самодельных электрододержателей запрещается.

Напряжение холостого хода источников сварочного тока установок дуговой сварки при номинальном напряжении сети не должно превышать:

- 80 В (действующее значение) – для источников переменного тока при ручной и полуавтоматической дуговой сварке;
- 100 В (среднее значение) – для источников постоянного тока.

В цепи сварочного тока генераторов при обрыве дуги допускаются кратковременные пики напряжения длительностью не более 0,5 с.

Электросварочные установки, применяемые для сварки в особо опасных условиях (внутри металлических емкостей, в трубопроводах, колодцах, тоннелях, котлах), а также в помещениях с повышенной опасностью, должны быть оснащены устройствами автоматического отключения напряжения холостого хода при разрыве сварочной цепи или его ограничения до безопасного в данных условиях напряжения.

Обеспечение безопасности персонала

Важной составляющей обеспечения безопасности при проведении электросварочных работ является соблюдение требований к персоналу, выполняющему подключение, обслуживание и эксплуатацию электросварочных установок.

Согласно пункту 3.25 ТКП 427-2022 «Электроустановки. Правила по обеспечению безопасности при эксплуатации» персонал, осуществляющий электросварочные работы, относится к электротехнологическому. Такой персонал должен иметь группу по электробезопасности не ниже II и соответствующее удостоверение. Кроме того, работники, выполняющие электросварочные работы, должны пройти медосмотр, инструктаж, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда.

Подключение и отключение электросварочных установок, наблюдение за их исправным состоянием в процессе эксплуатации должен выполнять электротехнический персонал с группой по электробезопасности не ниже III. Электросварщикам, прошедшим специальное обучение, может присваиваться группа по электробезопасности III и выше для работы в качестве оперативно-ремонтного персонала с правом присоединения к сети переносных и передвижных электросварочных установок.

При электросварочных работах необходимо пользоваться спецодеждой (куртка, брюки, ботинки с глухим верхом, рукавицы, фартук с нагрудником и головной убор). При потолочной сварке, кроме того, должны применяться асбестовые или брезентовые нарукавники, а при сварке цветных металлов и сплавов, содержащих цинк, медь, свинец, – фильтрующий респиратор.

Для защиты лица и глаз при работе электросварщик обязан приме-

нять щиток или маску, стекла которых подбираются в зависимости от режима сварки.

При сварке внутри металлоконструкций, котлов, резервуаров, а также снаружи помещений (после дождя и снегопада) сварщик, кроме вышеуказанной спецодежды, обязан дополнительно использовать диэлектрические перчатки, галоши и ковер. При работе в закрытых емкостях необходимо также надевать полиэтиленовую каску (пользоваться металлическим щитком в этом случае запрещается).

Требования к помещениям для электросварочных работ определены параграфами 7.6.30–7.6.41 ПУЭ. Отметим, что места постоянного проведения данных работ должны быть оборудованы вентиляцией, а на рабочих местах сварщиков необходимо вывешивать плакаты, предупреждающие о возможности облучения глаз и кожи работающих.

Над сварочными установками незащищенного исполнения, находящимися на открытом воздухе, следует сооружать навесы из негорючих материалов, исключающие попадание осадков на рабочее место или сварочное оборудование.

Техническое обслуживание и ремонт

В процессе эксплуатации необходимо осуществлять постоянный контроль технического состояния электросварочного оборудования, его техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), проведение испытаний и измерений.

Перед присоединением сварочной установки следует произвести внешний осмотр всей установки и убедиться в ее исправности. Особое внимание при этом надо обращать на состояние контактов и защитных проводников, исправность изоляции рабочих проводов, наличие и исправность защитных средств.

Осмотр и чистка установки и пусковой аппаратуры выполняются не реже одного раза в месяц. При осмотре проверяются наличие инвентарного номера, таблички с указанием срока следующего испытания, исправность аппаратов защиты и кабелей, наличие заземления корпуса и вторичной обмотки. Особое внимание уделяется

регулярной очистке сварочных инверторов, так как для присутствующих в них печатных плат и мелких силовых компонентов любое загрязнение, пыль и особенно влага представляют опасность.

Проведение испытаний и измерений на электросварочных установках осуществляется в соответствии с эксплуатационными документами изготовителей. Кроме того, согласно ТКП 181 после длительного перерыва в работе установок, при наличии у них видимых механических повреждений (но не реже одного раза в 6 месяцев) проводится измерение сопротивления изоляции.

Эксплуатация электросварочной установки с истекшим сроком испытаний или при обнаружении каких-либо неисправностей запрещается.

Переносное, передвижное электросварочное оборудование должно быть закреплено за электросварщиком, о чем делается запись в журнале регистрации инвентарного учета, периодической проверки и ремонта переносных и передвижных электроприемников и вспомогательного оборудования к ним. В этот журнал также необходимо заносить результаты проверки указанного оборудования (подраздел 6.5 ТКП 181). Не закрепленные за электросварщиками передвижные и переносные источники тока для дуговой сварки должны храниться в помещениях, запираемых на замок.

Система ТОиР электросварочных установок разрабатывается и реализуется в соответствии с принятой в организации схемой с учетом требований ТКП 181, инструкций по эксплуатации, эксплуатационных документов изготовителя, норм испытания электрооборудования и местных условий. Ремонт должен производиться специально подготовленным персоналом. После ремонта оборудование подвергают испытаниям в соответствии с эксплуатационными документами изготовителя, нормами испытаний электрооборудования согласно приложению Б ТКП 181.

Ответственность за эксплуатацию сварочного оборудования, выполнение годового графика ТОиР, безопасное проведение сварочных работ определяется должностными (рабочими) инструкциями, утвержденными в установленном порядке руководителем организации.

УДК 621.039.743

М.Л. ЖЕМЖУРОВ,
д.т.н., доцент, заведующий
лабораторией ГНУ «ОИЭЯИ –
Сосны» НАН Беларуси,
Минск, Беларусь,
jema@sosny.bas-net.by



А.В. ПЕСЦОВА,
мл. науч. сотрудник,
аспирант ГНУ «ОИЭЯИ –
Сосны» НАН Беларуси,
Минск, Беларусь,
subprogr_3@sosny.bas-net.by



А.М. ЖЕМЖУРОВ,
мл. науч. сотрудник
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны»
НАН Беларуси, магистрант
ГУО «Университет
Национальной академии
наук Беларуси»,
Минск, Беларусь,
zhemzhurow1888@rambler.ru



ОБ ОБРАЩЕНИИ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ ОЧЕНЬ НИЗКОЙ АКТИВНОСТИ НА БЕЛОРУССКОЙ АЭС

Аннотация

Проведен анализ твердых радиоактивных отходов эксплуатационной категории «очень низкоактивные отходы», образовавшихся в 2021–2023 годах на этапах ввода в эксплуатацию и эксплуатации энергоблока № 1 Белорусской АЭС. Показано, что после поступления в хранилище значительное количество таких отходов в результате снижения удельной активности потенциально может быть освобождено от надзора в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности, то есть переведено в нерадиоактивные (производственные) отходы. Рекомендован порядок обращения с отходами данной категории, обеспечивающий упрощение процедуры их последующего освобождения от надзора за счет установления консервативных уровней освобождения по содержанию основных гамма-излучающих радионуклидов.

Ключевые слова: атомная электростанция, радиоактивные отходы, очень низкоактивные отходы, освобождение от регулирующего контроля (надзора)

Annotation

The analysis of solid radioactive waste of the operational category «very low-level waste» formed in 2021–2023 at the stages of commissioning and operation of the power unit No. 1 of the Belarusian NPP is carried out. It is shown that after entering the repository a significant amount of such waste as a result of a decrease in specific activity can potentially be exempted from supervision in the field of nuclear and radiation safety, that is, transferred to non-radioactive (industrial) waste. The procedure for handling waste of this category is recommended, which provides for simplification of the procedure for their subsequent exemption from supervision by establishing conservative release levels for the content of the main gamma-emitting radionuclides.

Keywords: nuclear power plant, radioactive waste, very low-level waste, exemption from regulatory control (supervision)

*Статья поступила в редакцию
5 июня 2024 года*

По состоянию на 2024 год в Республике Беларусь находятся в промышленной эксплуатации два энергоблока Белорусской АЭС с реакторами ВВЭР-1200. Образующиеся на АЭС твердые радиоактивные отходы (ТРО) всех категорий сортируются, кондиционируются и размещаются в пристанционных хранилищах.

В качестве одной из основных задач Стратегии обращения с радиоактивными отходами Белорусской атомной электростанции [1] определено увеличение срока размещения ТРО в пристанционных хранилищах. Эта задача должна решаться путем проведения периодических ревизий упаковок ТРО в процессе хранения, перевода их в «чистые» отходы после распада короткоживущих радионуклидов и внесения предложений об оптимизации размещения упаковок.

Радиоактивные отходы (РАО) могут быть освобождены пользователем от регулирующего контроля в соответствии

с критериями, установленными в санитарных нормах и правилах СПОРО-2015 [2]. К настоящему времени имеются фактические данные об объемах и характеристиках образующихся на АЭС РАО очень низкой активности. В данной статье рассматриваются вопросы обращения с такими отходами на БелАЭС.

Нормативные требования

В соответствии с требованиями [2] на АЭС должна быть предусмотрена отдельная система обращения с РАО разных видов и нерадиоактивными отходами, которая включает в себя совокупность соответствующих процедур (методы сбора, временного хранения, упаковки, транспортирования, кондиционирования и хранения, радиационного контроля) и материально-технического обеспечения

(помещения и оборудование).

В базовом российском проекте АЭС-2006 с ВВЭР-1200 проектировщик с учетом опыта эксплуатации АЭС с реакторами типа ВВЭР определил усредненное годовое количество образования на энергоблоке ТРО следующих категорий: очень низкоактивные (ОНРАО), низкоактивные (НАО), среднеактивные (САО) и высокоактивные (ВАО).

Эта прогнозная оценка была выполнена по российской классификации ТРО в соответствии с требованиями Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) и СПОРО-2002.

В Республике Беларусь согласно [2] в качестве уровней отнесения отходов к твердым РАО установлены значения удельной активности радионуклидов (далее – УА), приведенные в приложении 4 гигиенического норматива [3]. При этом, поскольку образование РАО в процессе эксплуатации АЭС не является разовым, нужно руководствоваться уровнями освобождения от контроля, рассчитанными для больших количеств материала, согласно таблице 3 приложения 4 [3]. Эти уровни значительно ниже предельных значений УА для отнесения отходов к ТРО, принятых в России (приложение 5 к ОСПОРБ-99/2010). Главное отличие российской системы классификации РАО от белорусской и рекомендованной в стандартах МАГАТЭ в том, что в России к РАО не относятся отходы с УА в диапазоне от уровней изъятия для больших количеств твердого материала до уровней изъятия для умеренных его количеств. Такие промышленные отходы АЭС классифицируются в соответствии с санитарными правилами СП 2.6.6.2572-2010 как очень низкоактивные отходы, и для них установлен отдельный порядок обращения на АЭС. В Беларуси отходы с такой УА входят в состав ОНРАО.

Следует пояснить, что различия в категорировании и классификации РАО в Республике Беларусь и Российской Федерации привели к необходимости корректировки базового проекта АЭС-2006 с ВВЭР-1200 для Беларуси в части системы обращения с РАО с целью обеспечения процедур обращения и мест размещения РАО очень низкой активности. Последовательная работа в этом направлении выполнялась в процессе экспертизы документов, обосновывающих обеспечение ядерной и радиационной безопасности энергоблоков БелАЭС. В результате система обращения с РАО на станции была полностью адаптирована к белорусским нормативным требованиям.

Для БелАЭС обосновано и рекомендовано введение эксплуатационной категории РАО «очень низкоактивные отходы» (ОНАО) [4]. Определено, что ОНАО являются частью РАО, входящих в нормативно определенную категорию ОНРАО. Рекомендованная эксплуатационная категория интегрирована в проектную и эксплуатационную документацию системы обращения с ТРО БелАЭС.

Таблица 1. Количество упаковок и объем ТРО энергоблока № 1 БелАЭС по категориям

Категория	2021 год		2022 год		2023 год	
	Кол-во упаковок, шт.	Объем, м³	Кол-во упаковок, шт.	Объем, м³	Кол-во упаковок, шт.	Объем, м³
ОНАО (в том числе твердые нерадиоактивные отходы)	35	7,0	162	32,4	177	35,4
ОНРАО	10	2,0	86	17,2	44	8,8
НАО	1	0,2	28	5,6	16	3,2
САО	—	—	22	4,4	15	3,0
ВАО	—	—	—	—	6	0,3
Итого:	46	9,2	298	59,6	258	50,7
Кол-во упаковок за 2021–2023 годы, шт.	602					
Объем за 2021–2023 годы, м³	119,5					

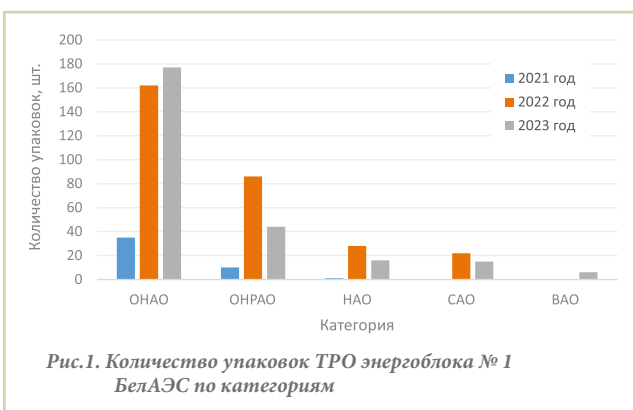


Рис. 1. Количество упаковок ТРО энергоблока № 1 БелАЭС по категориям

В 2021 году в Беларуси введен в действие гигиенический норматив [5], при этом продолжает действовать норматив [3] 2012 года. С позиций [5] ОНАО определяются следующим образом: к эксплуатационной категории «очень низкоактивные отходы» БелАЭС относятся ТРО с содержанием отдельных техногенных радионуклидов с уровнем УА в диапазоне от уровня освобождения от надзора для больших количеств твердого материала (таблица 5 [5]) до уровней изъятия для умеренных количеств материала (таблица 3 [5]).

Следует отметить, что в [3] используется термин «освобождение от контроля», а в [5] – «освобождение от надзора». Таблицы 1–5 приложения 4 [3] соответствуют таблицам 3–7 [5]. В настоящей работе используются ссылки на оба норматива, а для упрощения применяется термин «освобождение от контроля».

