

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

№ 6 (102) ноябрь–декабрь 2024



*С Днем энергетика,
наступающим Новым годом и Рождеством!*



ISSN 2310 - 6735



9 772310 673007

9 **Союзному**
стр. **государству – 25 лет**
*Итоги пресс-тура
на БелАЭС*

33 **Кибератаки**
стр. **как источник угроз**
национальной
безопасности

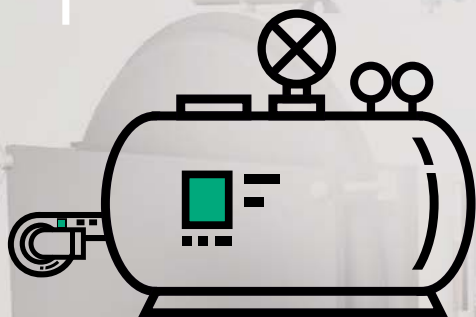
17 **Рынок электроэнергии**
стр. **ЕАЭС – флагман**
евразийской интеграции

51 **О концепции сооружений**
стр. **приповерхностного**
захоронения
радиоактивных отходов
БелАЭС

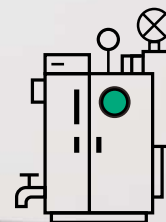


+375 (17) 388-75-05 +375 (29) 388-75-05

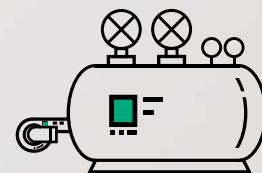
Г. МИНСК, 1-Й ТВЕРДЫЙ ПЕРЕУЛОК, 7/1



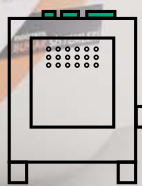
ПАРОВЫЕ
КОТЛЫ



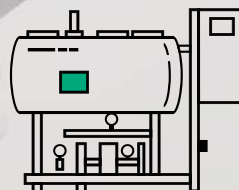
ГАЗОВЫЕ
ПАРОГЕНЕРАТОРЫ



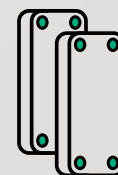
ВОДОГРЕЙНЫЕ
КОТЛЫ



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
ПАРОГЕНЕРАТОРЫ



ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ
КОТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



ТЕПЛОБМЕННЫЕ
АППАРАТЫ

УНП 192001685

ТЭО

ПОСТАВКА

МОНТАЖ

ПНР

ТО

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»
- Жемжуров М.Л.**, д.т.н., доцент
- Закревский В.А.**, к.т.н., директор Департамента энергетики Евразийской экономической комиссии
- Карницкий Н.Б.**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции» БНТУ
- Ковалев Д.В.**, заместитель генерального директора по оперативной работе – главный диспетчер ГПО «Белэнерго»
- Майоров В.В.**, генеральный директор ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»
- Панченко А.В.**, генеральный директор ГПО «Белэнерго»
- Пенязьков О.Г.**, д.ф.-м.н., академик НАН Беларуси, директор Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси
- Прищепов М.А.**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электрооборудование сельскохозяйственных предприятий» БГАТУ
- Рыков А.Н.**, к.т.н., заместитель главного инженера по тепломеханической части РУП «Белнипиэнергопром»
- Седнин В.А.**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника» БНТУ
- Шавловский Д.В.**, первый заместитель генерального директора ГПО «Белтопгаз»

Издатель: открытое акционерное общество «Экономэнерго»

Редакция:

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

По вопросам размещения рекламы обращайтесь по тел.:

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

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

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

Отпечатано ООО «НАВИТЕХ». ТМ «ГРАДИЕНТ». Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий №2/194 от 23.02.2017 г. Республика Беларусь, 220024, г. Минск, ул. Бабушкина, 6А, комн. 204. Подписано в печать 25.10.2024 г., формат 60х90/4, тираж 1340 экз., заказ № 3318.

© ОАО «Экономэнерго», 2024



НОВОСТИ

- 4 Государство и общество
- 6 ТЭК Беларуси
- 9 Белорусская АЭС – самый масштабный совместный проект Беларуси и России
По итогам пресс-тура, посвященного юбилею создания Союзного государства
- 12 Определены победители X республиканского конкурса «Лидер энергоэффективности Республики Беларусь – 2024»

- 14 Мировая энергетика

ПРИОРИТЕТЫ

- 17 Электроэнергетический рынок ЕАЭС – флагман евразийской интеграции
А.П. Шершень

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

- 21 Показатели качества электроэнергии в сетях. Измерение, анализ и выявление виновников их несоответствия нормам. Часть 2
В.Р. Колик, М.А. Драко, О.А. Мойсеенко
- 27 Сравнение функциональных параметров систем возбуждения синхронных машин
Е.Л. Телюк
- 30 Удовлетворенность потребителя – главная цель ОАО «Белэнергоремналадка»
С.В. Прилуцкий, О.С. Солодуха

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 33 Кибератаки на критически важные объекты энергетики как источник угроз национальной безопасности
С.Ю. Воробьев, Е.А. Ханчевский

МНЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТА

- 36 О целесообразности ввода новых ядерных энергоблоков в энергосистему Республики Беларусь. Часть 2
Б.И. Попов

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

- 41 Основы эффективного управления ресурсом оборудования АЭС. Часть 1
П.К. Нагула, Е.В. Жилинская

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГОГАЗНАДЗОР

- 44 Подготовка инспекторов энергогазинспекций
А.М. Малиновский

- 48 Основная и дополнительная системы уравнивания потенциалов в многоквартирных домах
А.И. Герман

НАУКА – ЭНЕРГЕТИКЕ

- 51 Разработка технической концепции сооружений приповерхностного захоронения радиоактивных отходов Белорусской АЭС. Часть 2. Зарубежный опыт и возможные концептуальные решения для Беларуси
М.Л. Жемжуров, Д.И. Павлов, А.М. Жемжуров
- 56 Исследование электромагнитных и тепловых процессов трансформаторов с помощью 3D-моделирования
А.В. Дробов, И.Л. Громыко, В.Н. Галушко, Д.В. Ермоленко

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

- 59 Профориентационная работа с молодежью: путь в профессию энергетика
В.В. Саранцев, Ю.С. Сычева, М.И. Калмыкова
- 63 Эргономика в работе руководителя
С.А. Высоцкая

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ПРАВО

- 66 Новости законодательства (ноябрь–декабрь)
- 69 Перечень статей, опубликованных в 2024 году



УВАЖАЕМЫЕ РАБОТНИКИ И ВЕТЕРАНЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ!

От имени Министерства энергетики Республики Беларусь и от себя лично поздравляю вас с Днем энергетика!

Энергетическая отрасль Беларуси – многогранная и высокотехнологичная сфера экономики. Она является неотъемлемой частью обеспечения экономической стабильности Беларуси и основой благосостояния наших граждан.

К профессиональному празднику отрасль подошла с достойными результатами. Укрепляя энергетическую независимость, мы развиваем собственные источники энергии. Успешно работает флагман энергосистемы – Белорусская атомная электростанция, которая обеспечивает около 40 % внутренних потребностей страны в электрической энергии. Динамично растет спрос на электроэнергию среди населения.

Благодаря поддержке Главы государства, Правительства, органов власти модернизируются объекты энергетики и инфраструктура, реализуются инновационные проекты, создаются новые рабочие места. Проводится масштабная работа по повышению доступности и качества услуг, оказываемых потребителям.

В основе достижений отрасли – ежедневный кропотливый труд преданных своей профессии людей. Ответственное отношение к делу и высокий уровень подготовки наших работников стали ключевыми факторами в борьбе со стихией на юго-востоке республики. Специалисты из разных уголков Беларуси проявили настоящую самоотверженность и выполнили свою задачу достойно.

Выражаю всему большому и сплоченному коллективу Белорусской энергосистемы искреннюю благодарность за проделанную работу. Уверен, применяя ценный опыт наших уважаемых ветеранов и инновационный потенциал современной энергетики, мы реализуем немало перспективных проектов на благо нашей родной Беларуси!

Желаю вам крепкого здоровья, мира и благополучия вашим семьям! С праздником!

***Министр энергетики Республики Беларусь
А.И. Кушнаренко***

ДОРОГИЕ ДРУЗЬЯ, УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Искренне поздравляю весь многотысячный коллектив Белорусской энергосистемы с профессиональным праздником – Днем энергетика!



Работа в нашей сфере накладывает на человека особую ответственность, требует строжайшей дисциплины и оперативной готовности. Днем и ночью, зимой и летом энергетики обеспечивают надежное энергоснабжение объектов промышленности, сельского хозяйства, социальной сферы.

Уходящий год проверил энергетическую систему на прочность аномальными погодными условиями. Мы с честью выдержали это испытание. Благодаря своевременным грамотным действиям специалистов, сплоченности коллектива перед лицом стихии нам удалось не просто выстоять, но и выполнить свою главную задачу – в кратчайшие сроки вернуть в дома потребителей свет и тепло. Спасибо вам, дорогие коллеги, за проявленные в этих экстремальных условиях мужество и преданность делу.