Образование ОНАО на энергоблоке № 1 БелАЭС в 2021–2023 годах

В результате переработки (сортировки, прессования) ТРО, образовавшихся на энергоблоке № 1 БелАЭС за 2021–2023 годы, сформировано 602 упаковки кондиционированных ТРО (119,5 м³) в виде 596 металлических бочек емкостью 0,2 м³ и шести капсул для ВАО емкостью 0,05 м³. Количество упаковок и объем ТРО по категориям приведены в таблице 1 и на рисунке 1. Как показывают фактические данные, ОНАО составляют более половины ТРО (374 упаковки, или 62 % от их общего количества).

Характеристики ОНАО

ОНАО, как и остальные ОНРАО, а также НАО и САО, могут включать радиоактивные продукты деления и активированные продукты коррозии. Их содержание в ТРО определяется фактическим загрязнением радионуклидами поверхностей оборудования и воздуха в помещениях АЭС, проводимыми ремонтными работами и многими другими факторами.

На момент образования ТРО прогнозируемый перечень основных радионуклидов, определяющих активность ТРО с учетом проектных данных по радионуклидному составу теплоносителя первого контура и данных эксплуатации блоков-аналогов, включает, по крайней мере, следующие нуклиды: ^3H , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{99}Mo , ^{103}Ru , ^{122}Sb , ^{124}Sb , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{132}Te , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{141}Ce .

Для разделения ОНАО и остальных ТРО на месте образования отходов проводится их предварительная сортировка по уровню мощности дозы гамма-излучения на расстоянии 0,1 м от поверхности первичной упаковки. Отходы с мощностью дозы менее 1 мкЗв/ч относятся к ОНАО и собираются в металлическую 200-литровую бочку.

На установке паспортизации упаковок РАО производятся измерения УА гамма-излучающих радионуклидов. В ОНАО идентифицированы следующие нуклиды: $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{140}Ba , ^{141}Ce , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{51}Cr , ^{134}Cs , ^{136}Cs , ^{137}Cs , ^{59}Fe , ^{131}I , ^{192}Ir , ^{40}K , ^{140}La , ^{54}Mn , ^{99}Mo , ^{95}Nb , ^{122}Sb , ^{124}Sb , ^{125}Sb , ^{187}W , ^{65}Zn , ^{95}Zr . Большинство из них относятся к радионуклидам активационного происхождения, образующимся при активации продуктов коррозии (^{58}Co , ^{60}Co , ^{59}Fe , ^{54}Mn и др.).

Из идентифицированных радионуклидов можно выделить радионуклиды с периодом полураспада менее 100 сут, активность которых за время хранения может быть снижена до значений ниже уровня отнесения к РАО. Это ^{58}Co , ^{59}Fe , ^{95}Nb , ^{124}Sb , ^{95}Zr , ^{51}Cr и др.

В результате анализа фактических данных по образованию ОНАО также определены их физическая природа и состав, а именно: абразив, бетон, бумага, ветошь, графит, древесина, изоляция, кабель, картон, лабораторная посуда, металл, минвата, обрезки труб, огнезащитный материал, паронит, пластик, пленка, полиэтилен, поролон, проволока, резина, средства индивидуальной защиты, стекло, строительный мусор, теплоизоляция, фильтры.

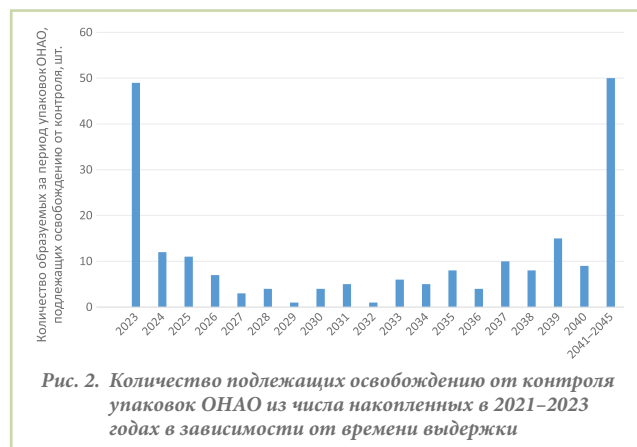
Выявление партий упаковок ОНАО, подлежащих освобождению от контроля

Согласно СПОРО-2015 [2] к РАО, подлежащим освобождению от контроля, относятся отходы, загрязненные радионуклидами, до принятия пользователем источника ионизирующего излучения решения об их освобождении от контроля в соответствии с установленными критериями отнесения их к РАО. Обращение с освобожденными от контроля отходами должно осуществляться как с нерадиоактивными.

Активность радионуклидов с течением времени уменьшается по экспоненциальному закону. Расчетная дата перехода ОНАО в нерадиоактивные отходы определяется исходя из того, будет ли сумма отношений их УА к соответствующим уровням изъятия для больших количеств ма-

Таблица 2. Количество подлежащих освобождению от контроля упаковок ОНАО из числа накопленных в 2021–2023 годах в зависимости от времени выдержки

Год	Кол-во образуемых за период упаковок ОНАО, подлежащих освобождению от контроля, шт.	Доля от общего кол-ва образованных в 2021–2023 годах упаковок ОНАО, %
2023	49	13,1
2024	12	3,2
2025	11	2,94
2026	7	1,9
2027	3	0,8
2028	4	1,1
2029	1	0,3
2030	4	1,1
2031	5	1,3
2032	1	0,3
2033	6	1,6
2034	5	1,3
2035	8	2,1
2036	4	1,1
2037	10	2,7
2038	8	2,1
2039	15	4,0
2040	9	2,4
2041–2045	50	13,4



териала и уровням освобождения от контроля (таблица 3 приложения 4 [3]) меньше единицы:

$$\sum_i \left(\frac{A_i}{УИ_i} \right) \leq 1, \quad (1)$$

где A_i – удельная активность i -го радионуклида; $УИ_i$ – уровень изъятия i -го радионуклида.

Количество подлежащих освобождению от контроля упаковок ОНАО (по идентифицированным радионуклидам) из числа образованных в 2021–2023 годах в зависимости от времени их выдержки представлено в таблице 2 и на рисунке 2. Расчет производился до 2045 года.

Как видно из таблицы 2, в 2024 году в результате снижения УА 61 упаковка ОНАО (16,3 % от общего количества, поступившего в хранилище за 2021–2023 годы) потенциально может быть освобождена от контроля, то есть переведена в категорию производственных отходов.

Согласно Стратегии обращения с радиоактивными отходами [6] ОНАО, НАО и САО в кондиционированном виде (переработанные, отвержденные и упакованные) будут храниться на территории БелАЭС 10 лет с последующим их транспортированием и размещением в пункте захоронения (ПЗРО), строительство первой очереди которого должно быть завершено в 2030 году.

К концу 2030 года, после 10 лет эксплуатации энергоблока № 1, освобождению будет подлежать 91 упаковка ОНАО, то есть около 25 % от числа поступивших в хранилище в 2021–2023 годах.

В работе [7] нами выполнен анализ данных по образованию ОНАО на энергоблоке № 1 БелАЭС в 2021–2022 годах. Сопоставление результатов расчета количества подлежащих освобождению от контроля упаковок ОНАО в [7] и в настоящей статье показывает, что время перехода образованных в 2023 году ОНАО в нерадиоактивные отходы значительно выросло по сравнению с ОНАО, образованными в 2021–2022 годах, что связано с увеличением средней УА и доли радионуклидов с большим периодом полураспада.

Таким образом, значительная часть образованных на первом энергоблоке БелАЭС упаковок ОНАО подлежит освобождению от контроля. Низкая активность большей части упаковок объясняется тем, что на БелАЭС принят консервативный подход, согласно которому изначально практически все отходы (с превышением мощности дозы гамма-излучения 0,1 мкЗв/ч на расстоянии 0,1 м от поверхности), образовавшиеся в зоне контролируемого доступа, рассматриваются как радиоактивные.

Порядок обращения с ОНАО с целью упрощения процедуры их последующего освобождения от контроля

Измерение УА гамма-излучающих радионуклидов в упаковках ТРО производится на установке паспортизации РАО. Однако в настоящее время не определены перечень и значения активности сложно детектируемых радионуклидов (СДР), которые должны указываться в паспорте на упаковку РАО. Данный перечень разрабатывается в увязке с проектированием ПЗРО и должен включать все радиологически значимые нуклиды.

Анализ радиационных характеристик упаковок ОНАО, поступивших на хранение на этапах ввода в эксплуатацию и эксплуатации первого энергоблока БелАЭС в 2021–2023 годах, показывает, что они могут быть разделены на две группы:

- отходы, для которых сумма отношений измеренных УА к уровням изъятия и освобождения от контроля для больших количеств твердого материала, приведенным в таблице 3 приложения 4 [3], не превышает 1 (1-я группа);
- отходы, для которых сумма указанных отношений превышает 1, а сумма отношений измеренных УА к уровням изъятия для умеренных количеств твердого материала, приведенным в таблице 1 приложения 4 [3], не превышает 1 (2-я группа).

Учитывая высокую вероятность освобождения от контроля отходов 1-й группы, рекомендовано отдельное размещение упаковок с такими ОНАО в пристанционном хранилище. Здесь упаковки должны проходить периодическую ревизию на установке паспортизации для опреде-

ления возможности освобождения от контроля согласно устанавливаемой процедуре. Срок проведения ревизий (повторной паспортизации) может определяться на основании результатов первичной паспортизации и оценки снижения активности за период хранения.

На БелАЭС такая оценка проводится, и в паспортах упаковок ОНАО 2-й группы указывается расчетная дата распада до уровня освобождения от контроля по измеряемым гамма-излучающим радионуклидам (то есть до перехода в 1-ю группу). Для ОНАО 2-й группы, образованных на данном этапе эксплуатации первого энергоблока, требуемый период снижения активности для их перехода в 1-ю группу составляет от нескольких месяцев до нескольких лет. Это обусловлено тем, что радионуклидный состав образуемых ОНАО представлен в основном относительно короткоживущими изотопами: ^{51}Cr (период полураспада 27,7 сут), ^{95}Zr (64), ^{54}Mn (290), ^{58}Co (70,9), ^{59}Fe (44,5), ^{95}Nb (35), ^{124}Sb (60).

Таким образом, размещение ОНАО на промежуточное хранение в пристанционных хранилищах целесообразно оптимизировать с учетом возможности освобождения от контроля в процессе хранения в результате распада короткоживущих радионуклидов. Упаковки ОНАО 1-й и 2-й групп рекомендуется размещать на хранение отдельно: первые должны быть доступны для изъятия, а вторые – размещаться с учетом расчетного времени их перехода в 1-ю группу для последующей ревизии (повторной паспортизации). Актуальность реализации такого подхода будет возрастать в ходе эксплуатации АЭС по мере накопления упаковок ОНАО и перехода к их многоярусному размещению.

Рекомендуемая процедура освобождения ОНАО от контроля

Как отмечалось выше, перечень контролируемых при паспортизации упаковок РАО радионуклидов, исходя из УА которых принимается решение об освобождении отходов от контроля, должен определяться в установленном порядке и включать как легко детектируемые гамма-излучающие радионуклиды, так и СДР.

Для повышения оперативности и эффективности контроля радиационных характеристик РАО на БелАЭС планируется применять метод радионуклидного вектора. Содержание СДР будет определяться этим методом в соответствии с ISO 21238-2007 [8], рекомендациями МАГАТЭ [9] и российскими документами [10, 11]. Указанная технология позволяет свести контроль состава и активности радионуклидов в РАО данного вида к измерению УА только отдельных реперных нуклидов (например, ^{60}Co , ^{137}Cs), что требует на порядок меньше затрат, чем лабораторный анализ.

Метод радионуклидного вектора для определения СДР активно используется в различных странах, эксплуатирующих АЭС. Основным способом установления радионуклидных соотношений является проведение экспериментальных работ по определению фактического содержания в РАО СДР и реперных радионуклидов с последующим установлением корреляционных соотношений. Как правило, рассчитанные соотношения применимы для однотипных энергоблоков и позволяют определять содержание СДР в конкретных потоках РАО.

Вместе с тем в ряде стран (в частности, в Бельгии, Канаде, Германии) для паспортизации упаковок РАО применяются расчетные радионуклидные векторы, частично или в полном объеме определенные на основании моделирования и предельных оценок. Российским стандартом [11] также предусматриваются расчетные методы определения радионуклидного состава РАО АЭС.

Учитывая сложность и длительность процесса разработки радионуклидных векторов, требующего проведения пробоотбора, пробоподготовки и экспериментального анализа большого количества проб различных потоков (типов) РАО, на начальном этапе эксплуатации БелАЭС целесообразно применить аналогичный методический подход. Он заключается в установлении консервативных уровней освобождения от контроля по содержанию основных реперных гамма-излучающих радионуклидов, что обеспечит заведомое непревышение содержания потенциально присутствующих в ОНАО радиологически значимых СДР предельных значений. Реализация этого подхода возможна за счет использования консервативных масштабирующих коэффициентов, определенных на основании мирового опыта их применения.

Консервативные уровни освобождения могут быть также определены исходя из расчетов содержания СДР в образующихся при эксплуатации АЭС РАО разных видов и морфологий по корреляционным соотношениям, полученным путем расчета содержания:

- радионуклидов – продуктов деления и актинидов в облученном ядерном топливе;
- радионуклидов, образующихся в результате активации конструкционных материалов реактора в зависимости от глубины выгорания топлива и режима работы реактора.

К примеру, такие расчеты проводились в рамках разработки концептуального проекта ПЗРО в 2016–2018 годах при оценке активности долгоживущих радионуклидов в РАО, образующихся в ходе эксплуатации БелАЭС [4].

Могут быть также использованы данные о радионуклидных векторах, применяемых на других АЭС. В частности, в России накоплен определенный опыт применения методологии радионуклидного вектора и выявлен ряд закономерностей формирования радионуклидного состава РАО АЭС с реакторными установками типа ВВЭР.

Требуемый уровень консерватизма при реализации изложенного подхода может быть достигнут за счет кратного запаса по уровням УА СДР.

При реализации такого подхода возможность освобождения от контроля ОНАО с содержанием гамма-излучающих радионуклидов, превышающим установленные консервативные уровни освобождения, будет определяться после разработки и применения радионуклидных векторов.

Заключение

В результате анализа ТРО введенной эксплуатационной категории ОНАО, образовавшихся в 2021–2023 годах на этапах ввода в эксплуатацию и эксплуатации энергоблока № 1 Белорусской АЭС, установлено, что около 25 % упаковок ОНАО, поступивших в хранилище ТРО за указанный период, после 10 лет эксплуатации АЭС могут быть осво-

божены от регулирующего контроля при условии отсутствия в упаковках РАО значимых активностей СДР.

Решения по размещению на промежуточное хранение ОНАО в пристанционных хранилищах должны быть оптимизированы с учетом возможности освобождения их от контроля в процессе хранения после распада короткоживущих радионуклидов.

На период до установления радионуклидных векторов рекомендован методический подход по реализации упрощенной процедуры освобождения упаковок ОНАО от регулирующего контроля, заключающийся в установлении консервативных уровней освобождения по содержанию основных гамма-излучающих радионуклидов, обеспечивающих заведомое непревышение уровней содержания СДР, требуемых для освобождения от контроля.

Список литературы

1. Об утверждении Стратегии обращения с радиоактивными отходами Белорусской атомной электростанции [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 02 июня 2015 г. № 460 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: https://minenergo.gov.by/wp-content/uploads/C21500460_1433538000.pdf. – Дата доступа: 03.06.2024.
2. Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при обращении с радиоактивными отходами: СанПиН: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 31.12.2015: введ. 01.02.2016. – Минск: Минздрав, 2015. – 22 с.
3. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к радиационной безопасности» и Гигиенического норматива «Критерии оценки радиационного воздействия» [Электронный ресурс]: постановление Мин-ва здравоохранения Респ. Беларусь от 28.12.2012 № 213 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21326850p>. – Дата доступа: 31.05.2024.
4. Жемжуров, М.Л. Техническая концепция захоронения очень низкоактивных, низкоактивных и короткоживущих среднеактивных радиоактивных отходов Белорусской АЭС / М.Л. Жемжуров, Н.Д. Кузьмина. – Изв. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2022. – Т. 67, № 1 – С. 105–118.
5. Об утверждении гигиенических нормативов [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 25 янв. 2021 г. № 37 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037>. – Дата доступа: 28.05.2024.
6. О Стратегии обращения с радиоактивными отходами [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 15 февр. 2023 г. № 128 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22300128&p1=1&p5=0>. – Дата доступа: 30.05.2024.
7. Жемжуров, М.Л. Проблемы обращения с радиоактивными отходами низкой активности Белорусской АЭС / М.Л. Жемжуров, А.В. Песцова // Нелинейные явления в сложных системах: труды XXX юбилейного междунар. семинара, Минск, 24–28 июня 2023 г. – Минск, 2023. – С. 214–223.
8. Scaling factor method to determine the radioactivity of low- and intermediate-level radioactive waste packages generated at nuclear power plants: ISO 21238-2007. – First edition 15.04.2007.
9. IAEA Nuclear Energy Series NW-T-1.18. Determination and use of scaling factors for waste characterization in NPP. – IAEA. – Vienna, Austria, 2009.
10. Рекомендации по применению метода радионуклидных соотношений для определения содержания сложнодетектируемых радионуклидов в радиоактивных отходах предприятий ядерного топливного цикла: РБ-154-19. – Введ. 04.04.2019. – М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2019. – 25 с.
11. Радиоактивные отходы атомных станций. Определение радиационных характеристик для передачи на захоронение: ГОСТ Р 59968-2021. – Введ. 01.03.2022. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2022. – 40 с.

УДК 621.313.333

Н.А. МАКОВСКАЯ,
к.б.н., заведующий лабораторией
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси,
Минск, Беларусь, nata.mak@sosny.bas-net.by

Т.Г. ЛЕОНТЬЕВА,
старший научный сотрудник
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси,
Минск, Беларусь, t.leontieva@tut.by

А.А. БАКЛАЙ,
старший научный сотрудник
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси,
Минск, Беларусь, a.baklay@tut.by

Д.А. КУЗЬМУК,
младший научный сотрудник
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси,
Минск, Беларусь, dariakuzmuk@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}Cs И ^{90}Sr В ГЛИНЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАРКОВСКОЕ ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ИЗОЛЯЦИИ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Аннотация

Изучена миграция радионуклидов цезия и стронция в глине месторождения Марковское Гомельской области. Определены кажущиеся коэффициенты диффузии ^{137}Cs и ^{90}Sr для данной глины и проведено их сравнение с аналогичными показателями для бентонитовых глин из Чехии и Индии. Обоснована возможность использования глины месторождения Марковское для изоляции средне-, низко- и очень низкоактивных радиоактивных отходов Белорусской АЭС в приповерхностном пункте захоронения радиоактивных отходов.

Ключевые слова: глина, миграция, цезий, стронций, диффузия, радиоактивные отходы, пункт захоронения радиоактивных отходов

Annotation

The migration of cesium and strontium radionuclides in the clay of the Markovskoye deposit (Gomel region) was studied. The apparent diffusion coefficients of ^{137}Cs and ^{90}Sr for this clay were determined and compared with corresponding values for bentonite clays from the Czech Republic and India. Clay from the Markovskoye deposit was substantiated as a possible material for isolation of medium-, low- and very low-level radioactive waste from the Belarusian NPP at a near-surface radioactive waste disposal.

Keywords: clay, migration, cesium, strontium, diffusion, radioactive waste, radioactive waste disposal site

*Статья поступила в редакцию
17 апреля 2024 года*

Введение

Средне-, низко- и очень низкоактивные радиоактивные отходы (РАО), образующиеся на Белорусской АЭС (БелАЭС), подлежат захоронению в приповерхностном пункте захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО) [1]. Наиболее целесообразно захоранивать РАО вблизи мест образования для уменьшения риска, связанного с их транспортировкой [2]. При этом особую актуальность приобретает проблема долговременного и безопасного захоронения РАО, так как радионуклиды в их составе представляют опасность для человека и окружающей среды. Для решения данной проблемы в ПЗРО создается многобарьерная защитная система, которая предотвращает или значительно снижает выход радионуклидов за пределы сооружения. Элементами системы инженерных барьеров безопасности ПЗРО являются буферная засыпка, подстилающий и покрывающий экраны [3]. В подстилающем экране используют

уплотненную глину, позволяющую создать условия, при которых миграция радионуклидов в ней в случае попадания воды в ПЗРО возможна только посредством диффузии [4].

Актуальным направлением научных исследований является экспериментальное определение параметров диффузии радионуклидов в глине, поскольку его результаты используются при моделировании миграции радионуклидов в инженерных барьерах в рамках обоснования долговременной безопасности ПЗРО.

Для оценки диффузии радионуклида через слой глины могут быть использованы два параметра, $\text{м}^2/\text{с}$:

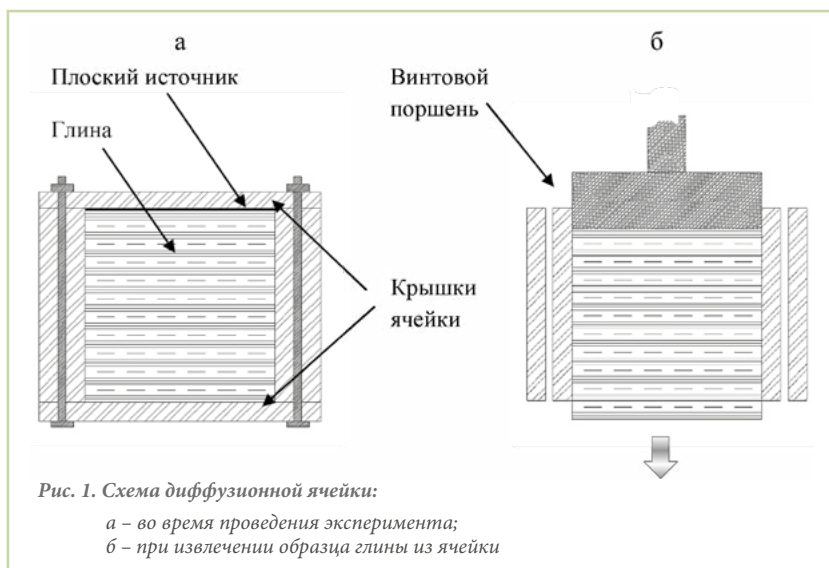
- эффективный коэффициент диффузии D_e , который не учитывает эффект замедления миграции за счет сорбции радионуклида [5]. Для получения значения D_e , как правило, необходимо создать условия стационарной диффузии в системе «глина – раствор», что приводит к большой длительности экспериментов для сильносорбирующихся радионуклидов, таких как цезий [6];

• кажущийся коэффициент диффузии D_a , учитывающий замедление миграции за счет сорбции. Для определения значения D_a цезия и стронция в глинах используется метод прямой диффузии, в соответствии с которым измеряется изменение концентрации радионуклидов в слоях образца глины в зависимости от времени [7].

Цель работы – определить кажущиеся коэффициенты диффузии радионуклидов цезия и стронция в образце глины месторождения Марковское (Беларусь) и обосновать возможность использования данной глины для изоляции РАО БелАЭС.

Материалы и методы исследований

Для исследований использовали образец глины, отобранный в 2020 году на промышленном месторождении Марковское в Гомельской области. Выбор данной глины обусловлен тем, что она обладает наилучшими сорбционными характеристиками по отношению к ^{137}Cs по сравнению с другими образцами глин [8].



Диффузионные эксперименты для изучения миграции ^{137}Cs и ^{85}Sr (аналог ^{90}Sr) в образце проводили в соответствии с методикой [6] в диффузионных ячейках из нержавеющей стали внутренним диаметром 4,7 см и высотой 5 см. Схема ячейки представлена на рисунке 1.

Эксперименты проводились с растворами ^{137}Cs ($T_{1/2} = 30,2$ года) и ^{90}Sr ($T_{1/2} = 28,8$ года), поскольку они являются основными дозообразующими радионуклидами, вносящими вклад в активность средне-, низко- и очень низкоактивных РАО БелАЭС.

Перед началом экспериментов образец глины высушивали, растирали в ступке и просеивали через сито с размером ячейки 1 мм. Полученный порошок взвешивали, а затем увлажняли по методике, описанной в [6]. Увлажненную глину небольшими порциями закладывали в диффузионную ячейку с последующим уплотнением. После этого на верхнее основание образца помещали диск из фильтровальной бумаги диаметром 4,7 см, пропитанный раствором радионуклида ^{137}Cs или ^{85}Sr (плоский источник), и герметизировали ячейку крышкой. По истечении не-

обходимого времени контакта образца глины с плоским источником (70 дней – ^{137}Cs , 10 дней – ^{85}Sr) радионуклида ячейку разбирали, с торцов снимали крышки и устанавливали винтовой поршень. С его помощью постепенно выталкивали образец глины из ячейки (см. рис. 1, б), делая срезы слоев толщиной около 1 мм. Сразу после отбора каждый слой глины взвешивали и определяли его точную толщину по формуле

$$h_i = \frac{m_i}{m} H, \quad (1)$$

где h_i – толщина i -го слоя образца глины, мм; m_i – масса i -го слоя образца глины, г; m – начальная масса образца глины, г; H – начальная толщина образца глины, мм.

В полученных слоях глины определяли удельную активность радионуклидов ^{137}Cs и ^{85}Sr прямым спектрометрическим методом по линиям $E_\gamma = 662$ кэВ и $E_\gamma = 514$ кэВ соответственно с использованием универсального спектрометрического комплекса РУС-91М. Все эксперименты проводили двукратно при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Результаты и обсуждение

Одномерная нестационарная диффузия радионуклида в пористой среде описывается вторым законом Фика:

$$\frac{\partial C(x, t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D(x, t) \frac{\partial C(x, t)}{\partial x} \right), \quad (2)$$

где $C(x, t)$ – концентрация радионуклида в пористой среде, моль/м³ или Бк/м³; t – время диффузии, с; x – пространственная координата, м; D – коэффициент диффузии, м²/с.

Если среда, в которой диффундирует радионуклид, является гомогенной, изотропной и радионуклид сорбируется на ней, то коэффициент диффузии не за-

висит от координаты и времени и уравнение (2) принимает вид

$$\frac{\partial C(x, t)}{\partial t} = D_a \frac{\partial^2 C(x, t)}{\partial x^2}. \quad (3)$$

Для тонкого плоского источника, в котором радионуклид распределен равномерно по площади поперечного сечения, при начальных и граничных условиях $C(x=0, t=0) = C_0/(\delta(x) \cdot S)$ и $C(x \rightarrow \infty, t=0) = 0$ соответственно решение уравнения (3) существует в следующем виде [6, 7]:

$$C(x, t) = \frac{C_0}{S \sqrt{\pi D_a t}} \exp\left(-\frac{x^2}{4 D_a t}\right), \quad (4)$$

где C_0 – количество радионуклида в источнике, моль или Бк; $\delta(x)$ – дельта-функция; S – площадь источника, м².

Проведенные эксперименты по изучению диффузии радионуклидов ^{137}Cs и ^{85}Sr показали, что образец глины тол-

Таблица 1. Значения кажущегося коэффициента диффузии D_a ^{137}Cs и ^{85}Sr в различных глинах

Образец	Содержание радионуклида в ПС ¹ , моль	ρ_d , кг/м ³	Содержание, мас. %		D_a , м ² /с	
			М ²	И ³	^{137}Cs	^{85}Sr
Глина (Беларусь)	10^{-8} (^{137}Cs и ^{85}Sr)	1400	37,6	3,6	$(1,4 \pm 0,2) \cdot 10^{-12}$	$(4,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-11}$
Бентонитовая глина (Чехия)	10^{-8} (^{85}Sr)	1400	88,0	–	– ⁴	$(3,6 \pm 0,2) \cdot 10^{-11}$
Бентонитовая глина (Индия)	$1,5 \cdot 10^{-7}$ (^{137}Cs) 10^{-9} (^{85}Sr)	1600	88,1	–	$(2,6 \pm 0,1) \cdot 10^{-12}$	$(3,3 \pm 0,2) \cdot 10^{-11}$

Примечания:

¹ ПС – плоский источник.

² М – монтмориллонит.

³ И – иллит.

⁴ В работе [6] не определяли.

Данные по бентонитовым глинам из Чехии и Индии приведены по [6] и [7] соответственно.