Мы прожили насыщенный год, полный напряженного труда. Среди приоритетных задач, которые успешно решались организациями отрасли, – обновление основных производственных фондов, повышение эффективности энергетического оборудования, проведение ремонтных кампаний, развитие сетевой инфраструктуры. Были построены и отремонтированы тысячи километров линий электропередачи и сотни километров тепловых сетей, сооружены и реконструированы высоковольтные подстанции,

выполнена инвестиционная программа, открыты новые центры обслуживания потребителей.

Для надежной работы энергосистемы на четырех объектах введены в эксплуатацию высокоманевренные пиково-резервные энергоисточники, которые позволяют обеспечить бесперебойное электроснабжение.

Искренние слова благодарности и поздравления хочу адресовать нашим ветеранам, посвятившим свою жизнь развитию отрасли. Мы храним добрые традиции, бережем и многократно приумножаем наследие предыдущих поколений.

Все достижения отрасли стали результатом неустанной работы высококвалифицированных, опытных руководителей, специалистов и рабочих, каждый из которых достойно носит почетное звание энергетика.

Наш праздник – это возможность подвести итоги года, оценить достигнутые результаты и поставить цели на будущее для процветания нашей страны.

Желаю всему коллективу объединения дальнейших производственных достижений, надежной и безаварийной работы, крепкого здоровья, мирного неба и семейного благополучия!

**Генеральный директор ГПО «Белэнерго»
А.В. Панченко**

25 ЛЕТ НАЗАД БЫЛ ПОДПИСАН ДОГОВОР О СОЗДАНИИ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА



8 декабря 1999 года президенты Республики Беларусь и Российской Федерации подписали Договор о создании Союзного государства. Страны поставили перед собой ряд важных ориентиров, один из которых – создание единого экономического пространства. Партнерство выстраивается на принципах безусловного сохранения государственного суверенитета и территориальной целостности, ответственного выполнения сторонами своих международных обязательств.

В связи со знаменательным событием Александр Лукашенко направил обращение к народам Беларуси и России. Поздравляя с юбилейной датой, Президент отметил, что Союзное государство состоялось и ярко демонстрирует успешность этого уникального

межгосударственного объединения: «Мы многократно приумножили интеграционные связи по широчайшему спектру направлений. Реализовали ряд инновационных проектов в различных отраслях народного хозяйства. Занялись совместным исследованием космоса, развитием высоких технологий и атомной энергетики».

Александр Лукашенко выразил уверенность, что вместе страны преодолению все трудности, подтверждая правильность выбранного 25 лет назад курса на сплочение и совместное развитие Беларуси и России во имя наших народов.

В МИНСКЕ ПРОШЛО ЗАСЕДАНИЕ ВЫСШЕГО ГОСУДАРСТВЕННОГО СОВЕТА СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА

6 декабря в Минске состоялось заседание Высшего Государственного Совета Союзного государства (ВГС) с участием президентов Беларуси и России.

По случаю 25-летия заключения Договора о создании Союзного государства Председатель ВГС Александр Лукашенко привел несколько цифр экономической статистики. В сравнении с 1999 годом, когда был подписан Договор, объем ВВП в обеих странах вырос примерно в 2,5 раза. Белорусско-российский товарооборот также поступательно увеличивается. В 2023 году он достиг почти \$ 55 млрд, а к концу 2024-го, при условии сохранения темпов роста, государства рассчитывают выйти примерно на \$ 60 млрд.

По итогам заседания Беларусь и Россия приняли важные решения в различных сферах. Так, лидеры двух стран подписали межгосударственный договор о гарантиях безопасности и утвердили Концепцию безопасности Союзного государства. Кроме того, заключен межгосударственный договор, который предусматривает поэтапное формирование объединенного рынка электроэнергии двух стран. Это позволит снизить до минимума потери в энергосетях, сбалансировать тарифы, обеспечить взаимный переток электроэнергии, усилить энергетическую безопасность



Беларуси, России и Союзного государства в целом. Формирование объединенного рынка электроэнергии начнется с 2025 года.

Приняты также решения, касающиеся единых правил защиты прав потребителей, мер по противодействию незаконному импорту товаров, а также по установлению на территории Союзного государства комфортных тарифов на услуги связи и передачи данных с 1 марта 2025 года.

К 80-летию Победы в Великой Отечественной войне утвержден план мероприятий, которые пройдут в Беларуси и России. По итогам заседания ВГС внесены изменения в Положение о Постоянном Комитете Союзного государства и приняты необходимые решения по подготовке к следующим заседаниям.

БОРЬБА С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА ТРЕБУЕТ КОНСОЛИДАЦИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ УСИЛИЙ



12 ноября Президент Республики Беларусь Александр Лукашенко принял участие в 29-й Коференции участников Рамочной конвенции ООН по изменению климата (COP29), которая проходила 11–24 ноября в г. Баку (Азербайджан).

В своем выступлении Глава государства обозначил национальную позицию Беларуси по вопросам повестки дня, связанным с изменением климата. Александр Лукашенко заявил о низкой эффективности предпринимаемых мировым сообществом мер в сфере борьбы с последствиями климатических изменений и озвучил предложения для глобальных действий в этой области. Президент констатировал, что климат изменился, и это уже данность. «Поэтому первостепенная задача –

перенастроить национальные экономики, прежде всего сельское хозяйство, с учетом изменившихся условий», – заявил он. Беларусь активно адаптирует свой агрокомплекс к новой ситуации и готова делиться опытом.

Глава государства призвал помочь развивающимся странам получить равный доступ к зеленым технологиям без ущерба для их национальных интересов: «Нужно отменить всё, что мешает международной торговле технологиями, обмену инновациями и наилучшими практиками».

Говоря о воздействии инноваций на окружающую среду, Александр Лукашенко отметил, что мир сегодня уже столкнулся с ситуацией, когда новая продукция позиционируется как более экологически безопасная альтернатива – но в то же время наносит не меньший вред. Объективно нужны новые подходы к комплексной оценке потенциального воздействия такой продукции на протяжении всего ее жизненного цикла. Эти и другие направления требуют консолидации международных усилий.

В Рамочную конвенцию ООН об изменении климата входят 198 участников (197 стран и Евросоюз). Большинство из них подписали Парижское соглашение 2015 года. На конференции обсуждались также проблемы климатического финансирования, энергоперехода, инновационных технологий в энергетике и ряд других вопросов, связанных с изменением климата.

ВЫБОРЫ ПРЕЗИДЕНТА: ЗАВЕРШИЛСЯ ЭТАП ОБРАЗОВАНИЯ УЧАСТКОВ ДЛЯ ГОЛОСОВАНИЯ

24 октября Центральный избирательный комитет утвердил календарный план мероприятий по проведению выборов Президента Республики Беларусь. Решением Палаты представителей Национального собрания выборы были назначены на 26 января 2025 года.

Для проведения выборов Президента сформированы 153 территориальные комиссии, в состав которых вошло 1689 человек, в том числе 1165 представителей политических партий и других общественных объединений, 421 представитель граждан и 103 – трудовых коллективов.

В декабре в республике завершился этап образования участков для голосования. По данным ЦИК, на территории страны образовано 5325 участков. Наибольшее их число сформировано в Гомельской, Минской и Брестской областях – 925, 894 и 861 соответственно, 701 – в г. Минске, 683 – в Могилевской, 672 – в Витебской и 589 – в Гродненской области.



ТЭК БЕЛАРУСИ

ЕЭК проведет мониторинг в сфере естественных монополий

На 29-м заседании Консультативного комитета по естественным монополиям Евразийской экономической комиссии, которое состоялось 22 ноября в г. Москве, принято решение о проведении в 2025 году мониторинга реализации положений Договора о ЕАЭС в части естественных монополий.

Участники заседания одобрили общий формат и алгоритм совместных действий по проведению мониторинга. Для оценки соблюдения принципов, которыми руководствуются страны ЕАЭС при регулировании деятельности субъектов естественных монополий в соответствии с Договором о ЕАЭС, будут использоваться как количественные, так и качественные показатели.

Планируется, что результаты мониторинга могут быть применены не только для выработки предложений и рекомендаций по дальнейшей гармонизации в сфере регулирования естественных монополий, но и для возможной актуализации нормативно-правовых актов стран «пятерки».

Утвержден совместный план мониторинга энергосистем Беларуси и России

В начале декабря в Москве состоялось рабочее совещание представителей ГПО «Белэнерго» и Системного оператора Единой энергетической системы (ЕЭС) России. Белорусскую делегацию возглавил заместитель генерального директора по оперативной работе – главный диспетчер объединения Денис Ковалев.



Стороны обсудили условия системной и балансовой надежности совместной работы энергосистем Беларуси и России с учетом развития атомной энергетики, а также рассмотрели и утвердили совместный план действий по созданию системы мониторинга запаса устойчивости на межгосударственном сечении Беларусь – Россия. В перспективе реализация плана позволит создать инструмент, повышающий точность и качество оценки доступной пропускной способности сечения в режиме реального времени.

Участники совещания рассмотрели также ход разработки документов, регламентирующих параллельную работу ОЭС Беларуси и ЕЭС России с учетом отделения энергосистем стран Балтии от энергообъединения ЕЭС/ОЭС.