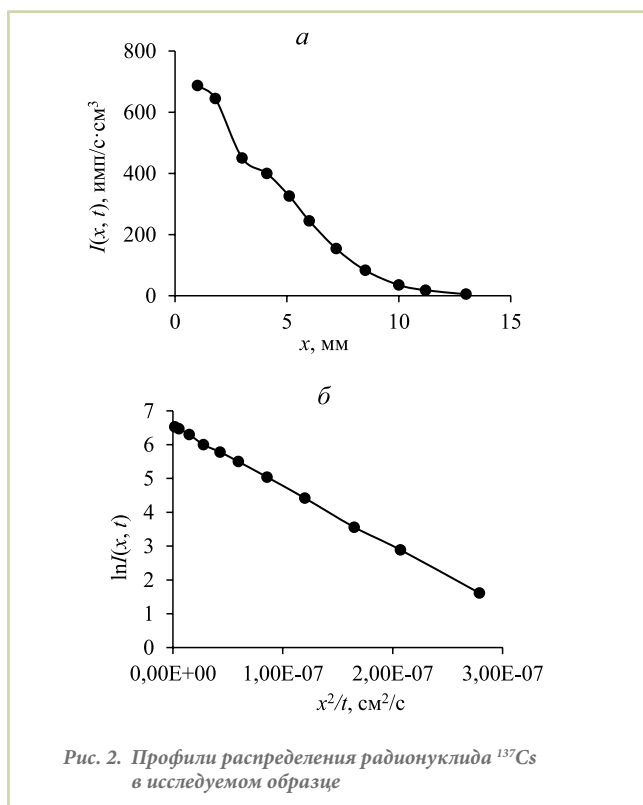


Рис. 2. Профили распределения радионуклида ^{137}Cs в исследуемом образце

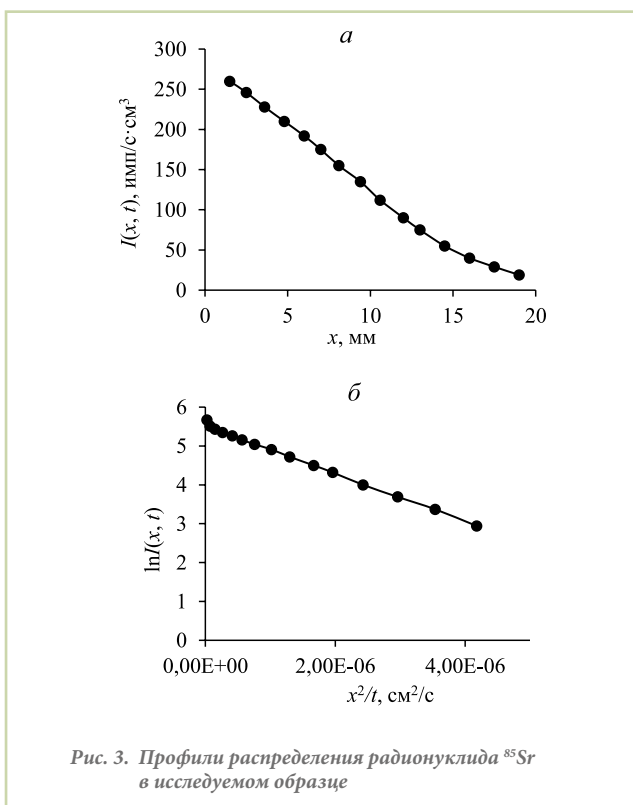


Рис. 3. Профили распределения радионуклида ^{85}Sr в исследуемом образце

щиной 20 мм можно считать бесконечным, так как за время диффузии ^{137}Cs в течение 70 дней и ^{85}Sr в течение 10 дней данные радионуклиды не достигают нижней границы уплотненного образца глины. Кроме того, установлено, что влажность W и сухая плотность ρ_d слоев изменяются незначительно – в интервалах $21,1 \pm 22,8$ % и 1420 ± 1460 кг/м³ соответственно.

Полученные экспериментальные данные позволяют рассматривать образец глины как гомогенную пористую среду. В связи с этим распределение радионуклидов ^{137}Cs и ^{85}Sr в образце должно описываться выражением (4). Такая зависимость линеаризуется в координатах $\ln C(x, t) - x^2/t$ или $\ln I(x, t) - x^2/t$, так как активность и скорость счета диффундирующего радионуклида пропорциональна его концентрации:

$$\ln I(x, t) = -\frac{x^2}{4D_a t} + \text{const}, \quad (5)$$

где $I(x, t)$ – удельная скорость счета радионуклида в слое образца глины на расстоянии x (мм) от тонкого плоского источника, имп/с·см³; $\text{const} = \frac{\ln C_0}{S \sqrt{\pi D_a t}}$, имп/с·см³.

На рисунках 2 и 3 представлены профили распределения радионуклидов ^{137}Cs и ^{85}Sr в образце глины месторождения Марковское в координатах $I(x, t) - x$ (а) и $\ln I(x, t) - x^2/t$ (б).

Значения кажущегося коэффициента диффузии D_a радионуклидов ^{137}Cs и ^{85}Sr , полученные из их профилей распределения в образце (рисунки 2, б и 3, б соответственно) по выражению (4), составили:

- для ^{137}Cs – $(1,4 \pm 0,2) \cdot 10^{-12}$ м²/с;
- для ^{85}Sr – $(4,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-11}$ м²/с.

Как видно, значение для ^{85}Sr в 30 раз больше, чем для ^{137}Cs . Это можно объяснить тем, что ^{137}Cs сорбируется в основном на высокоселективных по отношению к цезию центрах образца глины [8], а ^{85}Sr – на неселективных центрах, на которых сорбируются все ионы металлов [7].

В различных концепциях ПЗРО в качестве материала для инженерных барьеров наиболее часто рекомендуется использовать бентонитовую глину [3, 7]. Согласно белорусской концепции ПЗРО в качестве компонента подстилающего экрана предусмотрен сорбционный слой из уплотненной глины [9]. Так как для сооружения экрана требуется значительное количество глины, МАГАТЭ рекомендует странам, эксплуатирующим АЭС, по возможности использовать местные глины с целью снижения стоимости строительства ПЗРО [10].

В связи с вышеизложенным возможность использования глины месторождения Марковское в качестве компонента подстилающего экрана ПЗРО оценивали на основании сравнения показателя D_a образцов белорусской глины и бентонитовых глин из Чехии и Индии, полученных практически в одинаковых условиях. В таблице 1 приведены соответствующие значения D_a радионуклидов ^{137}Cs и ^{85}Sr .

Как видно из таблицы 1, значения D_a радионуклидов ^{137}Cs или ^{85}Sr , полученные для глины из Беларуси и бентонитовых глин из Чехии и Индии, отличаются незначительно. При этом значение D_a ^{137}Cs для глины из Беларуси и бентонитовой глины из Индии выше значения D_a ^{85}Sr в 29 и 13 раз соответственно. Это означает, что время выхода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr из глин будет разным.

Время задержки выхода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr из глины определяли по формуле [5]

$$t_3 = \frac{H^2}{6D_a}, \text{ лет}, \quad (6)$$

где H – толщина глины, м.

Результаты расчета значения t_3 для образцов белорусской глины разной начальной толщины приведены в таблице 2.

Таблица 2. Время задержки выхода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr из глины месторождения Марковское в зависимости от толщины образца

H, м	t_3 , лет	
	^{137}Cs	^{90}Sr
0,5	945	32,2
1,0	3780	128,8
1,5	8505	289,9

Основная функция слоя глины в составе подстилающего экрана состоит в предотвращении или значительном снижении выхода из него радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr [8]. Из данных таблицы 2 видно, что слой белорусской глины толщиной 0,5 м практически полностью задерживает выход ^{137}Cs (время задержки – более 30 периодов полураспада ^{137}Cs). Для значительной задержки ^{90}Sr требуется слой глины толщиной не менее 1,5 м (время задержки – не менее 10 периодов полураспада ^{90}Sr).

Выводы

1. На основании изучения диффузии радионуклидов цезия и стронция в глине месторождения Марковское Гомельской области, определены кажущиеся коэффициенты диффузии (D_a) для ^{137}Cs и ^{85}Sr , которые составляют $(1,4 \pm 0,2) \cdot 10^{-12}$ и $(4,1 \pm 0,3) \cdot 10^{-11}$ м²/с соответственно.

2. Показано, что при сухой плотности глины, равной 1400 кг/м³, увеличение времени задержки радионуклидов цезия и стронция в глине (снижение времени выхода радионуклидов из слоя глины) возможно только за счет повышения толщины слоя глины в составе подстилающего экрана ПЗРО.

3. Установлено, что различия в значениях D_a радионуклидов цезия и стронция в глине из Беларуси и бентонитовых глинах из Чехии и Индии незначительны. Из этого следует, что глина месторождения Марковское может быть использована в составе подстилающего экрана для ограничения выхода радионуклидов цезия и стронция в окружающую среду при изоляции в приповерхностном ПЗРО средне-, низко- и очень низкоактивных РАО БелАЭС, а также других предприятий, на которых образуются отходы подобного типа.

Список литературы

- Жемжуров, М.Л. Техническая концепция захоронения очень низкоактивных, низкоактивных и короткоживущих среднеактивных радиоактивных отходов Белорусской АЭС / М.Л. Жемжуров, Н.Д. Кузьмина // Изв. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2022. – Т. 67, № 1. – С. 105–118.
- Кочкин, Б.Т. Научные основы оценки безопасности геологической изоляции долгоживущих радиоактивных отходов (Енисейский проект) / Б.Т. Кочкин, В.И. Мальковский, С.В. Юдинцев. – М.: ИГЕМ РАН, 2017. – 384 с.
- Варлакова, Г.А. Оценка противомиграционных свойств материалов для буферной засыпки приповерхностного хранилища радиоактивных отходов / Г.А. Варлакова, Е.Е. Осташкина, З.И. Голубева // Радиохимия. – 2013. – Т. 55, № 6. – С. 549–552.
- Шарафутдинов, Р.Б. Моделирование диффузии радионуклидов из приповерхностных хранилищ жидких РАО / Р.Б. Шарафутдинов, О.Н. Ушаков, В.И. Корж // Ядерная и радиационная безопасность. – 2008. – № 1. – С. 18–25.
- Overview of laboratory methods employed for obtaining diffusion coefficients in FEBEX compacted bentonite / M. Garcia-Gutiérrez [et al.] // J. Iber. Geol. – 2006. – Vol. 32. – P. 37–53.
- Baborová, L. Comparison of Sr transport in compacted homoionous Na and Ca bentonite using a planar source method evaluated at ideal and non-ideal boundary condition / L. Baborová, E. Viglašová, D. Vopálka // Water. – 2021. – Vol. 13. – P. 1520–1533.
- Diffusion of Na(I), Cs(I), Sr(II) and Eu(III) in smectite rich natural clay / Sharayu Karas [et al.] // J. Environ. Radioactivity. – 2016. – Vol. 151. – P. 218–223.
- Сорбция Cs(I) на глинах месторождений Марковское (Беларусь) и 10-й Хутор (Хакасия, Россия) / А.А. Баклай [и др.] // Радиохимия. – 2022. – Т. 64, № 2. – С. 193–200.
- Разработать концептуальный проект пункта захоронения (хранения) радиоактивных отходов (кроме высокоактивных), образующихся в процессе эксплуатации и вывода из эксплуатации Белорусской АЭС, на основе референтных технологий и существующих проектов. ГП «Наукоемкие технологии и техника» на 2016–2020 годы, подпрограмма 6 «Научное сопровождение развития атомной энергетики в Республике Беларусь»: отчет о НИР (заключ.) / Научное учреждение «ОИЭЯИ – Сосны»; науч. рук. М.Л. Жемжуров. – Минск, 2018. – 411 с. – Инв. № 1860. – № ГР 20162228.
- Procedures and techniques for closure of near surface disposal facilities for radioactive waste: IAEA-TECDOC-1260. – Vienna: IAEA, 2001. – 96 p.

УДК 621.644.2.02.07:620.197.5

Н.Р. ПРОКОПЧУК,
д.х.н., профессор, член-корреспондент
НАН Беларуси, профессор БГТУ,
Минск, Беларусь, tnsippm@belstu.by

В.А. СЕДНИН,
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
«Промышленная теплоэнергетика
и теплотехника» БНТУ,
Минск, Беларусь, vsednin@bntu.by

А.А. АБРАЗОВСКИЙ,
к.т.н., доцент, директор
ООО «Бустер Бел», Минск, Беларусь,
abrazouskialiaksei@gmail.com

Н.В. СТРУЦКИЙ,
заместитель начальника управления
систем газоснабжения ГПО «Белтопгаз»,
Минск, Беларусь, nvs@topgas.by

С.Ф. ГОРИЧЕНКО,
начальник транспортной
службы УП «МИНГАЗ»,
Минск, Беларусь,
gsf2003@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАЩИТНЫХ МАСТИЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ПО ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ

Аннотация

В статье представлены результаты исследования остаточного ресурса защитного мастичного покрытия стальных подземных газопроводов с различными сроками эксплуатации на основании расчета величины энергии активации термоокислительной деструкции. Полученные данные свидетельствуют о том, что прогнозируемый срок службы защитного мастичного покрытия превышает 60 лет.

Ключевые слова: газопровод, энергия активации, термоокислительная деструкция, остаточный ресурс, защитное мастичное покрытие, битум, эксплуатация

Annotation

The article presents the results of the study of the residual life of the protective mastic coating of steel underground gas pipelines with different service lives based on the calculation of the activation energy of thermal-oxidative destruction. The obtained data indicate that the predicted service life of the protective mastic coating exceeds 60 years.

Keywords: gas pipeline, activation energy, thermal destruction, residual life, protective mastic coating, bitumen, operation

*Статья поступила в редакцию
1 июля 2024 года*

Обеспечение потребителей газом, а также эффективная, надежная и безопасная эксплуатация объектов системы газоснабжения являются важнейшими задачами государственного регулирования в области газоснабжения [1]. Под надежностью понимают свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах все параметры, характеризующие его способность выполнять требуемые функции в заданных режимах в условиях эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и транспортирования [2].

Одним из наиболее слабых с точки зрения механической прочности конструктивных элементов стального подземного газопровода, влияющих на его надежность, является защитное покрытие [3]. В настоящее время предложено несколько подходов к определению состояния защитного покрытия газопроводов [4–9]. Для оценки долговечности полимерных материалов разработан и стандартизирован метод, основанный на определении энергии активации

термоокислительной деструкции [10–12]. Ранее данный метод был нами апробирован при оценке срока эксплуатации подземных газопроводов с различными типами защитных покрытий [13, 14].

Определение энергии активации термоокислительной деструкции

Оценка долговечности полимерных изделий на основании определения энергии активации термоокислительной деструкции основана на функциональной зависимости между энергией активации и долговечностью изделий, изготовленных из полимерных материалов [10]. Под энергией активации понимают избыток энергии (потенциальный барьер), необходимый для разрушения химических связей основной цепи полимера, под воздействием эксплуата-

ционных факторов (механических, тепловых, химических) и прочих нагрузок (температура окружающей среды, концентрация кислорода и озона воздуха, плотность УФ-излучения, состав химических сред и др.).

Величина энергии активации E_d исследуемого материала устанавливается эмпирически в лабораторных условиях на основе изменения массы навески образца при ее нагреве до температуры 500 °С на дериватографе. Значение E_d находится по данным динамической термогравиметрии методом Бройдо – путем двойного логарифмирования потери массы (Δm) образцом:

$$\ln \left[\ln \frac{100}{100 - \Delta m} \right]. \quad (1)$$

В стандартных условиях эксперимента на дериватограмме отмечаются значения Δm в процентах с точностью до 0,1 % с шагом 10 °С в интервале температур. Затем вычисляется значение двойного логарифма для каждой температуры и строится график линейной зависимости двойного логарифма от обратной температуры T_d с аппроксимацией по методу наименьших квадратов.

Энергия активации рассчитывается по выражению [10]

$$E_d = \operatorname{tg} \varphi \cdot R, \text{ кДж/моль}, \quad (2)$$

где φ – тангенс угла наклона построенной прямой линии к оси ординат; $R = 8,31 \cdot 10^{-3}$ кДж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная.

За конечную величину E_d принимают среднее арифметическое значение для трех измерений.

Следовательно, экспериментально определяемая энергия активации термоокислительной деструкции является потенциальным барьером, препятствующим разрушению химических связей в полимере, и определяется качеством материала при тепловом воздействии на него без учета влияния других эксплуатационных факторов.

Исследование долговечности битумных покрытий

Гидроизоляционное (антикоррозионное) мастичное покрытие стальных газопроводов представляет собой композитный материал, в котором армирующим элементом является ткань, а связующим – нефтяной битум. Долговечность таких материалов определяется стойкостью связующего элемента, то есть битума. Это твердый пластичный материал черного цвета, представляющий собой дисперсную систему, образованную несколькими фазами, которые не взаимодействуют между собой химически и практически не смешиваются [15]. Дисперсионной средой (матрицей) битума выступают масла и смолы, дисперсной фазой – асфальтены (высокомолекулярные соединения нефти, представляющие собой продукт полимеризации и конденсации).

Асфальтены не являются связующими. Нефтяные масла – смесь парафинов и нафтеннов. Наличие нескольких групп углеводородов с разнородным составом приводит к тому, что их влияние на свойства битума может отличаться. Так, смолы, занимающие 20–40 мас. % в составе битума,

пластичны даже при комнатной температуре. Парафины же представляют собой смесь твердых углеводородов метилового ряда преимущественно нормального строения (18–35 атомов углерода в молекуле) с молекулярной массой 300–450. Они водостойки и инертны к большинству реагентов [16]. Свойства всех этих компонентов ведут к тому, что при деструкции битум охрупчивается и в покрытии появляются трещины, через которые агрессивная среда попадает на поверхность стальной трубы, вызывая ее коррозию.

На основании химического состава парафина его можно условно отнести к олигомерным (низкомолекулярным) полиэтиленам низкой плотности (ПЭНП).

Долговечность τ полимерных труб для инженерно-технических систем (для ПЭНП) по значению энергии активации термоокислительной деструкции определяют по формуле [10, 11]

$$\tau_{T_3} = \left[10^{-0,144 E_{\text{расч}} - 1,73} \exp \left(\frac{E_{\text{расч}}}{RT_3} \right) \right], \text{ лет}, \quad (3)$$

где T_3 – температура эксплуатации материала, К; $E_{\text{расч}}$ – расчетное значение энергии активации разрушения химических связей в макромолекулах, кДж/моль, определяемое как

$$E_{\text{расч}} = E_d - \Delta E_{\text{экс.ф.}}. \quad (4)$$

Здесь $\Delta E_{\text{экс.ф.}}$ – понижение потенциального барьера разрушения эксплуатационными факторами, кДж/моль.

Для оценки $\Delta E_{\text{экс.ф.}}$ в 2023–2024 годах в ГПО «Белтопгаз» была выполнена работа по оценке состояния и остаточного ресурса гидроизоляционных (антикоррозионных) покрытий стальных подземных газопроводов. В ее рамках исследовались 25 образцов газопроводов с мастичным покрытием со сроком эксплуатации от 20 до 61 года, один образец со свеженанесенным покрытием и один с поврежденной изоляцией (итого 27 образцов).

Для подземных газопроводов величина $\Delta E_{\text{экс.ф.}}$ определялась с учетом [11]:

- внутренних механических напряжений $\Delta E_{\text{мех}}$, обусловленных давлением массы грунта на покрытие (глубина прокладки принята 1,6 м);
 - агрессивности среды $\Delta E_{\text{хим}}$;
 - действия жидкой среды $\Delta E_{\text{ж.ср.}}$ (эффект Ребиндера).
- В результате имеем

$$\Delta E_{\text{экс.ф.}} = \Delta E_{\text{мех.}} + \Delta E_{\text{хим.}} + \Delta E_{\text{ж.ср.}}. \quad (5)$$

Внутренние механические напряжения определяются по выражению

$$\Delta E_{\text{мех.}} = \sigma_{\text{вн.}} \gamma, \quad (6)$$

где $\sigma_{\text{вн.}}$ – внутреннее напряжение в связях олигомерных молекул битума, МПа (согласно расчетным данным превышает 4 МПа); γ – структурно чувствительный коэффициент, характеризующий плотность упаковки олигомерных молекул в битуме; принимается равным 5 кДж/(моль·МПа), так как из-за сложного состава битума расстояния между

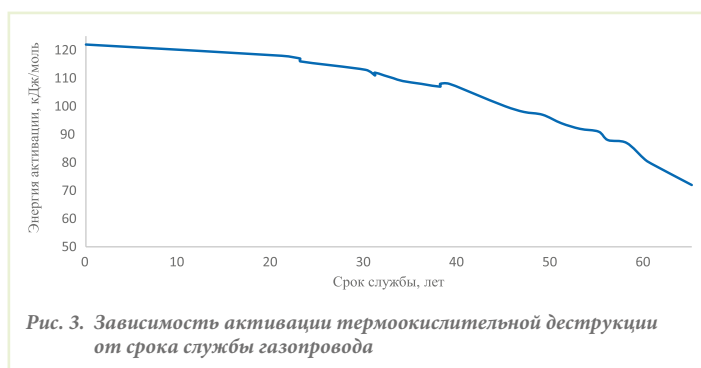


Таблица 2. Результаты экспериментов для 27 образцов

Номер образца	Год ввода в эксплуатацию	$\Delta E_{\text{эксп.ф.}}$ кДж/моль	E_d кДж/моль	$E_{\text{расч}}$ кДж/моль	τ_{10° лет
1	1962	20	79	59	4,6
2	1963	20	81	60	5,1
3	1965	21	87	64	7,4
4	1967	21	88	66	9,0
5	1968	21	91	67	9,8
6	1970	21	92	69	11,8
7	1972	21	94	70	13,0
8	1974	21	97	72	15,6
9	1976	22	98	74	18,7
10	1978	23	100	75	20,8
11	1981	23	104	76	23,1
12	1981	23	104	76	23,1
13	1984	24	108	77	24,9
14	1985	24	108	78	27,7
15	1985	24	107	78	27,7
16	1987	25	108	79	30,0
7	1989	25	109	79	30,0
8	1990	26	110	80	33,2
19	1991	26	111	80	33,2
20	1992	27	112	80	33,2
21	1992	27	111	80	33,2
22	1993	28	113	81	36,6
23	2000	30	116	82	39,8
24	2000	30	117	82	39,8
25	2002	30	118	83	43,8
26	Свежее покрытие	35	122	87	63,7
27	Поврежд. покрытие	19	72	53	2,7

что на кривой DSC выражается в виде интенсивных экзотермических пиков. За начальную температуру интервала для расчета E_d принимается температура в момент начала проявления этих пиков, при этом потери массы образцами битумов до достижения этой температуры не учитываются. К потерям массы Δm в интервале 360–410 °C может добавляться до 10–15 мас. % испарившихся низкомолекулярных соединений. Чем больше срок эксплуатации битумных покрытий, тем глубже деструктивные

процессы в битумах и тем больше будет выделяться низкомолекулярных продуктов.

На рисунке 1 приведена термогравиметрическая кривая для образца № 1, взятого с газопровода, введенного в эксплуатацию в 1962 году. Результаты измерений и их обработки для данного образца приведены в таблице 1 и на рисунке 2.

Значение энергии активации по (2) составило $E_d = 9,49 \cdot 8,31 = 78,9$ кДж/моль, а для долговечности (остаточного временного ресурса) согласно (3) имеем

$$\tau_{10^\circ} = \left[10^{-0,144 E_{\text{расч}} - 1,73} \exp \left(\frac{E_{\text{расч}}}{RT_3} \right) \right] =$$

$$= \left[10^{-0,144 \cdot 59 - 1,73} \cdot e^{\frac{59}{2,352}} \right] = 4,6 \text{ года.}$$

Результаты экспериментов для всех образцов сведены в таблице 2. Зависимость E_d от длительности эксплуатации представлена на рисунке 3.

Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с помощью программного продукта Statgraphics Centurion XVI. В результате установлена функциональная зависимость срока эксплуатации газопровода (долговечности битумного покрытия) от энергии активации термоокислительной деструкции покрытий:

$$\tau_{10^\circ} = 0,0399 e^{0,0606 \cdot E_d^{\text{эксп}}} \quad (7)$$

В заключение следует отметить, что зависимости получены с допущением, что известное уравнение долговечности ПЭНП справедливо и для битумов, а действующие на битумы эксплуатационные факторы снижают внутренние напряжения в олигомерных молекулах битумов в результате деструкции во времени с 35 до 19 кДж/моль.

Выводы

В рамках выполнения программы научно-исследовательских работ ГПО «Белтопгаз» проведены исследования по оценке состояния и остаточного ресурса изоляционных покрытий стальных подземных газопроводов. На базе представительной выборки подземных газопроводов с мастичным покрытием со сроком эксплуатации в диапазоне от 20 до 61 года были получены образцы для проведения испытаний.

На основании предварительного анализа химического состава нефтяных битумов, представляющих основу композитного покрытия газопроводов, обосновано их сходство с олигомерным (низкомолекулярным) полиэтиленом низкой плотности (ПЭНП). Это позволило взять за основу оценки долговечности мастичных покрытий газопроводов методологический подход к определению энергии активации термоокислительной деструкции, широко апробированный для ПЭНП.

Для исследования термических свойств битумных покрытий был использован метод дифференциальной сканирующей калориметрии (DSC). Однотипность характера

кривых DSC в интервале 360–410 °С для битумов и ПЭНП подтвердила применимость уравнения долговечности для ПЭНП при оценке ресурса работоспособности мастичных покрытий.

Статистическая обработка полученных экспериментальных данных, выполненная с помощью программ-

ного продукта Statgraphics Centurion XVI, подтвердила взаимосвязь величины E_d с длительностью эксплуатации и позволила представить эту взаимосвязь в виде экспоненциального уравнения зависимости долговечности битумного покрытия от энергии активации термоокислительной деструкции.

Список литературы

1. О газоснабжении [Электронный ресурс]: Закон Респ. Беларусь от 4 янв. 2003 г. № 176-З: в ред. от 24 мая 2021 г. № 111-З // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
2. Надежность в технике. Термины и определения: ГОСТ 27.002-89. – Введ. 01.07.1990. – М.: Институт машиноведения АН СССР, 1990. – 32 с.
3. Романюк, В.Н. Оценка общего уровня повреждаемости изоляционных покрытий стальных подземных распределительных газопроводов [Электронный ресурс] / В.Н. Романюк, Н.В. Струцкий // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2022. – № 14. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-obschego-urovnya-povrezhdaemosti-izolyatsionnyh-pokrytiy-stalnyh-podzemnyh-raspre-delitelnyh-gazoprovodov>. – Дата доступа: 29.03.2024.
4. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии: ГОСТ 9.602-2016. – Взамен ГОСТ 9.602-1989; введ. 01.06.2017. – М.: Стандартинформ, 2016. – 87 с.
5. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии: ГОСТ Р 51164-98. – Введ. 01.07.1999. – М.: Издательство стандартов, 1998. – 41 с.
6. Никулин, С.А. Разработка методики оценки состояния изоляционного покрытия участка нефтегазопровода [Электронный ресурс] / С.А. Никулин, Е.Л. Карнаевский, А.Н. Воробьев // Территория Нефтегаз. – 2020. – № 1–2. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-metodiki-otsenki-sostoyaniya-izolyatsionnogo-pokrytiya-uchastka-neftegazoprovoda>. – Дата доступа: 29.03.2024.
7. Седнин, В.А. Исследование переходного сопротивления изоляционных покрытий подземных газопроводов методом катодной поляризации / В.А. Седнин [и др.] // Энергетическая стратегия. – 2023. – № 4 (94). – С. 44–48.
8. Методика определения остаточного ресурса изоляционных покрытий подземных трубопроводов: РД 39Р-00147105-025-02. – Введ. 01.11.2002. – Уфа: Монография, 2002. – 11 с.
9. Абрамовский, А.А. Оценка влияния эксплуатационных факторов на состояние изоляционного покрытия стальных газопроводов / А.А. Абрамовский [и др.] // Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта: тез. докл. X междунар. науч.-техн. конф., Новополоцк, 8–9 дек. 2022 г. / Полоц. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой; редкол.: В.К. Липский [и др.]. – Новополоцк, 2022. – С. 41.
10. Изделия полимерные для строительства. Метод определения долговечности по энергии активации термоокислительной деструкции полимерных материалов: СТБ 1333.0-2002. – Введ. 01.01.2003 (впервые). – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2002. – 8 с.
11. Изделия полимерные для строительства. Метод определения долговечности труб полимерных для инженерно-технических систем: СТБ 1333.2-2002. – Введ. 01.01.2003 (впервые). – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2002. – 8 с.
12. Прокопчук, Н.Р. Оценка долговечности полимерных изделий / Н.Р. Прокопчук // Стандартизация. – 2008. – № 1. – С. 41–45.
13. Седнин, В.А. Оценка срока эксплуатации газопровода по энергии активации термоокислительной деструкции изоляционного покрытия / В.А. Седнин [и др.] // Энергетическая стратегия. – 2021. – № 6 (84). – С. 45–48.
14. Абрамовский, А.А. Оценка срока эксплуатации подземного стального газопровода по энергии активации термоокислительной деструкции изоляционного покрытия / А.А. Абрамовский // Безопасность в чрезвычайных ситуациях – 2022: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23 июня 2022 г. – Минск, 2022. – С. 9–13.
15. Состав нефтяных битумов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bitumtek.ru>. – Дата доступа: 28.08.2019.
16. Парафин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Парафин>. – Дата доступа: 28.08.2021.
17. Расчет температур грунта на заданной глубине. Таблица температур грунта на различных глубинах из источника «в помощь работнику газовой промышленности» еще времен СССР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bim-proektstroy.ru>. – Дата доступа: 22.01.2022.