Беларусь наращивает поставки торфа в Турецкую Республику

По результатам Международной выставки MUSIAD EXPO в г. Стамбуле (Турция) подписано соглашение с компанией GLS GRUP A.S. об увеличении поставок белорусской торфяной продукции и проведению испытаний жидких и сухих гуматов в объеме 200 кг. Достигнуты также договоренности о долгосрочном сотрудничестве с компанией DY GRUP. После проведения испытаний белорусскими специалистами будет разработана специальная рецептура для использования в озеленении территорий и ландшафтном дизайне.

За 10 месяцев 2024 года на турецкий рынок поставлено свыше 6 тыс. м³ белорусского верхового торфа.

Энергоблок № 1 БелАЭС выведен в третий планово-предупредительный ремонт

3 декабря первый энергоблок БелАЭС выведен в третий по счету планово-предупредительный ремонт. В период останова блока высококвалифицированные специалисты в соответствии с утвержденными графиками выполняют техническое обслуживание, диагностику, дефектацию и ремонт оборудования и технологических систем, в том числе контроль состояния основного металла и сварных соединений оборудования и трубопроводов.

Важной частью работ станет замена отработавшего ядерного топлива – в активную зону реактора будет загружено около 25 % тепловыделяющих сборок со свежим топливом.

Белорусские специалисты изучили венгерский опыт в сфере обращения с радиоактивными отходами

9–10 декабря в Венгрии прошло очередное заседание белорусско-венгерской рабочей группы по сотрудничеству в сфере ядерной энергетики. С белорусской стороны в нем приняли участие представители Министерства энергетики, ГПО «Белэнерго», ГП «Белорусская АЭС», РУП «БелРАО», с венгерской – представители АЭС «Пакш-1» и «Пакш-2», Государственного агентства по обращению с радиоактивными отходами PURAM.





КАДРОВЫЕ НАЗНАЧЕНИЯ

2 декабря Президент Беларуси Александр Лукашенко принял ряд кадровых решений, в частности согласовал назначение Сергея Адаменко на должность заместителя Министра энергетики и Валерия Ковалева – на должность генерального директора ГПО «Белтопгаз».



Адаменко Сергей Юрьевич родился 2 марта 1975 года в г. Минске. В 1997 году окончил Белорусскую государственную политехническую академию, в 2011 году – Академию управления при Президенте Республики Беларусь. Свой трудовой путь в энергосистеме начал в 2001 году в должности старшего инспектора Волковысского отделения энергонадзора. В дальнейшем продолжал работать в РУП «Гродноэнерго» – начальником отделения, заместителем директора по сбыту Волковысских электросетей, директором филиала «Энергонадзор», заместителем генерального директора по капитальному строительству. С 9 декабря вступил в должность заместителя Министра энергетики.

Валерий Владимирович Ковалев родился 2 марта 1976 года в д. Суровни Шумилинского района Витебской области. В 1998 году окончил Полоцкий государственный университет, в 2010-м – Академию управления при Президенте Республики Беларусь. Трудовую деятельность в отрасли начал в 2001 году как мастер филиала «Городокское районное производственное управление газового хозяйства» УП «Витебскоблгаз». В последующем работал в технической инспекции, занимал должности главного инженера филиала, директора Докшицкого районного и Витебского производственных управлений газового хозяйства. С 2010 года до назначения работал заместителем генерального директора объединения «Белтопгаз». 3 декабря назначен на должность руководителя объединения.



Белорусские специалисты изучили венгерский опыт в сфере обращения с РАО и отработавшим ядерным топливом, ознакомились с технологиями захоронения, посетили объект окончательной изоляции РАО в Батаапати и временное хранилище отработавшего ядерного топлива на АЭС «Пакш-1». По итогам заседания рабочей группы подписан протокол.

Эксперты ПАО «Россети» ознакомились с инновационными решениями белорусских энергетиков

14 ноября в рамках взаимодействия и обмена опытом российская делегация во главе с заместителем главного инженера ПАО «Россети» Палиной Канюкой посетила ГПО «Белэнерго». Со стороны белорусских энергетиков встречу возглавил первый заместитель генерального директора – главный инженер объединения Юрий Шмаков.

Стороны обменялись мнениями о текущей ситуации в энергосистемах, поделились видением дальнейшего развития электросетевого комплекса России и Беларуси, обсудили вопросы эксплуатации электротехнического оборудования, воздушных и кабельных линий электропередачи.

Эксперты ПАО «Россети» ознакомились с возможностями белорусских компаний, направлениями их деятельности и успешно реализованными проектами, в частности с современными технологическими решениями по распределению энергии, использованными на ПС 110/10 кВ «Подлесная». Особое внимание было уделено внедрению



цифровых технологий и инновационных подходов к повышению надежности и эффективности энергоснабжения.

Объем потребления электроэнергии зарядными станциями вырос вдвое

Объем потребления электроэнергии зарядными станциями для электротранспорта в Беларуси в текущем году достиг 30 млн кВт·ч и вырос вдвое по сравнению с прошлым годом. Об этом сообщил Министр энергетики Алексей Кушнарченко в ходе встречи с коллективом филиала «Ошмянские электрические сети» РУП «Гродноэнерго».

Количество автомобилей на электротяге на дорогах страны превысило 20 тыс. Для развития электромобильности в нашей стране созданы комфортные условия, действуют стимулирующие меры. Растет и число современных белорусских электробусов в городах. Теперь они курсируют не только в Минске и областных центрах, но и в Жодино и Шклове. На сегодняшний день проект по переводу пас-

сажирского транспорта на электричество планируется реализовать в Новополоцке.

Введена в эксплуатацию новая котельная на торфе

1 ноября в пос. Червоное Житковичского района начала работать новая котельная на торфе. Объект возводился при участии в его финансировании Министерства энергетики.

Теплоисточник мощностью 9 МВт будет обеспечивать теплом жителей Червоного и аг. Семенча, а также обеспечит стабильный сбыт фрезерного торфа Житковичского ТБЗ. На котельную ежегодно будет поставляться около 6,7 тыс. т торфяного топлива, что позволит замещать примерно 2 млн м³ импортируемого природного газа. На объекте установлено современное котельное оборудование отечественного производства.



Открывая торжественную церемонию ввода котельной, заместитель Премьер-министра Виктор Каранкевич подчеркнул, что благодаря поддержке Главы государства в стране реализуются комплексные мероприятия, направленные на увеличение использования местных видов топлива, и торф – один из них. Котельная в пос. Червоное повысит эффективность производства тепловой

энергии за счет снижения затрат на транспортировку торфа, обеспечит надежность теплоснабжения и комфортные условия для жителей двух населенных пунктов.

Подведены итоги сезона добычи торфа

В ходе подведения итогов сезона добычи торфа Министр энергетики Алексей Кушнарченко отметил, что торфяная промышленность завершила сезон с достойными результатами. В текущем году организациями Минэнерго добыто 2 млн т торфа, произведено 844 тыс. т продукции топливного назначения, а также 148 тыс. т продукции сельскохозяйственного назначения.



Белорусская торфопродукция востребована как на внутреннем, так и на внешних рынках. За последнее время заключено 9 меморандумов о сотрудничестве, подписано 14 контрактов на поставку продукции в такие страны, как Вьетнам, Казахстан, Китай, Монголия, Россия, Турция. При этом важно отметить, что торфяная отрасль самодостаточна и никак не зависит от санкционного давления. «Мы работаем на белорусском оборудовании по отечественным технологиям», – подчеркнул глава Минэнерго.

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

ЭНЕРГЕТИКИ УДОСТОЕНЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ НАГРАД И БЛАГОДАРНОСТИ ПРЕЗИДЕНТА

4 ноября Глава государства Александр Лукашенко подписал Указ № 407 и распоряжение о награждении работников, принявших наиболее активное участие в ликвидации последствий прохождения грозового фронта над территорией страны 12–14 июля 2024 года. За плодотворный труд, высокий профессионализм, личный вклад в ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций природного характера государственных наград удостоен 41 человек, Благодарности Президента – 106 человек. В числе награжденных – работники энергетической отрасли.

Вручая 28 ноября награды энергетикам, Премьер-министр Роман Головченко отметил, что благодаря их работе по восстановлению линий электропередачи удалось оперативно восстановить транспортное сообщение, энергоснабжение населенных пунктов, вернуть людей к привычному образу жизни.

Поздравляем коллег с высокими наградами!



БЕЛОРУССКАЯ АЭС – самый масштабный совместный проект Беларуси и России

По итогам пресс-тура, посвященного юбилею создания Союзного государства

В рамках большого пресс-тура по объектам Республики Беларусь, приуроченного к 25-летию подписания Договора о создании Союзного государства, представители белорусских, российских и союзных СМИ посетили Белорусскую АЭС. Пресс-тур, организованный Постоянным Комитетом Союзного государства совместно с Национальным пресс-центром Республики Беларусь, состоялся 21 ноября, практически год спустя после завершения строительства станции.



Общаясь с журналистами, заместитель Министра энергетики Денис Мороз отметил, что проект БелАЭС – самый масштабный и высокотехнологичный из реализованных в рамках Союзного государства. В строительстве станции принимали участие около 40 белорусских и российских организаций. Проект объединил научные и инженерные школы, десятки предприятий и тысячи специалистов двух стран, содействовал укреплению производственного и научно-технологического потенциала Союзного государства.

В ходе пресс-тура заместитель Министра проинформировал журналистов об экономическом и экологическом эффектах атомной энергетики, росте электропотребления в стране, обеспечении безопасности станции и ответил на ряд вопросов представителей СМИ. Дополнительную информацию об аспектах реализации национальной ядерной энергетической программы журналистам сообщили в Минэнерго.

Ключевые эффекты от реализации проекта

Решение о строительстве в Беларуси атомной электростанции было дальновидным решением, отметил Денис Мороз. «Если на момент начала сооружения станции в мире было достаточно много скептиков по поводу развития атомной энергетики, то к моменту ее ввода в эксплуатацию многие страны изменили свою позицию. Те, кто раньше говорил о том, что атомная энергетика – это небезопасно, сегодня объявляют о своих планах по сооружению атомных станций», – подчеркнул заместитель Министра.

В Минэнерго отметили, что сегодня, когда другие государства только приступают к реализации национальных ядерных программ, Беларусь уже сформировала собственную ядерную инфраструктуру. БелАЭС приносит ощутимый эффект. При этом решены ключевые задачи: страна полностью отказалась от импорта электрической энергии и снизила зависимость от импортируемого природного газа. С момента включения первого энергоблока в объединенную энергосистему станция суммарно выработала 37,5 млрд кВт·ч, что позволило заместить более 10 млрд м³ газа. Получен и экологический эффект: за период работы БелАЭС выбросы парниковых газов сократились более чем на 15 млн т.

Атомная станция удовлетворяет возрастающий спрос на электроэнергию реального сектора экономики и населения для нужд отопления и горячего водоснабжения. Действуют стимулирующие тарифы как для энергоемких производств, так и для граждан, использующих электроэнергию в целях нагрева. Кроме того, станция стала драйвером развития смежных отраслей экономики. Готовится к реализации целый ряд инновационных проектов в промышленности, науке, медицине. Строительство БелАЭС способствовало также широкому внедрению современных технологий на производствах, созданию новых рабочих мест.

Денис Мороз отметил, что ввод АЭС создал условия для развития майнинга криптовалют и дата-центров, занимающихся обработкой больших массивов данных. Такие потребители могут получать электроэнергию по стимулирующим тарифам. Более того, эти тарифы дифференци-



рованы по объемам электропотребления: чем больше потребляет компания, тем дешевле для нее электроэнергия.

Безусловным положительным эффектом строительства АЭС стало развитие Островца и Островецкого района. Город атомщиков – один из самых быстрорастущих в стране. За последние 10 лет он превратился в красивый благоустроенный город, где есть все необходимые условия для комфортного проживания. Построены новые школы, детские сады, больница, физкультурно-оздоровительный комплекс, центр культуры. Благодаря АЭС население Островца выросло почти в два раза, введено в эксплуатацию более 50 жилых домов. Здесь много молодых семей, желающих связать с городом свою жизнь. Они видят, что за атомной энергетикой – будущее.

АЭС как фактор роста электропотребления

Благодаря вводу БелАЭС изменилась структура электропотребления. Это позволило сформировать стимулирующие тарифы, направленные на его увеличение как в реальном секторе экономики, так и среди населения, отметил Денис Мороз.

Ежегодно АЭС будет генерировать примерно 18 млрд кВт·ч и обеспечит более 40 % внутренних потребностей страны в электроэнергии. Благодаря принятым на уровне Главы государства и Правительства стимулирующим мерам отмечается устойчивый рост электропотребления. В 2023 году его общий объем достиг пиковых значений за период независимой Беларуси и превысил 41 млрд кВт·ч. Положительная динамика сохраняется и в этом году. За январь–октябрь электропотребление в стране выросло на 6,2 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, увеличившись более чем на 2 млрд кВт·ч.

С развитием электросетевой инфраструктуры в Беларуси существенно выросли темпы строительства нового электрифицированного жилья, перевода индивидуальных жилых домов на электроотопление. Расширяются энергоемкие производства. Особое внимание уделяется развитию электротранспорта. Развернута сеть зарядных станций – по их числу Беларусь занимает лидирующие позиции на постсоветском пространстве. В городах Жодино и Шклове реализованы пилотные проекты по переводу городского общественного транспорта на электрический.

«Мы видим востребованность электроэнергии реальным сектором экономики и населением, видим, насколько изменился образ жизни и уровень комфорта людей, которые используют электроэнергию... Сам по себе проект атомной

станции – это не только энергетика, это и множество сопутствующих технологий в области ядерной медицины, материаловедения. Это высокие технологии, которые пришли в нашу страну», – подчеркнул Денис Мороз.

Радиационная безопасность БелАЭС

Безопасность Белорусской АЭС остается неизменно актуальной темой, которая особенно волнует общество. Вопрос ее обеспечения был приоритетом при сооружении станции и остается ключевым при ее эксплуатации, сказал Денис Мороз.

Международные экспертные миссии, в том числе миссии МАГАТЭ, не раз подтверждали соответствие проекта БелАЭС самым высоким требованиям безопасности. С 2012 по 2022 год в Беларуси проведены все ключевые миссии Агентства, рекомендованные для стран, строящих первую АЭС. По ряду направлений отмечен успешный опыт и положительные практики республики, которые сегодня служат примером для других стран – новичков в атомной энергетике. МАГАТЭ оказывает Беларуси содействие в решении важнейших вопросов по реализации национальной ядерной энергетической программы, развитию необходимой инфраструктуры, в том числе для обеспечения безопасности. Рекомендации и предложения экспертов положены в основу национальных планов действий.

По результатам стресс-тестов, которые Беларусь провела на добровольной основе в 2016–2018 годах, дефицитов безопасности на АЭС не выявлено. В ходе стресс-тестов оценивались наличие «запасов безопасности» сверх требований, установленных национальным законодательством, надежность станции на случай стихийных бедствий, а также различных техногенных аварий. Кроме того, анализировались риски, связанные с человеческим фактором.

По результатам стресс-тестов Госатомнадзор подготовил национальный план действий, обобщивший рекомендации белорусских и европейских экспертов. Ключевые мероприятия плана, касающиеся дополнительных систем и оборудования для обеспечения безопасности Белорусской АЭС, уже выполнены.

На площадке БелАЭС и на 10 постах автоматической системы радиационного контроля (АСКРО) круглосуточно отслеживается состояние радиационной обстановки. Информация о результатах радиационного мониторинга доступна онлайн на сайте БелАЭС. Сведения о текущей мощности дозы гамма-излучения также отображаются на информационных табло в населенных пунктах Ворняны,



Подольцы, Рымдюны, Гоза, Чехи, Маркуны, Чернишки, Ольховка, Свирь. БелАЭС регулярно обменивается данными с заинтересованными госорганами и ведомствами.

Продолжается сотрудничество с Госкорпорацией «Росатом» по вопросам эксплуатации АЭС и ее безопасности. Одно из направлений взаимодействия – строительство в Беларуси пункта захоронения радиоактивных отходов (ПЗРО). Создана Белорусская организация по обращению с радиоактивными отходами (РУП «БелРАО») – национальный оператор в этой области. С топливным дивизионом «Росатома» – АО «ТВЭЛ» заключено долгосрочное соглашение о сотрудничестве, предусматривающее взаимодействие по вопросам технологий, которые будут использоваться в ПЗРО.

Среди других направлений сотрудничества – внедрение цифровых инноваций, в том числе создание цифровых двойников и тренажеров для объектов атомной и неатомной энергетики. Есть и серьезные проекты в сфере аддитивных технологий.

Подготовка кадров для атомной энергетики

В ходе общения с участниками пресс-тура генеральный директор РУП «Белорусская атомная электростанция» Сергей Бобович отметил, что одним из основных рисков для безопасности является человеческий фактор, поэтому вопросу подготовки персонала уделяется особое внимание.



Еще в 2016 году на БелАЭС был введен в эксплуатацию учебно-тренировочный центр, где ежегодно проходят обучение более 1,5 тыс. специалистов станции. Создание центра с опережением позволило АЭС задолго до ввода в промышленную эксплуатацию первого энергоблока выстроить собственную систему подготовки персонала: укомплектовать УТЦ инструкторами, ввести технические средства обучения (полномасштабный и аналитические тренажеры, стенды, макеты, образцы оборудования), разработать учебно-методические материалы и программы подготовки, обучить эксплуатационный персонал до начала пусконаладочных работ на системах и оборудовании станции.



Система подготовки кадров для АЭС в Беларуси выстроена по всем направлениям. Сергей Бобович сообщил, что сегодня станция укомплектована необходимым персоналом на 100 %, и это практически полностью белорусские специалисты. Их готовят отечественные вузы, впоследствии специалисты проходят повышение квалификации и обмениваются опытом в рамках сотрудничества с российскими учебными заведениями, технической и корпоративной академиями «Росатома».