НОВОЕ ИЗДАНИЕ



ПРАВИЛА по охране труда при холодной обработке металлов

Утверждены постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства промышленности Республики Беларусь 25 апреля 2024 г. № 24/11. Введены в действие 30 июля 2024 г.

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

О.Б. ГУРКО,
к.т.н., ведущий научный сотрудник
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси

Л.Г. ЛУКАШЕВИЧ,
старший научный сотрудник
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси

М.А. КОЗЕЛ,
старший научный сотрудник
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси

И.А. РЫМАРЧИК,
старший научный сотрудник
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Беларуси

МЕРЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК

Срок службы ядерной установки простирается от самых ранних стадий планирования до вывода из эксплуатации, и на всех этапах жизненного цикла установки должны приниматься меры физической ядерной безопасности. Их цель – предотвращение намеренных действий, которые могут нанести вред установке (в том числе диверсий и актов ядерного терроризма) или иметь своим следствием хищение ядерного или других радиоактивных материалов.

К ядерной установке на всех этапах ее эксплуатации применяются различные требования, в том числе связанные с технической и физической безопасностью, учетом и контролем ядерного материала (ЯМ), собственно эксплуатационные требования.

Если использовать терминологию МАГАТЭ, эксплуатация установок требует учета *ядерной безопасности*, *физической ядерной безопасности* (ФЯБ) и *гарантий*. Разница между ними заключается в целях реализуемых мер, которые могут быть направлены на предотвращение аварий (ядерная безопасность), злоумышленных действий (ФЯБ) или переключения ЯМ на военные цели (гарантии).

Несмотря на то что соответствующие виды деятельности сфокусированы на разных задачах, во многом их области пересекаются. Меры, принятые для достижения одной цели, влияют на другие. В некоторых случаях меры могут вступать в противоречие, но в идеале они должны дополнять и уравновешивать друг друга.

Что касается требований ФЯБ, их учет на ранних стадиях разработки новых ядерных проектов, а также при модернизации или модификации установок может привести к тому, что система ФЯБ станет более эффективной и действенной, а также лучше

интегрированной с другими системами безопасности ядерных установок [1].

Как указано в [2], «меры физической безопасности и меры безопасности должны разрабатываться и реализовываться комплексно, чтобы обеспечить синергию между этими двумя областями, а также таким образом, чтобы меры физической безопасности не ставили под угрозу безопасность, а меры безопасности не ставили под угрозу физическую безопасность». Таким образом, должен быть достигнут баланс между различными требованиями.

Срок службы ядерной установки делится на следующие восемь этапов:

- 1) планирование;
- 2) размещение;
- 3) проектирование;
- 4) строительство;
- 5) ввод в эксплуатацию;

- 6) эксплуатация;
- 7) прекращение эксплуатации;
- 8) вывод из эксплуатации.

Ниже приведены общие характеристики этапов жизненного цикла ядерной установки и основные задачи в области ФЯБ, решаемые на каждом этапе. Они применимы как к новым, так и к существующим установкам.

Все аспекты ФЯБ, включая информационную и компьютерную безопасность [3, 4], должны учитываться при решении соответствующих задач на каждом этапе жизненного цикла установки.

Этап 1. Планирование

Планирование ядерной установки включает такие виды деятельности, как концептуальное проектирование и получение необходимых разрешений

К сведению

Система физической защиты (СФЗ) включает в себя комплекс инженерно-технических средств физической защиты, персонал физической защиты и совокупность организационных мер. Акт, свидетельствующий о соответствии СФЗ Белорусской АЭС всем требованиям нормативно-правовых документов, подписан межведомственной комиссией 26 ноября 2021 года.

Работы по созданию СФЗ Белорусской АЭС начались в ноябре 2015 года. В проекте приняли участие порядка 1500 специалистов российских и белорусских подрядных организаций.

до начала формальных стадий размещения (выбора площадки) и проектирования.

Для нового ядерного объекта на этапе планирования следует определить меры по выполнению применимых к данному объекту нормативных требований по ФЯБ. На этом этапе принимаются ключевые решения, и важность ФЯБ должна быть признана и отражена в этих решениях.

Задачи ФЯБ на этапе планирования:

- а) обеспечение выполнения изложенных в нормативно-правовой базе требований ФЯБ, применимых к данной установке, а также к типу и количеству ЯМ и других радиоактивных материалов, которые предполагается использовать или хранить на установке;
- б) интеграция требований ФЯБ с эксплуатационными целями и требованиями безопасности в проектной документации установки;
- в) определение полномочий и ответственности в области ФЯБ и распределение их между различными компетентными органами и организациями, участвующими в обеспечении ФЯБ на установке;
- г) создание основы для связи между всеми заинтересованными организациями (например, отвечающими за ядерную безопасность, ФЯБ, гарантии и эксплуатацию установки);
- д) выявление и развитие компетенций (человеческих ресурсов, технических возможностей) в области ФЯБ, необходимых для реализации ее мер;
- е) повышение осведомленности о проблемах физической безопасности среди всех заинтересованных организаций.

Этап 2. Размещение

На этапе размещения (выбора площадки) определяется местоположение ядерной установки. Этап обычно включает рассмотрение потенциальных площадок с учетом различных факторов, таких как географические условия, имеющаяся инфраструктура, трудовые ресурсы, соображения безопасности. Затем следует детальная оценка участков-кандидатов, которая может завершиться одобрением выбранной площадки.

Размещение ядерного объекта потенциально может как увеличить, так и уменьшить его уязвимость к внешним угрозам, а также тяжесть последствий,

которые могут возникнуть в результате злонамеренных действий.

При выборе площадки соображения ФЯБ следует оценивать наряду с общими соображениями безопасности и такими факторами, как сейсмическая активность, геологические, метеорологические и гидрологические условия.

Задачи ФЯБ на этапе размещения:

- а) выявление любых местных или региональных угроз, которые могут повлиять на установку;
- б) учет возможного взаимного влияния на безопасность будущей установки и существующих близлежащих ядерных объектов;
- в) изучение топографических факторов, которые могут увеличить или уменьшить уязвимость площадки;
- г) прогнозирование потенциального воздействия радиологических выбросов на окружающую среду и населенные территории (включая населенные пункты, критически важную инфраструктуру, аэропорты и другие транспортные объекты, международные границы);
- д) обеспечение наличия достаточных сил реагирования для своевременного ответа на событие, связанное с ФЯБ;
- е) обеспечение свободного пространства для переконфигурации площадки (включая ее расширение), если потребности в безопасности возрастут.

Этап 3. Проектирование

В некоторых случаях этап проектирования представляет собой повторяющийся процесс (от концептуального до окончательного проекта), который в итоге приводит к запросу на получение разрешения на сооружение ядерной установки. В ряде случаев могут быть разработаны и утверждены типовые проекты до этапа выбора площадки.

На стадии проектирования меры, необходимые для реализации при-

менимых нормативных требований по ФЯБ, должны быть интегрированы в общий проект. На этом этапе следует выявлять и сводить к минимуму любые возможные противоречия между мерами безопасности и защиты. Реализовывать меры следует таким образом, чтобы усилить синергию между двумя этими областями, где это возможно. Например, меры контроля доступа к чувствительным зонам установки должны учитывать как техническую, так и физическую безопасность.

Задачи ФЯБ на этапе проектирования:

- а) разработка проектов ФЯБ, отвечающих нормативным требованиям в данной области, с учетом национальной проектной угрозы или репрезентативного заявления об угрозе, а также предварительного анализа информации об установке;
- б) определение характеристик и оценка установки для определения требуемых уровней ее защиты с точки зрения угрозы ЯМ и возможных радиологических последствий диверсии;
- в) планирование зон ФЯБ на установке в целях обеспечения глубоководной защиты (зона ограниченного доступа, защищенная зона, внутренняя зона, жизненно важная зона);
- г) определение местоположения и типов критически важных объектов ФЯБ, таких как центральный пункт управления и посты охраны;
- д) максимально полное выявление и разрешение противоречий между нормативными требованиями в области ФЯБ и в других областях.

Этап 4. Строительство

Этап строительства включает подготовку площадки, изготовление, приобретение и сборку компонентов установки, монтаж компонентов и обору-

К сведению

Национальная проектная угроза – атрибуты и характеристики потенциальных внутренних и/или внешних нарушителей, которые могут попытаться осуществить несанкционированное изъятие ядерного материала или диверсию. С учетом этих атрибутов и характеристик разрабатывается и оценивается система физической защиты, а также составляется репрезентативное заявление об угрозе. Заявление используется при разработке предписывающих требований по защите определенных материалов и/или установок.

На всех этапах сооружения ядерной установки оператор должен предпринимать действия, обеспечивающие реализацию мер ФЯБ в соответствии с проектом.

На завершающих стадиях строительства следует проверить все компоненты ФЯБ, чтобы определить, что они установлены и функционируют соответственно применимым нормативным требованиям и проектной угрозе (репрезентативному заявлению об угрозе).

Задачи ФЯБ на этапе строительства:

а) обеспечение соответствия строительства и монтажа систем ФЯБ проектным требованиям;

б) предотвращение проникновения на строительную площадку контрабанды, а также любого вмешательства (в объекты, оборудование), которое может способствовать совершению злонамеренного действия после ввода установки в эксплуатацию;

в) изоляция строительных работ от других эксплуатирующихся объектов (например, расположенных на той же площадке) и устранение временных уязвимостей безопасности, которые могут возникнуть на близлежащих объектах на этапе строительства;

г) проведение подготовительных мероприятий, таких как создание организации или организаций, ответственных за ФЯБ на объекте во время и после строительства, обучение персонала службы безопасности, разработка планов и процедур обеспечения ФЯБ на установке;

д) проведение испытаний средств физической защиты и других систем и компонентов, которые способствуют обеспечению ФЯБ установки, чтобы гарантировать их соответствие функциональным, эксплуатационным требованиям и требованиям качества.

Этап 5. Ввод в эксплуатацию

На данном этапе осуществляется процесс ввода в эксплуатацию систем и элементов действующих объектов, а также инициирование соответствующей деятельности по ФЯБ, проверка ее систем, компонентов и процедур на соответствие проекту и требуемым критериям. Этот этап также включает в себя административно-технические

мероприятия, связанные с прибытием ЯМ на установку.

На этапе ввода в эксплуатацию оператор должен продемонстрировать, что построенная установка соответствует проектным требованиям, а совокупность мер ФЯБ – применимым нормативным требованиям.



Задачи ФЯБ на этапе ввода в эксплуатацию:

а) подтверждение того, что планы ФЯБ, рабочие процедуры, процедуры оценки, действия в случае непредвиденных и аварийных ситуаций адекватно учитывают применимые правила, проектную угрозу или репрезентативное заявление об угрозе;

б) проверка наличия и соответствия проектным требованиям всего оборудования физической защиты, других систем и компонентов, которые способствуют обеспечению ФЯБ;

в) осуществление компенсирующих мер ФЯБ для обеспечения защиты ЯМ до тех пор, пока основные меры не станут полностью работоспособными (если они не будут полностью реализованы по прибытии ЯМ на установку);

г) ознакомление всего персонала установки с процессами и процедурами ФЯБ;

д) разработка протокола ввода в эксплуатацию для предоставления доказательств того, что ядерная установка в том виде, в каком она построена, соответствует проектным характеристикам и применимым нормативным требованиям в области ФЯБ;

е) описание мер, содержащихся в плане ФЯБ, и их оценка (включая испытания работоспособности);

ж) установление формального процесса оценки воздействия на ФЯБ предлагаемых эксплуатационных изменений, изменений в мерах ядерной безопасности или модификации объектов до реализации этих изменений;

з) установление формального процесса оценки воздействия предлагаемых изменений мер ФЯБ на эксплуатацию объекта и на ядерную безопасность до реализации этих изменений;

и) выявление и исправление недостатков в процессах и процедурах ФЯБ.

Этап 6. Эксплуатация

Этап эксплуатации включает все регламентные и аварийные работы на установке после ее ввода.

На этапе эксплуатации следует поддерживать устойчивую и эффективную ФЯБ, элементы которой описаны в плане ФЯБ.

План ФЯБ должен формировать основу для надзора со стороны компетентного органа и является частью лицензионных требований или разрешений для установки. Любые существенные изменения в мерах ФЯБ установки подлежат рассмотрению и утверждению компетентным органом.

Задачи ФЯБ на этапе эксплуатации:

а) постоянная оценка мер ФЯБ посредством инспекций и эксплуатационных испытаний, включая учения;

б) поддержание формального процесса оценки воздействия на физическую безопасность предлагаемых эксплуатационных изменений, изменений в мерах ядерной безопасности

или модификаций объектов до их реализации;

в) поддержание формального процесса оценки воздействия предлагаемых изменений мер ФЯБ на эксплуатацию установки и на ядерную безопасность до их реализации;

г) обеспечение любых компенсационных мер в случае несоблюдения требований или невыполнения мер ФЯБ;

д) поддержание высокой культуры ФЯБ;

е) реагирование на изменения внешних обстоятельств и угроз путем внесения изменений в систему ФЯБ;

ж) реализация программ устойчивого развития и обеспечения качества.

Этап 7. Прекращение эксплуатации

Прекращение эксплуатации ядерной установки – это запланированное состояние, при котором:

- эксплуатация установки прекращена навсегда;
- установка непрерывно готовится к выводу из эксплуатации;
- установка в течение длительного периода готовится к серьезным модификациям, техническому обслуживанию или ремонту.

Все время, пока есть риск несанкционированного изъятия ЯМ или диверсии, приводящей к неприемлемым радиологическим последствиям, на площадке следует продолжать осуществлять меры ФЯБ, адаптированные к меняющемуся характеру операций на установке.

Это требование выполняется независимо от того, прекратила ли установка работу окончательно или временно в рамках подготовки к выводу из эксплуатации, крупным модификациям, техническому обслуживанию или ремонту.

Задачи ФЯБ на этапе прекращения эксплуатации:

а) корректировка мер ФЯБ в ситуациях, когда запасы ЯМ перемещаются, удаляются, увеличиваются или иным образом изменяются по мере необходимости;

б) учет воздействия на ФЯБ сокращения или перераспределения кадровых ресурсов;

в) поддержка деятельности при прекращении эксплуатации путем привлечения в учреждение новых организаций и персонала, включая подрядчиков (в зависимости от обстоятельств);

г) оценка возможных изменений мер ФЯБ для учета изменений на объекте, которые могут повлиять на возможность диверсии;

д) изменение конфигурации зон безопасности после изменений в конфигурации объекта для принятия дальнейших адекватных мер ФЯБ (в зависимости от обстоятельств);

е) оценка технологического оборудования и конструкций для определения количества ЯМ или других радиоактивных материалов, накопившихся в них на этапе эксплуатации.

Этап 8. Вывод из эксплуатации

На этапе вывода из эксплуатации осуществляется деятельность, которая в конечном итоге приведет к удалению ЯМ и других радиоактивных материалов с установки. Это как административные, так и технические действия.

Меры ФЯБ могут быть сняты после того, как будут удалены все активы и тем самым исключена возможность несанкционированного изъятия ЯМ или диверсии, приводящей к неприемлемым радиологическим последствиям. Однако до тех пор, пока эти риски сохраняются, следует сохранять и меры ФЯБ. Их применение должно основываться на дифференцированном подходе с учетом категории ЯМ и его привлекательности для диверсии.

Задачи ФЯБ на этапе вывода из эксплуатации:

а) переоценка требований ФЯБ, касающихся инвентаризации ЯМ, потенциальных радиологических последствий диверсий и др.;

б) повторная оценка технологического оборудования и сооружений для выявления в них остаточных количеств ЯМ или других радиоактивных материалов, накопленных на этапе эксплуатации;

в) сохранение баланса между целями безопасности и физической безопасности. Для этого, например, может потребоваться отсрочка вывода из эксплуатации в целях снижения дозы (безопасность) и немедленное удаление ЯМ и/или конфиденциальной информации (физическая безопасность);

г) ослабление мер ФЯБ в период вывоза с ядерной установки ЯМ и загрязненного оборудования при условии соблюдения нормативных требований на основе дифференцированного подхода;

д) обеспечение надлежащей утилизации конфиденциальной информации и оборудования, связанного с безопасностью;

е) управление кадровыми или структурными изменениями (например, сокращение штата организации), которые влияют на физическую безопасность на объекте;

ж) поощрение персонала к сохранению бдительности и осведомленности в отношении безопасности и культуры ФЯБ во время вывода установки из эксплуатации.

Заключение

Риски, связанные с использованием ядерных материалов и установок, хорошо известны. С точки зрения ФЯБ основные риски связаны с несанкционированным изъятием ЯМ для его потенциального использования в ядерном взрывном устройстве и с диверсией в отношении материала и/или установки, приводящей к неприемлемым радиологическим последствиям.

Управление этими рисками является основой ФЯБ. Если страна приняла решение разместить ядерные материалы и установки в пределах своих границ, она также берет на себя ответственность за защиту ЯМ от несанкционированного вывоза, а материалов и установок – от диверсий, приводящих к выбросу радионуклидов.

Национальный режим ФЯБ должен регулярно пересматриваться и обновляться с учетом изменения существующих угроз, развития подходов, систем и технологий физической защиты, а также внедрения новых типов ядерных материалов и объектов.

Список литературы

1. Security during the Lifetime of a Nuclear Facility: NSS № 35-G/IAEA. – Vienna, 2019.
2. Рекомендации по физической ядерной безопасности, касающиеся физической защиты ядерных материалов и ядерных установок (INFCIRC 225/Rev. 5): NSS № 13 / МАГАТЭ. – Вена, 2012.
3. Безопасность информации в области физической ядерной безопасности. NSS № 23-G / МАГАТЭ. – Вена, 2015.
4. Компьютерная безопасность на ядерных установках. NSS № 17 / МАГАТЭ. – Вена, 2012.

И.Ф. КУРИЛОВИЧ,
заместитель директора
филиала «Учебный центр
РУП «Гродноэнерго»



ФАКТОРЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА НЕПРЕРЫВНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВА

Образование – величайшее из земных благ, если оно наивысшего качества. В противном случае оно совершенно бесполезно.

Редьярд Киплинг

В статье представлен опыт работы Учебного центра РУП «Гродноэнерго» по повышению качества дополнительного образования взрослых за счет улучшения материально-технического и учебно-методического обеспечения образовательного процесса, развития новых направлений обучения и повышения педагогической компетентности работников предприятия, привлекаемых к обучению персонала.

Понятие качества образования

Концепцией развития системы образования Республики Беларусь до 2030 года, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30 ноября 2021 года № 683 определена цель развития дополнительного образования взрослых – постоянное повышение качества непрерывного образования, обеспечение роста конкурентоспособности специалистов на рынке труда. Реализация этой цели предполагает совершенствование системы дополнительного образования взрослых с учетом происходящих в обществе изменений, современных требований к уровню квалификации специалистов, а также необходимости практико-ориентированного подхода при реализации образовательных программ повы-

шения квалификации и переподготовки кадров.

В Кодексе Республики Беларусь об образовании понятие качества образования определяется как соответствие образования требованиям образовательного стандарта, учебно-программной документации, иным требованиям, предусмотренным актами законодательства. Контроль за обеспечением качества образования возложен на Департамент контроля качества образования Министерства образования Республики Беларусь [1].

Определять качество обучения только по оценке процедур лицензирования и аккредитации – слишком упрощенный подход для сферы дополнительного образования взрослых в рамках производства. Трактовать понятие качества образования можно и иначе. В толковом словаре

С.И. Ожегова качество определяется как «наличие существенных признаков, свойств, особенностей, отличающих один предмет от другого, или свойство, достоинство, степень пригодности». Полагаю, что последнее применительно к пригодности слушателей Учебного центра (далее – Центр) к профессиональной деятельности, если рассматривать это выражение в контексте непрерывного профессионального обучения на производстве [2].

Настоящую оценку качества и фактического результата обучения специалиста в системе дополнительного образования взрослых дает работодатель, для которого важно, чтобы работник мог не просто воспроизводить полученные знания, а был способен применить их на практике, в реальных условиях и ситуациях. Поэтому для Центра основной задачей является не только правильно оформленная учебно-программная документация и реализация образовательного процесса в соответствии с требованиями НПА, а достижение ощутимых результатов обучения, то есть высокого уровня полученных компетенций. В связи с этим мы постоянно ищем новые пути для повышения качества образования персонала нашего предприятия.

К СВЕДЕНИЮ

РУП «Гродноэнерго» в качестве иной организации, осуществляющей образовательную деятельность, успешно проходило процедуру получения (подтверждения) государственной аккредитации в 2013, 2018 и 2023 годах. Комплексный анализ образовательной деятельности филиала включал предварительную самопроверку и самооценку по критериям, определенным Министерством образования.

Роль учебно-методического обеспечения в повышении качества образования

Особое внимание Центр уделяет учебно-методическому обеспечению образовательного процесса и мероприятиям, повышающим качество теоретической и практической подготовки персонала. Вовремя начатое учебное занятие, четкая организация его этапов, разнообразные методы и формы обучения, постоянный контроль знаний, глубина и системность преподавания, применение информационно-коммуникативных технологий – все это влияет на образовательный результат.

В настоящее время мы используем все возможные формы обучения: лекции, практические занятия, производственные экскурсии, тренажерную подготовку, тренинги, вебинары. Успешности лекционной формы занятия, а следовательно, повышению ее качества способствует использование на уроке видеофильмов и целевых видеоматериалов. По данным психологических исследований, зрительные анализаторы обладают значительно более высокой пропускной способностью, чем слуховые. Визуальная информация лучше осмысливается и дольше сохраняется в памяти.

В 2022–2023 годах Центром созданы шесть учебных фильмов по производству работ под напряжением 0,4–10 кВ:

- «Организация выполнения работ под напряжением в электроустановках 0,4 кВ» (10 мин);
- «Замена светильника уличного освещения на ВЛ 0,4 кВ (с лазов)» (38 мин);
- «Подключение трехфазного счетчика электрической энергии с расщепленной архитектурой (SPLIT) на ответвлении к кабельному вводу в жилой дом от ВЛИ 0,4 кВ, выполненного проводом СИП, с применением МПРП с изолирующим звеном рабочей платформы» (46 мин);
- «Замена кабельного наконечника в низковольтном комплектном устройстве 0,4 кВ с применением шунта изолированного» (38 мин);
- «Удаление посторонних предметов с ВЛ (ВЛП) напряжением 6–10 кВ с применением электроизолирующих телескопических штанг» (28 мин);
- «Средства защиты для безопасного выполнения работ под напряже-



нием в электроустановках до 1000 В» (26 мин).

Учебные фильмы успешно внедрены в образовательный процесс, являются действенным инструментом обучения, его логическим завершением, позволяющим систематизировать изученный материал, способствуют закреплению полученных знаний, создавая яркие смысловые акценты.

Содержательность и качество фильмов обеспечены за счет привлечения к их созданию специалистов, хорошо знающих специфику предмета, имеющих практические навыки в данной области и при этом способных преподнести материал понятно и доступно. Поскольку наши фильмы относятся к категории учебно-инструктивных, мы стараемся избегать информационной перегруженности и многотемности. Комментарии в фильмах озвучивают руководители и специалисты РУП «Гродноэнерго», в том числе (и это особенно ценно) курирующие вопросы культуры безопасности труда на предприятии.

Наглядность обучения обеспечивают также компьютерные презентации, целевые видеоролики, раздаточные материалы и методические пособия по основным дисциплинам и темам лекций, разработанные нашими специалистами.

Важным фактором повышения качества образования является аттестация слушателей. По результатам итоговой аттестации можно судить не только об уровне усвоения учебной программы, но и об эффективности педагогической деятельности и образовательного процесса в целом.

В связи с тем, что курсы целевого назначения направлены на формирование компетенций в сфере энерге-

тики и изучение актуальных вопросов профессиональной деятельности персонала, на предприятии принято решение (приказ РУП «Гродноэнерго» № 1749 от 22.09.2022) о проведении итоговой аттестации (в форме экзамена или зачета) по результатам освоения программы курсов целевого назначения. Слушателям, успешно прошедшим итоговую аттестацию, выдается сертификат государственного образца. Такой подход позволяет своевременно оценить качество усвоения учебной программы, дисциплинирует и повышает ответственность участников образовательного процесса.

Сложность, напряженность и ответственность труда персонала в сфере энергетики требуют постоянной актуализации знаний и навыков, систематического поддержания (подтверждения) и повышения профессиональной квалификации, формирования новых компетенций, в том числе в области культуры безопасности труда. Между тем периодичность обучения по профессиям рабочих не установлена НПА, а периодичность обучения руководящих работников и специалистов определена только в части повышения квалификации (не реже одного раза в 5 лет).

В связи с этим в РУП «Гродноэнерго» еще в 2013 году был разработан и введен в действие, а в 2023 году обновлен Регламент по организации непрерывного профессионального обучения персонала. В документе установлена четкая периодичность обучения в филиале «Учебный центр РУП «Гродноэнерго» для каждой категории персонала предприятия по образовательным программам курсов целевого назначения.

Материально-техническая база как элемент качественного образовательного процесса

Особое значение для обеспечения высокого качества и эффективности образования имеет материально-техническая база образовательного учреждения, ее поддержание и развитие, в том числе за счет внедрения инновационных устройств и оборудования.

В Центре для организации теоретического и производственно-практического обучения оборудованы кабинеты охраны труда, распределительных сетей и электрооборудования, тренажерной и компьютерной подготовки, работ под напряжением 0,4–10 кВ. В образовательном процессе задействован современный учебно-тренировочный полигон.

В 2024 году организованы кабинет технического обучения и лаборатория, предназначенные для теоретической подготовки и практической отработки навыков в области сбыта электроэнергии. Здесь слушатели могут ознакомиться с основными типами электросчетчиков и АСКУЭ, используемыми в энергосистеме, попрактиковаться в снятии показаний и архивных данных при помощи встроенных интерфейсов и ноутбука, научиться параметризовать счетчики, выполнять наладку АСКУЭ, выявлять нарушения в схемах учета электроэнергии в выносных шкафах учета и др.

Важное место в образовательном процессе занимает кабинет тренажерной и компьютерной подготовки. После модернизации в 2021 году кабинет отвечает всем задачам и требованиям подготовки оперативного и диспетчерского персонала энергосистемы. Здесь реализованы современные технические и компьютерные решения, а также созданы комфортные условия для занятий. Уникальность кабинета состоит в том, что здесь организовано резервное рабочее место для диспетчера уровня ЦДС, предназначенное для работы в случае нештатных ситуаций (оно было востребовано и использовалось в период пандемии COVID-19).

Тренажерная подготовка является неотъемлемой частью обучения. В базу имеющегося компьютерного комплекса TWR 12 уже внесено более 60 тренировочных программ по проведению плановых и аварийных пе-

реключений, разработанных специалистами Гродненской энергосистемы. Слушатели также совершенствуют навыки на компьютерном имитационном 3D-тренажере «Диполь» и с помощью различных программ могут осуществлять контроль знаний. В процессе внедрения в образовательный процесс находится VR-тренажер, предназначенный для отработки регламентов обслуживания электрооборудования.

Подтверждением высокого уровня материально-технической базы Учебного центра стало ее использование для проведения областных соревнований на звание «Лучший по профессии» среди персонала по функции сбыта энергии, бригад распределительных сетей, оперативно-диспетчерских групп. В 2024–2025 годах планируется проведение на базе Центра республиканских соревнований «Лучший по профессии» для диспетчеров и персонала по функции сбыта энергии.

Система подготовки персонала для выполнения работ под напряжением

В 2015 году специалисты Центра начали создавать систему подготовки персонала для выполнения работ под напряжением (РПН). Это позволило РУП «Гродноэнерго» целенаправленно наращивать объемы производства данного вида работ.

Обучение бригад выполнению РПН 0,4–10 кВ проводится в специализированной аудитории, оборудованной усеченными опорами ВЛ/ВЛИ 0,4 кВ и РУ 0,4 кВ, а также на учебно-тренировочном полигоне. Для практического освоения РПН имеются все необходимые средства защиты, инструменты, такелажные средства и приспособления. Процесс обучения регламентируют ЛПА (инструкции, положения) и учебно-программная документация, разработанные специалистами Центра. Следует подчеркнуть, что филиал уже прочно зарекомендовал себя как инициатор и координатор в области разработки ЛПА и технологий РПН на предприятии. В образовательном процессе задействованы свыше 130 технологических карт по РПН. Мы постоянно совершенствуем свою материально-техническую базу в этом направ-

лении, расширяем перечень видов работ и технологических карт, готовим новых инструкторов-преподавателей. На учебно-тренировочном полигоне реализуется проект реконструкции крытых помещений для проведения обучения независимо от погодных условий.

В Центре имеется уникальное устройство, специально разработанное специалистами ОАО «Белэнергоремналадка» для обучения персонала работам под напряжением 10 кВ. Данный пульт пока не имеет аналогов в Беларуси. К слову, производство РПН в электроустановках 6–10 кВ дистанционным методом гродненские энергетики начали осваивать первыми в Белорусской энергосистеме.