Кроме того, персонал БелАЭС проходит стажировки за рубежом. Идет также тесное взаимодействие в вопросах подготовки кадров для АЭС с Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) и Всемирной ассоциацией организаций, эксплуатирующих атомные электростанции (ВАО АЭС). «Наши специалисты уже являются экспертами по многим направлениям. И мы содействуем внедрению лучших практик на других объектах. Мы полностью окунулись в мировую атомную практику и полноценно там себя чувствуем», – подчеркнул Сергей Бобович.

Второй АЭС быть?

В последнее время общественность активно обсуждает возможность строительства третьего энергоблока или второй атомной станции в Беларуси. Эту тему прокомментировал заместитель Министра энергетики Денис Мороз: «Этот вопрос требует системного анализа и принятия конечного решения. У Министерства энергетики есть задача от Правительства по разработке технико-экономического обоснования. Мы в настоящий момент изучаем перспективы. Видим тренды достаточно бурного роста потребления электрической энергии. Если мы совместно с учеными придем к пониманию, что эти тренды устойчивые, тогда, конечно, технико-экономическое обоснование нам покажет, насколько эффективным может быть либо строительство нового энергоблока атомной станции на существующей площадке, либо создание еще одной станции на новой».

Заместитель Министра также сообщил, что обоснование должно быть подготовлено в 2025 году.

Определены победители X республиканского конкурса «ЛИДЕР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ – 2024»



12 ноября в «Президент-Отеле» состоялась церемония вручения наград победителям X республиканского конкурса «Лидер энергоэффективности Республики Беларусь». Конкурс по традиции был приурочен к Международному дню энергосбережения. В мероприятии приняли участие заместитель Министра энергетики Ольга Прудникова и первый заместитель генерального директора ГПО «Белтопгаз» Дмитрий Шавловский.

В этом году конкурс прошел под знаком Года качества. Его организаторы акцентировали внимание на уровне качества, инновационности, технологичности реализованных проектов, возможности их масштабирования. По итогам конкурса вручено 68 конкурсных и 7 специальных наград предприятиям и организациям, лидирующим в продвижении приоритетов энергоэффективности и энергосбережения.

Председатель наблюдательного совета конкурса – заместитель Министра энергетики Республики Беларусь Ольга Прудникова поблагодарила победителей за слаженную работу. Она подчеркнула, что экономия ресурсов, снижение себестоимости производимой продукции, улучшение ее конкурентоспособности обеспечивают национальную энергетическую, экономическую и экологическую безопасность.

Предприятия энергетической сферы стали лауреатами конкурса в следующих номинациях:

- **«Предприятие года – Лидер энергоэффективности Республики Беларусь»:** РУП «Белорусская атомная электростанция», УП «Витебскоблгаз», УП «МИНГАЗ» (дипломы 1-й степени);

- **«Энергоэффективная технология года»:** филиал «Гомельская ТЭЦ -2» РУП «Гомельэнерго», РУП «Гродноэнерго», УП «Витебскоблгаз» (дипломы 1-й степени); УП «МИНГАЗ» (дипломы 1-й и 3-й степени); УП «Брестоблгаз», УП «Гродноблгаз», РУП «Могилевоблгаз», РПУП «Гомельоблгаз», УП «МИНСКОБЛГАЗ» (дипломы 2-й степени);

- **«Технологии. Проекты года, основанные на использовании возобновляемых источников энергии»:**





РУП «Белнипиэнергопром» (диплом 1-й степени), УП «Витебскоблгаз» (диплом 2-й степени);

- **«Технологии, решения и проекты года в области цифровой трансформации и автоматизации»:** филиал «Инженерный центр» РУП «Гомельэнерго», филиал «Мозырские электрические сети» РУП «Гомельэнерго», УП «МИНГАЗ», УП «Витебскоблгаз» (дипломы 1-й степени); УП «МИНСКОБЛГАЗ» (диплом 2-й степени);

- **«Проекты года по использованию электрической энергии для повышения эффективности энергосистемы Республики Беларусь»:** УП «МИНГАЗ», УП «Витебскоблгаз» (дипломы 3-й степени);

- **«Реализованный проект, мероприятие года в сфере энергоэффективности, ресурсосбережения и экологической безопасности»:** филиал «Минская ТЭЦ-4» РУП «Минскэнерго», РУП «Гродноэнерго», УП «Гродно-

облгаз» (дипломы 1-й степени); филиал «Березовская ГРЭС» РУП «Брестэнерго» (диплом 2-й степени);

- **«Энергоэффективная технология года»:** ОАО «Новогрудский завод газовой аппаратуры» (диплом 1-й степени);

- **«Энергоэффективный продукт года»:** филиал «Учебный центр» РУП «Витебскэнерго», РУП «Белгазтехника» (дипломы 1-й степени); УП «Витебскоблгаз», ОАО «БЕЛГАЗСТРОЙ» – управляющая компания холдинга (дипломы 2-й степени); РПУП «Гомельоблгаз» (диплом 3-й степени);

- **«Энергоэффективное здание, сооружение года»:** РУП «НИИ Белгипротопгаз» (диплом 1-й степени), УП «МИНГАЗ» (диплом 2-й степени).

Одним из главных событий стало вручение гран-при, его обладателем стало УП «Витебскоблгаз» – «за успешное внедрение принципов эффективного управления в системе подведомственных структур, активную поддержку социальных программ региона и создание позитивного современного профиля предприятия энергосистемы страны».

В десятку сильнейших участников за всю историю существования конкурса вошли УП «МИНГАЗ» (29 наград), УП «Витебскоблгаз» (27), УП «МИНСКОБЛГАЗ» (21), РУП «Гомельэнерго» с филиалами (16), РУП «Гродноэнерго» (11), РПУП «Гомельоблгаз» (10), УП «Брестоблгаз» (7), РУП «Витебскэнерго» с филиалами (6).

*Пресс-служба Департамента по энергоэффективности
Госстандарта*



Поздравляем победителей и лауреатов конкурса!

МИРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Пересмотрен прогноз по мировому потреблению газа

По прогнозу экспертов Форума стран – экспортеров газа (ФСЭГ), в 2024 году мировое потребление природного газа может вырасти на 2,3 %. За девять месяцев в основных странах-потребителях оно выросло на 2,8 % (в годовом выражении – до 1,798 трлн м³). Спад спроса на этот энергоресурс в ЕС и Великобритании компенсировался его увеличением в Азии и Северной Америке.

Пересмотр изначального прогноза обусловлен в первую очередь более быстрым, чем ожидалось, ростом потребления в ключевых странах, на долю которых в совокупности приходится 60 % спроса на природный газ. В следующем году прирост мирового потребления газа ожидается на уровне текущего – 2,3–2,5 %.

В январе – августе этого года основными покупателями российского газа в Евросоюзе стали Франция, Венгрия и Испания. Россия поставила в регион на € 9 млрд голубого топлива, при этом вновь в экспорте страны доминировал трубопроводный газ. На него пришлось € 4,6 млрд, на СПГ – € 4,4 млрд. Франция за восемь месяцев увеличила закупки на 30 %, до € 1,9 млрд. Венгрия опустилась на второе место, сократив импорт почти на треть, до € 1,6 млрд. Испания замкнула тройку лидеров с показателем в € 1,4 млрд.

В Казахстане могут реализовать пять проектов по производству водорода

Казахстан рассчитывает реализовать пять проектов по производству водорода. Прогнозируется, что к 2027 году его объем в стране может достигнуть 10 тыс. т, к 2029-му – 18 тыс. т, к 2030-му – 25 тыс. т. При этом доля зеленого водорода должна составлять не менее 50 %.



Казахстан хочет развивать как внутренний рынок водорода, так и экспорт. Согласно Концепции развития водородной энергетики страны, к 2030 году на ее территории может быть построено несколько хранилищ водорода общей емкостью не менее 100 тыс. м³ и несколько водородопроводов длиной не менее 100 км. Как минимум в трех городах республики к 2030 году будут запущены водородные автобусы и небольшие сети водородных АЭС.

Ожидается, что доля водорода в энергосистеме Казахстана составит не менее 0,25 %. На экспорт планируется направить не менее 5 тыс. т водорода к 2028 году. Через год экспорт может быть увеличен до 10 тыс. т, а к 2030-му – до 15 тыс. т.

В Китае падает спрос на ископаемые виды топлива

Эксперты МЭА считают Китай главным драйвером мирового отказа от нефти и других видов ископаемых ресурсов. Процессу способствует активный переход страны на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и упадок «грязных» отраслей, в том числе производства стали и цемента.

Рост мощностей ВИЭ уже привел к тому, что доля нефти и других жидких углеводородов в структуре энергопотребления КНР к концу 2022 года составила всего 17,9 %. Аналогичный показатель для природного газа к этому времени просел до 8,4 %, а доля неископаемых видов топлива, напротив, увеличилась до 17,5 %, вплотную приблизившись к доле нефти.

При этом Китай прагматично делает ставку на более дешевую угольную генерацию, доля которой в энергобалансе страны в конце 2022 года выросла до 56,2 % и остается примерно на том же уровне. За последние годы властям Китая удалось сформировать долгосрочную структуру энергопотребления, основанную на угле, которая будет использоваться на этапе перехода к безуглеродной экономике.

Сокращение спроса на нефть в КНР во многом обусловлено взрывным ростом внутреннего рынка электромобилей. В 2023 году их выпуск вырос на 35,8 %, а продажи увеличились на 37,9 %, что делает Китай одним из мировых лидеров в этой области.

В Японии запрещен перезапуск реактора АЭС «Цуруга-2»

Японский орган по надзору за ядерной энергетикой официально запретил повторный запуск реактора в северной части страны. Для Токио это репутационный удар – перезапуск АЭС планировали провести как можно быстрее с максимальным наращиванием их мощности.

Реактор АЭС «Цуруга-2» был введен в эксплуатацию в феврале 1987 года. С мая 2011-го он не работает, так как Управление по ядерному регулированию (NRA) назвало его непригодным из-за рисков безопасности. Проверяющие обнаружили под станцией активные линии разлома, которые могут привести к катастрофе во время землетрясения. В сейсмоопасной Японии запрещено строить ключевые ядерные объекты в таких местах.

Окончательный вердикт вынесли после более чем 8 лет проверок, которые неоднократно срывались из-за сокрытия данных и ошибок оператора АЭС. Это первый случай от-



каза в перезапуске реактора в Японии в соответствии со стандартами безопасности, принятыми в 2013 году после катастрофы 2011 года на АЭС «Фукусима-1».

В 2022 году правительство Японии приняло план по максимальному использованию ядерной энергии. Из более чем 50 коммерческих АЭС 27 подали заявки на перезапуск, 17 из них были одобрены. Токио стремится к достижению углеродной нейтральности к 2050 году.

Американский регулятор в области энергетики отменил плату за реактивную мощность

Федеральная комиссия по регулированию энергетики (FERC) США, вопреки возражениям производителей электроэнергии, запретила производить выплаты владельцам электростанций за поставки реактивной мощности в пределах установленного диапазона изменения коэффициента мощности. По мнению FERC, это гарантирует, что поставщики услуг по передаче электроэнергии не будут взимать с потребителей не имеющую достаточного экономического обоснования плату за поставки реактивной мощности, которая не требуется для поддержания качества электроэнергии.

В результате выдаваемая в сеть генерирующей установкой реактивная мощность будет оплачиваться только в случае выдачи ее по запросу поставщика и за пределами диапазона изменения коэффициента мощности, установленного в договоре о техприсоединении.

Противники решения заявляют, что FERC ошибается в том, что обеспечение выдачи реактивной мощности в пределах установленного диапазона изменения коэффициента мощности требует минимальных затрат.

Газ в Европе рекордно подорожал

Стоимость газа на лондонской бирже ICE превысила \$ 500 за тысячу кубометров впервые с ноября 2023 года.

Как отмечают эксперты, топливо в Европе растет в цене на фоне похолодания и начала отопительного сезона. На цены также повлияло снижение выработки ветроэлектростанциями, что подстегнуло спрос на топливо. Однако, по мнению аналитиков, рост цен окажется недолгим. По данным Gas Infrastructure Europe, газовые хранилища в Европе заполнены на 93,6 %, что выше среднего показателя за последние пять лет.

Согласно данным Статистической службы Евросоюза, по итогам первых восьми месяцев 2024 года лидерами по темпам роста доли в поставках газа в страны ЕС стали

Россия и Алжир. Доля России в структуре европейского импорта газа в январе – августе увеличилась на 4,6 п.п. – до 18,3 %. В свою очередь, показатель Алжира за отчетный период вырос на 4,9 п.п. и достиг отметки 21,3 %.

В России разработан новый способ получения зеленого водорода

Ученые НИУ «МЭИ» представили новый способ синтеза дешевых электрокатализаторов для получения зеленого водорода методом низкотемпературного электролиза воды. Метод основан на расщеплении молекул воды на водород и кислород при низких температурах, обычно ниже 100 °С. Этот процесс происходит при протекании тока через электролит (чаще всего раствор кислоты или щелочи).



Одним из направлений исследований является поиск одноатомных молекулярных электрокатализаторов реакции выделения водорода, не содержащих соединений платины. Одноатомные катализаторы на основе молекулярных комплексов, синтезированных в соответствии с принципами зеленой химии (то есть исключая негативное влияние на здоровье человека и окружающую среду) и экономии платины, показали высокие характеристики при использовании в реакции выделения водорода.

Получение зеленого водорода из воды с применением ВИЭ позволяет исключить загрязняющие природу выбросы. Разработка российских ученых является шагом вперед к снижению стоимости водорода и ускорению внедрения передовых электрохимических технологий.

Подписано соглашение о сотрудничестве прибалтийских системных операторов

Электросетевые компании стран Балтии – литовская Litgrid, латвийская AST и эстонская Elering – подписали соглашение, определяющее принципы сотрудничества системных операторов после присоединения Прибалтики к синхронной сети континентальной Европы. Соглашение вступит в силу с момента синхронизации энергосистем этих стран с европейским энергообъединением, которая запланирована на 9 февраля 2025 года.

Целью присоединения является обеспечение оптимального управления и технического развития энергосистем трех стран. Соглашение создаст правовую основу для сотрудничества по вопросам, которые не охватыва-



ются системными кодексами или рамочным соглашением о синхронизации. Прибалтийская синхронная зона станет одной из пяти в энергообъединении. Остальные зоны образуют энергосистемы скандинавских стран, Центральной, Юго-Восточной и Юго-Западной Европы. На поддержку синхронизации Евросоюз выделяет около € 1,2 млрд, что покрывает до 75 % расходов по проекту.

Раньше энергетика стран Балтии была тесно связана с энергосистемами соседних государств – России и Беларуси. В феврале 2025 года договор об электроснабжении в рамках энергокольца БРЭЛЛ (Беларусь, Россия, Эстония, Латвия, Литва) перестанет действовать. Прибалтика, которая был единственным регионом, не подключенным к континентальной европейской сети, объединится с энергосистемой ЕС.

В США прошла новая волна закрытий НПЗ

США являются крупнейшим потребителем бензина и дизельного топлива в мире. Доля Соединенных Штатов в общемировом спросе на моторное топливо достигает 12 %, но постепенно страна переходит на гибридный и электрический транспорт. Так, в Калифорнии продажи машин на ДВС будут запрещены с 2035 года, в связи с чем в этом штате больше всего закрывающихся или выставленных на продажу нефтеперерабатывающих заводов.

По данным Управления энергетической информации США (IEA), страна прошла пик спроса на бензин и дизтопливо еще в 2018 году. Тогда он достигал 9,3 млн б/с, а сейчас не превышает 8,9 млн б/с. Тенденция плавного снижения спроса продолжится и в будущем.

Что касается НПЗ, то они устаревают и требуют все больших затрат на модернизацию. По данным IIR Research, в 2023 году число простоев нефтеперерабатывающих мощностей из-за ремонтов выросло на 20 % по сравнению с 2019 годом.

Американская нефтехимическая компания LyondellBasell планирует в начале будущего года закрыть завод в Хьюстоне мощностью 264 тыс. б/с. В текущем году это уже четвертый американский НПЗ, владельцы которого объявили об окончательном прекращении производства. Так, в октябре стало известно об остановке в 2025 году НПЗ Phillips 66 и двух заводов Valero Energy в Калифорнии (мощностью 139; 91,3 и 145 тыс. б/с соответственно).

Это уже не первая волна закрытий НПЗ в США. С 2017 по 2022 год в стране закрылось 9 предприятий общей мощностью 1,2 млн б/с.

Франция перезапустила главную угольную ТЭС из-за рисков дефицита электроэнергии

Перезапущена одна из двух главных угольных электростанций Франции – Saint-Avold. Причиной послужил риск дефицита электроэнергии.

В сентябре 2023 года президент Эммануэль Макрон заявил, что к 2027 году на ТЭС окончательно откажутся от использования угля. Для этого станция готовится к повторной конверсии. В разработке два проекта: один по использованию биомассы, второй – по применению газа. Решение, на какое топливо в будущем перейдет станция, до сих пор не принято.

Ранее СМИ писали, что в зимний период европейские страны могут столкнуться с перебоями в поставках газа. Ситуация может усугубиться из-за потенциального прекращения транзита российского трубопроводного газа в Европу через территорию Украины, так как срок действия контракта с «Газпромом» истекает в конце 2024 года.

Россия ввела временный запрет на поставки урана в США

Эксперты уверены, что введенный Россией временный запрет на поставки обогащенного урана в США ударит по американской энергетике. Ожидается, что США придется искать альтернативные источники этого ресурса, а это может повлиять на цены на энергоносители и стабильность поставок.

По данным Министерства энергетики США, Россия обеспечивает около 44 % мировых обогатительных мощностей и поставляет около 35 % всего ядерного топлива, импортируемого США. Кроме того, будучи ключевым игроком на рынке обогащения урана, Россия существенно влияет и на глобальные цепочки поставок этого ресурса.

Решение о временном ограничении экспорта обогащенного урана в США распространяется также на внешнеторговые соглашения с лицами, зарегистрированными в юрисдикции Соединенных Штатов. Исключение сделано лишь для поставок по разовым лицензиям, которые будет выдавать Федеральная служба по техническому и экспортному контролю.

В Словакии продлили соглашение на поставку российского топлива для АЭС

Власти Словакии продлили до 2030 года соглашение на поставку российского ядерного топлива для АЭС «Моховце» и «Богунце», построенных в стране по советскому проекту.