Развитие профессиональной компетентности педагога

Ключевой фигурой в образовательном процессе, безусловно, является преподаватель, а важным критерием эффективности обучения – качество (то есть компетентность и профессиональная подготовленность) преподавательского состава. С учетом этого Центр привлекает к образовательному процессу руководителей и специалистов РУП «Гродноэнерго», которые обладают большим производственным опытом, необходимыми компетенциями, знанием политики, норм и правил предприятия, хорошо разбираются в преподаваемых дисциплинах.

Основное преимущество наших преподавателей состоит в том, что они учитывают профессиональную специфику деятельности, к которой после

Практические занятия
в классе технического
обеспечения сбыта энергии



завершения обучения вернутся слушатели. Эффективной реализации учебных программ способствует непосредственное участие в процессе обучения руководителей-практиков, обладающих профессиональной эрудицией, знающих все нюансы работы обучаемых, умеющих точнее выявить их потребность в тех или иных знаниях. Это положительно сказывается на результатах учебы, приближает весь ее процесс к реальной работе, повышая интерес слушателей к учебным программам и их мотивацию к обучению.

Создатель современной методологии педагогики и теории образования А.М. Новиков в своих научных работах рассматривает понятие «компетентность» как альтернативное понятию «профессионализм». Профессионализм, по мнению автора, относится к технологической подготовке, а компетентность имеет надпрофессиональный характер. Ее компонентами являются «базисные квалификации» – такие качества личности, как самостоятельность действий, творческий подход к любому делу, готовность постоянно обновлять знания, гибкость ума, готовность к системному и экономическому мышлению, умение вести диалог, сотрудничать в коллективе, общаться с коллегами [3].

Совершенствование педагогических компетенций идет по двум основным направлениям, которые тесно взаимосвязаны: с одной стороны, это развитие педагогического мастерства, управляемое извне (курсы повышения квалификации, курсы целевого назначения), с другой – управляемое самим педагогом (самообразование, саморазвитие, посещение учебных занятий коллег) [4].

С учетом этого еще в 2010 году в Центре была разработана программа психолого-педагогического сопровождения преподавателей, направленная на развитие их компетентности, повышение качества образовательного процесса и формирование позитивных отношений между всеми его участниками. Реализация данной программы способствует повышению мотивации

к успеху, снижению тревожности и развитию толерантности преподавателей-практиков.

Специалисты сектора психологического обеспечения Центра осуществляют психолого-педагогическое сопровождение образовательного процесса по нескольким направлениям:

- психологический анализ учебных занятий и консультирование преподавателей;
- разработка опросников для анкетирования слушателей с целью совершенствования образовательного процесса;
- исследование психофизиологических профессионально важных качеств преподавателей на программно-техническом комплексе «БиоМышь»;
- индивидуальные консультации по вопросам профилактики эмоционального выгорания с использованием аппаратно-технических средств: реабилитационно-психофизиологического комплекса «Реакор», антистрессовой системы «Сенсориум», модуля психомоторных тестов «Психофизиолог»;
- распространение просветительских брошюр на актуальные темы («Организация дисциплины в учебном процессе», «Рекомендации преподавателям», «Забота и помощь себе» и др.).

Совершенствование работы по формированию у преподавателей необходимых компетенций – основная задача и сектора учебно-методического обеспечения. Ежегодно для работников Гродненской энергосистемы, привлекаемых в качестве преподавателей, проводятся курсы целевого назначения по вопросам повышения качества образовательного процесса, на которых рассматриваются современные подходы и методики обучения

взрослых. В течение учебного года ведется индивидуальная методическая работа с преподавателями.

В РУП «Гродноэнерго» в 2008 году введено Положение о поощрении преподавателей по итогам учебного года, направленное на активизацию деятельности работников предприятия, привлекаемых в качестве педагогов, повышение их ответственности за порученный участок работы, а также на обеспечение публичности преподавательского труда. Согласно документу в Центре ежегодно подводят итоги работы преподавателей по разработанной методике рейтинговой оценки. За период с 2008 по 2023 год 28 работников, привлеченных к педагогической деятельности в Центре, были отмечены грамотами и благодарностями предприятия за достижение высоких результатов в деле обучения персонала.

Заключение

Качество образования – многокомпонентное понятие. Его уровень в значительной степени зависит от качества всех его составляющих: научно-методического содержания, материально-технической базы, профессиональных компетенций преподавательского состава и др. Анализ влияния этих компонентов на степень эффективности обучения позволяет сделать вывод, что образовательный процесс как система может достичь высокого уровня целостности и качества лишь в результате создания между всеми указанными компонентами прочных взаимосвязей.

Список литературы

1. Кодекс Республики Беларусь об образовании: 13 янв. 2011 г. № 243-3: принят Палатой представителей 2 дек. 2010 г.: одобр. Советом Респ. 22 дек. 2010 г.: в ред. Закона Респ. Беларусь от 06.03.2023 г. – Минск: Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2022. – 512 с.
2. Зорина, Ю.П. Актуальные вопросы качества профессионального образования / Ю.П. Зорина // Актуальные вопросы современной педагогики: материалы II междунар. науч. конф., г. Уфа, июль 2012 г. – 180 с.
3. Новиков, А.М. Как оценивать качество образования? [Электронный ресурс] / А.М.Новиков, Д.А.Новиков. – Режим доступа: https://www.anovikov.ru/article/kach_obr.htm. – Дата доступа: 01.02.2024.
4. Аминов, Т.М. Признаки профессионального образования / Т.М. Аминов // Искусство и образование. – 2008. – № 9. – С. 44–48.

НОВОСТИ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА

июль – август

Законы Республики Беларусь

Закон Республики Беларусь от 28.06.2024 № 14-3

«О ратификации Протокола о внесении изменений и дополнений в Соглашение между Правительством Республики Беларусь и Правительством Российской Федерации о некоторых мерах по обеспечению параллельной работы объединенной энергетической системы Республики Беларусь и Единой энергетической системы Российской Федерации от 15 марта 2011 года»

Ратифицирован Протокол о внесении изменений и дополнений в Соглашение между Правительством Республики Беларусь и Правительством Российской Федерации о некоторых мерах по обеспечению параллельной работы объединенной энергетической системы Республики Беларусь и Единой энергетической системы Российской Федерации от 15 марта 2011 года, подписанный в г. Москве 23 ноября 2023 года.

Постановления Совета Министров Республики Беларусь

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 13.06.2024 № 419

«О предупреждающем знаке границы зоны безопасности с особым правовым режимом»

Определены описание и изображение предупреждающего знака, обозначающего границы зоны безопасности с особым правовым режимом в пределах границ государственного научного учреждения «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» НАН Беларуси.

Постановление вступило в силу с 16 июня 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17.06.2024 № 429

«Об установлении соотношения затрат на исследования и разработки новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов к объему отгруженной продукции (работ, услуг)»

Установлено соотношение затрат на исследования и разработки новых продуктов, услуг и методов их производства (передачи), новых производственных процессов к объему отгруженной продукции (работ, услуг).

Показатели определены на 2024–2030 годы в качестве индикативного задания для Минстройархитектуры, Минздрава, Минпрома, Минсельхозпрода, Минэнерго и концернов «Белгоспищепром», «Беллегпром», «Беллесбумпром» и «Белнефтехим».

Постановление вступило в силу с 20 июня 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 26.06.2024 № 446

«Об изменении постановлений Совета Министров Республики Беларусь от 31 октября 2001 г. № 1595 и от 6 августа 2015 г. № 662»

В Положении о Министерстве энергетики Республики Беларусь, утвержденном постановлением Совмина от 31.10.2001 № 1595, уточнена формулировка одной из основных задач Минэнерго – принятие мер по гарантированному приобретению государственными энергоснабжающими организациями энергии, произведенной из возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и поставляемой производителями энергии из ВИЭ в государственные энергетические сети, если иное не определено Президентом Республики Беларусь, а также ее оплате по тарифам, установленным в соответствии с законодательством.

Кроме того, изложено в новой редакции Положение о порядке установления, распределения, высвобождения и изъятия квот на создание установок по использованию возобновляемых источников энергии, утвержденное постановлением Совмина от 06.08.2015 № 662.

Постановление вступило в силу с 29 июня 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28.06.2024 № 455

«О стимулировании достижений в сфере экономического развития»

Постановлением учреждены премии за особые достижения в различных сферах экономики страны. Ежегодно начиная с 2025 года на конкурсной основе работникам юридических лиц, осуществляющих деятельность в соответствующих отраслях экономики будут присуждаться по две премии в размере 1 тыс. базовых величин каждая:

– Премия Правительства за значимый вклад в развитие производства и сферы услуг (работ) – за выдающиеся результаты в области управления производством, обеспечение и повышение качества продукции, внедрение новых прогрессивных методов менеджмента, производство новых или усовершенствованных конкурентоспособных товаров (работ, услуг)

– Премия Правительства за достижения в отраслевой науке – за выполнение НИОК(Т)Р в интересах отраслевых организаций или для отраслевого технологического развития, завершившихся созданием новых технологий, техники, приборов, оборудования, материалов и веществ, иной научно-технической продукции, освоением (внедрением) в производстве разработанных высокотехнологичных экспортоориентированных инноваций и выпуском на этой основе вновь освоенной продукции с высокой экономической эффективностью.

Положением о премиях Правительства определено, что они являются признанием заслуг перед обществом и государством за значимый вклад в развитие экономики, который оказал существенное влияние на повышение конкурентоспособности производства и (или) эффективности экономической деятельности, способствовал существенному росту качества жизни населения.

Лицам, которым присуждена премия Правительства и присвоено звание лауреата премии Правительства, будет вручаться Почетный знак лауреата премии Правительства за особые достижения в различных сферах экономики страны.

Постановлением определен состав Комиссии по присуждению премий Правительства и утверждено положение, определяющее порядок ее работы.

Постановление вступило в силу с 6 июля 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25.07.2024 № 521

«О регулировании цен»

Минлесхоз определен регулятором отпускных цен, сформированных на условиях франко-склад изготовителя, на древесные топливные гранулы, реализуемые:

- организациям коммунальной формы собственности системы Минжилкомхоза;
- организациям, входящим в систему Минстройархитектуры, осуществляющим производство цемента;
- организациям, входящим в систему Минэнерго, осуществляющим производство тепловой энергии.

Постановление вступило в силу с 27 июля 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 06.08.2024 № 574

«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 12 ноября 2021 г. № 642»

Скорректированы положения о реализации Указа Президента Республики Беларусь от 15 сентября 2021 г. № 348 «О Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы», утвержденные постановлением Совмина от 12.11.2021 № 642. В частности, изменены: перечень проектов по созданию новых производств, имеющих определяющее значение для инновационного развития Республики Беларусь; план-график реализации проектов по созданию таких производств; объемы финансирования проектов и мероприятий по развитию инновационной инфраструктуры Республики Беларусь.

Сроки реализации некоторых проектов, установленные планом-графиком, продлены на 1–2 года.

Постановление вступило в силу с 6 августа 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 14.08.2024 № 590

«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 7 февраля 2011 г. № 149»

Постановлением в состав аттестационной комиссии при Совете Министров Республики Беларусь, утвержденный

постановлением Совмина от 07.02.2011 № 149, включен Заместитель Премьер-министра Республики Беларусь Каранкевич Виктор Михайлович в качестве заместителя председателя аттестационной комиссии. Из состава комиссии исключен П.А. Пархомчик.

Постановление вступило в силу после официального опубликования.

Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь

Постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 01.07.2024 № 48

«Об изменении постановления Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 25 ноября 2003 г. № 147»

Внесены изменения в разделы «Железнодорожный транспорт и метрополитен» и «Автомобильный и городской электрический транспорт» выпуска 52 Единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих, утвержденного постановлением Минтруда и соцзащиты от 25.11.2003 № 147.

Постановление вступило в силу с 14 августа 2024 года.

Постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 01.07.2024 № 49

«Об утверждении профессионального стандарта»

Утвержден профессиональный стандарт «Контролер распределительных электрических сетей и оборудования наружного освещения».

Основная цель вида трудовой деятельности: обеспечение бесперебойной работы уличного, архитектурного и иллюминационного освещения, светового оформления города; проведение технического осмотра распределительных электрических сетей и оборудования наружного освещения для последующего технического обслуживания и ремонта сетей наружного освещения с целью обеспечения безопасности движения транспортных средств и пешеходов.

Постановление вступило в силу с 19 июля 2024 года.

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
СТРАТЕГИЯ**

ИННОВАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

ПОДПИСКА – 2024

Оформить подписку можно:

**в любом почтовом
отделении**

подписной индекс
009382

в редакции

по тел./факсу
+375 17 286-08-28
по тел.
+375 29 399-11-04

на сайте

energystategy.by

по эл. почте

2934682@mail.ru

БелТЭИ 60 ЛЕТ

РУП «БЕЛТЭИ» – одно из ведущих предприятий Беларуси и стран СНГ в области прогнозирования развития ТЭК, проектирования объектов электро- и теплоэнергетики, разработки и внедрения автоматизированных систем управления технологическими процессами, контроля и учета энергоносителей, повышения энергоэффективности.

Организация занимает передовые позиции в сфере продвижения энергетических технологий и выполняет работы по увеличению гибкости энергосистем за счет различных решений: внедрения традиционной и ВИЭ-генерации, интеграции систем хранения энергии, применения вторичных энергоресурсов и отходов производственной деятельности, а также развития децентрализованных систем производства электроэнергии в сочетании с технологиями «умных сетей».

Гордость РУП «БЕЛТЭИ» – его коллектив. Здесь трудятся опытные профессионалы и перспективная молодежь. Высокая квалификация сотрудников позволяет решать по-настоящему сложные и масштабные задачи. Предприятию доверяют такие гиганты энергокомплекса Беларуси, как Березовская и Лукомльская ГРЭС, минские ТЭЦ-3 и ТЭЦ-4, а также крупные промышленные компании республики.

Благодаря командной работе, научно-исследовательскому и деловому потенциалу география заказчиков предприятия продолжает расширяться. К своему 60-летию РУП «БЕЛТЭИ» подошло с современной материально-технической базой, уникальными разработками и заслуженной репутацией надежного и компетентного партнера.

220048, г. Минск, ул. Романовская Слобода, 5
+375 17 396-90-57, +375 17 352-47-70
beltei@beltei.by
beltei.by

УНП 100145188

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ!



**Российская
Энергетическая
Неделя 2024**

**26–28
сентября**

**Москва,
ЦВЗ «Манеж»**

 **РОСКОНГРЕСС**
Пространство доверия

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ФОРУМ «РОССИЙСКАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
НЕДЕЛЯ – 2024»**