Оператор атомных станций, компания Slovenské elektrárne, еще в 2019 году заключила соглашение о поставках ядерного топлива с АО «ТВЭЛ», а теперь воспользовалась выгодной опцией от поставщика и продлила договор еще на четыре года, тем самым защитив себя от скачков цен и других рисков на рынке ядерного топлива.

Подготовлено по материалам международных энергетических агентств, информационных порталов



А.П. ШЕРШЕНЬ,
заместитель генерального
директора ГПО «Белэнерго»

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РЫНОК ЕАЭС – ФЛАГМАН ЕВРАЗИЙСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ

Значительные изменения в мировой экономике, геополитическая неопределенность, энергетический кризис в Евросоюзе, снижение роли и авторитета ряда международных организаций привели к растущей экономической взаимозависимости государств, отдельных регионов и их рынков. В этих условиях ускорились интеграционные процессы в рамках Евразийского экономического союза, созданного немногим более 10 лет назад. По мнению экспертов, флагманом евразийской энергетической интеграции стал общий электроэнергетический рынок, который должен начать функционировать в 2027 году.

Немного истории

Взаимодействие стран постсоветского пространства имеет глубокие исторические и культурные корни. На протяжении многих десятилетий они активно сотрудничали в промышленной, транспортной, топливно-энергетической и других сферах. Это стало глобальной предпосылкой для активизации интеграционных процессов и формирования нового экономического объединения – Евразийского экономического союза (ЕАЭС).

Первым шагом на этом пути стало создание в 2000 году Евразийского экономического сообщества (ЕврАзЭС). В 2010-м был основан Таможенный союз, в который вошли Республика Беларусь, Республика Казахстан и Российская Федерация. В 2012 году эти страны образовали Единое экономическое пространство (ЕЭП), а в 2014-м был подписан Договор о Евразийском экономическом союзе. Годом позже к нему присоединились Республика Армения и Кыргызская Республика.

ЕАЭС был создан в целях всесторонней модернизации, кооперации и повышения конкурентоспособности национальных экономик стран-участниц и создания условий для их устойчивого развития. Сегодня Союз – это огромный рынок с населением более 185 млн человек, функционирующий по единым правилам. Его совокупный валовой внутренний продукт составляет \$ 2391,9 млрд. В 2021 году

объем внешней торговли товарами ЕАЭС с третьими странами превысил \$ 988,2 млрд. Промышленное производство в странах Союза показывает стабильный рост (в 2023 году – 103,7 % к уровню 2022-го).

Одной из основ евразийской интеграции стал Таможенный союз ЕАЭС, который начал действовать с 2010 года. Если для государств ЕврАзЭС (ЕЭП) членство в нем было необязательным, то с созданием ЕАЭС Таможенный союз стал его неотъемлемой частью, а все страны-участницы автоматически вошли в него.

Таможенный союз ЕАЭС предусматривает создание комфортных условий торговли между государствами ЕАЭС. Основными его целями являются увеличение товарооборота и рынка сбыта, стимуляция производства качественной конкурентоспособной продукции и защита рынков стран, входящих в ЕАЭС, одним словом – развитие экономики за счет улучшения условий торговли.

Создание Таможенного союза пяти стран позволило:

- сформировать единое таможенное пространство, обеспечивающее ускоренное прохождение бюрократических процедур, необходимый уровень свободы движения товаров, услуг, капитала, рабочей силы;
- отменить таможенные пошлины, что способствовало снижению цен на товары, а значит, повышению их конкурентоспособности;

- унифицировать методы оценки качества продукции;
- обеспечить возможность равных условий трудоустройства для граждан стран ЕАЭС.

Основой процесса экономической интеграции ЕАЭС стало развитие топливно-энергетического комплекса, как ключевой сферы экономики, имеющей колоссальный технологический и экономический потенциал для будущего развития государств евразийского пространства. Так, в 2021 году объем взаимной торговли газом составил 34,67 млрд м³, нефтью – 24,15 млн т, внутренние поставки электроэнергии достигли 4,1 млрд кВт·ч. Что касается электроэнергетики ЕАЭС, то общая установленная мощность генерирующих источников приблизилась к 300 ГВт, а выработка превысила 1327 млрд кВт·ч (рис. 1, 2).

Правовая база общих рынков энергоресурсов

В рамках реализации скоординированной энергетической политики страны ЕАЭС поэтапно осуществляют формирование общих рынков энергоресурсов – электроэнергии, газа, нефти и нефтепродуктов. По мнению экспертов, процесс создания общего электроэнергетического рынка ЕАЭС (далее – ОЭР) идет впереди многих других интеграционных процессов.

	РА	РБ	РК	КР	РФ	ЕАЭС
Установленная мощность, ГВт	3,934	12,686	24,639	4,017	254,288	299,504
Выработка, млрд кВт·ч	8,455	41,080	112,814	13,622	1151,6	1327,571
Потребление, млрд кВт·ч	7,312	41,1	115,05	16,735	1139,2	1319,397
Импорт, млрд кВт·ч	0,097	0,031	5,004	3,434	данные отсутствуют	–
Экспорт, млрд кВт·ч	1,24	0	2,769	0,136	10,7	14,845



Рис. 1. Общие показатели электроэнергетической отрасли государств – членов ЕАЭС за 2023 год

Энергетический рынок – это прежде всего инфраструктурная основа экономики. На национальном уровне он имеет множество особенностей и ограничений, усложняющих межгосударственную интеграцию. В их числе несогласованность моделей экономического развития, разные структуры рынков, различия в законодательстве, регулирующем энергетику, и т.д.

Для достижения интеграционных компромиссов в рамках ЕАЭС была проделана большая работа по форми-

рованию общей правовой базы функционирования энергетических рынков, использования и развития единой энергетической инфраструктуры.

Прежде всего были созданы консультативные и рабочие органы (рис. 3), в состав которых со стороны Республики Беларусь вошел ряд представителей Министерства энергетики и ГПО «Белэнерго». За прошедшие 10 лет этими органами был разработан ряд основополагающих документов, в том числе раздел XX «Энергетика»

Договора о ЕАЭС, предусматривающий создание ОЭР, а также принципы, концепция и программа формирования ОЭР (рис. 4).

29 мая 2019 года главы государств – членов Союза подписали Протокол о внесении изменений в Договор о ЕАЭС (в части формирования ОЭР). Протокол, вступивший в силу 5 апреля 2022 года, включил новую редакцию приложения № 21 к Договору, определявшего основы функционирования ОЭР.

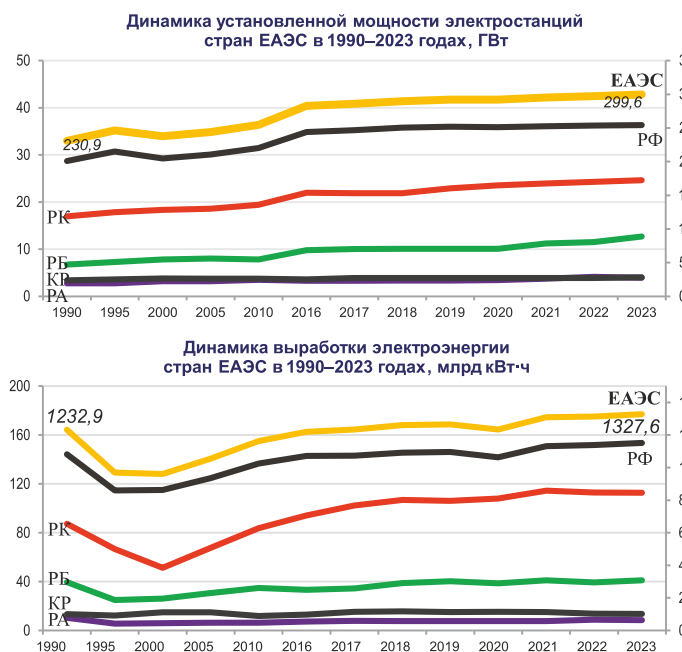


Рис. 2. Экспортно-импортный потенциал государств – членов ЕАЭС в 1990–2023 годах

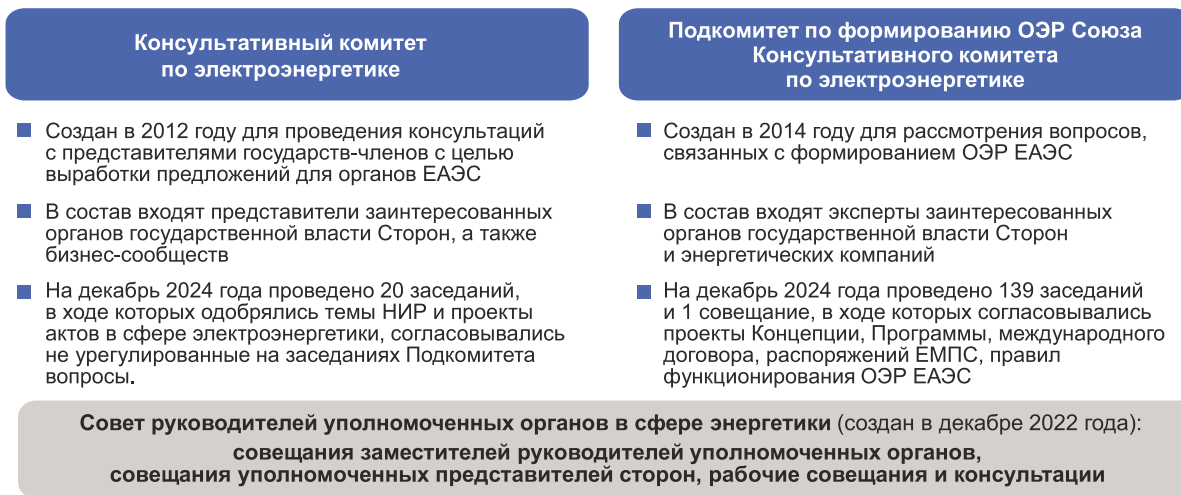


Рис. 3. Консультативные и рабочие органы ЕАЭС в сфере электроэнергетики

В соответствии с пунктом 42 Протокола Высший Евразийский экономический совет (ВЕЭС) своим Решением от 20 декабря 2019 года № 31 утвердил План мероприятий, направленных на формирование ОЭР. Планом установлены сроки утверждения правил функционирования ОЭР, других актов, разработка которых предусмотрена Протоколом.

На сегодняшний день в рамках выполнения Плана разработаны и утверждены Дорожная карта реализации мероприятий, направленных на формирование ОЭР (в том числе касающихся принятия актов, предусмотренных Про-

токолом), а также документы, регламентирующие на этом рынке правила:

- доступа к услугам по межгосударственной передаче электрической энергии (мощности);
- взаимной торговли электрической энергией;
- определения и распределения пропускной способности межгосударственных сечений;
- информационного обмена.

Последний документ был утвержден Евразийским межправительственным советом (ЕМПС) в начале октября текущего года и стал завершающим в комплекте правил функциониро-

вания ОЭР, предусмотренных Договором о ЕАЭС.

В настоящее время ведется разработка регламентов торговли и формы договора о присоединении к ОЭР субъектов, желающих вести торговлю электроэнергией с партнерами по евразийской «пятерке» (рис. 5).

Обеспечение централизованной торговли электроэнергией

Главным преимуществом централизованной торговли электрической энергией на ОЭР является прозрачное



Рис. 4. Основные принятые документы ЕАЭС в сфере электроэнергетики по состоянию на 1 октября 2024 года

ДО ЗАПУСКА РЫНКА

Проект формы договора о присоединении к ОЭР ЕАЭС и его приложения (регламенты):

- регламент допуска к торговле на ОЭР ЕАЭС;
- регламент конкурентного отбора на сутки вперед;
- регламент определения доступной пропускной способности и свободной пропускной способности по способам торговли;
- регламент определения объемов поставки электрической энергии по свободным двусторонним договорам, срочным договорам и сделкам на сутки вперед;
- регламент регистрации и учета свободных двусторонних договоров;
- регламент финансовых расчетов;
- регламент обеспечения исполнения обязательств;
- регламент обмена электронными документами между регистратором и субъектами ОЭР ЕАЭС;
- порядок ведения реестра субъектов ОЭР ЕАЭС

ПОСЛЕ ЗАПУСКА РЫНКА

- Порядок мониторинга функционирования общего электроэнергетического рынка ЕАЭС
- Положение о развитии межгосударственных электрических сетей

Рис. 5. Перечень документов, которые должны быть приняты до и после запуска ОЭР

рыночное формирование цен с использованием биржевых механизмов исходя из спроса и предложения.

Биржевую торговлю электроэнергией по срочным контрактам планируется организовать на трех торговых площадках. Распоряжением Совета Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) от 25 ноября 2022 года № 48 операторами централизованной торговли по срочным контрактам на ОЭР определены:

- АО «Белорусская универсальная торговая биржа» (АО «БУТБ»);
- АО «Казахстанский оператор рынка электрической энергии и мощности» (АО «KOREM»);
- АО «Санкт-Петербургская Международная Товарно-сырьевая Биржа» (АО «СПБМТСБ»).

Операторы будут оказывать участникам ОЭР услуги по организации торговли электрической энергией, включая проведение торговых сессий, а также определять объемы, цену и стоимость электроэнергии.

8 июня 2023 года на заседании ЕМПС главы правительств согласовали назначение российского АО «Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии» (АО «АТС») оператором централизованной торговли электроэнергией на сутки вперед. В его задачи входят организация данного вида торговли и определение для его участников объемов (количества), цены и стоимости электроэнергии. Кроме того, АО «АТС» определено регистратором по сопровождению процессов торговли электроэнергией на ОЭР.

На ОЭР между его участниками будет организована также взаимная торговля электроэнергией по свободным двусторонним договорам.

У белорусской стороны по каждому из общих рынков энергоресурсов есть свои приоритеты – и относительно торговых сегментов, и по срокам создания. ОЭР для нас, как и для других государств, импортирующих природный газ, интересен в тандеме с общим рынком газа. Вместе с тем мы видим возможность существования более ранних торговых отношений в электроэнергетике посредством участия в процессе уполномоченных организаций государств-членов. Таким образом, прослеживается вероятность двухэтапного развития ОЭР. Соответствующие условия зафиксированы в Протоколе.

ОЭР в контексте достижения целей устойчивого развития в энергетике

В завершение стоит отметить, что развитие цивилизации неразрывно связано с использованием энергии, потому что в современном мире удовлетворение базовых потребностей человека невозможно без доступа к энергетической инфраструктуре.

Обеспечение доступа к источникам энергии требует особого внимания. Оно является одной из 17 целей устойчивого развития (ЦУР) и отмечено в Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 года

(утверждены резолюцией Генеральной ассамблеи ООН от 25 сентября 2015 года). ЦУР № 7 предусматривает «обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии». Это актуальная задача и для стран ЕАЭС. В отличие от Беларуси не все государства – члены ЕАЭС входят в число европейских лидеров по доступности электроэнергии (дешевизне киловатт-часа). Это подтверждает необходимость формирования общих энергетических рынков Союза, которые позволят обеспечить недискриминационный доступ к источникам электроэнергии по прозрачным рыночным ценам для населения и промышленных потребителей.

Полагаю, что создание ОЭР приведет также к повышению уровня надежности электроснабжения, эффективности использования природных ресурсов, генерирующих и передающих мощностей, оптимизации инвестиций в электроэнергетику и, самое главное, позволит обеспечить коллективную энергетическую безопасность.

На сегодняшний день формирование ОЭР является не просто одной из задач в рамках выполнения Договора о создании ЕАЭС, а необходимым условием расширения интеграционного взаимодействия между государствами Союза, платформой для дальнейшего развития конкурентного потенциала в промышленном секторе наших стран.



В.Р. КОЛИК,
начальник отдела учета и
качества электроэнергии
РУП «Белэнергосетьпроект»



М.А. ДРАКО,
м.т.н., заведующий
ЭТЛ отдела учета и
качества электроэнергии
РУП «Белэнергосетьпроект»



О.А. МОЙСЕНКО,
заместитель заведующего
ЭТЛ отдела учета и
качества электроэнергии
РУП «Белэнергосетьпроект»



ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ. ИЗМЕРЕНИЕ, АНАЛИЗ И ВЫЯВЛЕНИЕ ВИНОВНИКОВ ИХ НЕСООТВЕТСТВИЯ НОРМАМ

В первой части статьи, опубликованной в журнале № 5, 2024, рассматриваются проблемы обеспечения показателей и норм качества электрической энергии, установленных ГОСТ 32144-2013, в сетях разного номинального напряжения. Во второй части материала обобщен практический опыт и представлены главные результаты выполненных работ в области качества электроэнергии, в том числе измерений, проводимых аккредитованной электротехнической лабораторией с применением современных анализаторов показателей качества электроэнергии (ПКЭ).

Часть 2

Требования к средствам измерений ПКЭ

В [3] и [4] под средствами измерений (СИ) подразумевают анализаторы ПКЭ. В то же время при подключении анализатора к вторичным цепям через трансформаторы тока и напряжения (ТТ и ТН) сами трансформаторы также становятся СИ и элементами измерительных каналов. В этом случае к ТТ и ТН предъявляются требования не ниже чем к системам телеизмерений.

В электросетях применяются стационарные и переносные анализаторы ПКЭ. Места установки стационарных анализаторов определяются согласно требованиям ГОСТ 32144-2013 [1], а применительно к подстанциям требования к размещению приборов конкретизируются в [12]. Электрическое присоединение, к которому подключаются токовые входы, определяется проектом.

Для обеспечения наблюдаемости качества электроэнергии в сетях должен быть организован дистанционный сбор данных о его несоответствиях нормам со стационарных анализаторов ПКЭ [1], желательно в темпе процесса. Для повышения наблюда-

емости рекомендуется также использовать соответствующие данные со счетчиков электроэнергии, имеющих функции измерения ПКЭ. В связи с этим в перспективе целесообразно расширить функциональность счетчиков с дальнейшей их интеграцией в систему контроля и мониторинга электроэнергии (СМКЭ).

Характеристики СИ, применяемых для измерения высших гармоник и интергармоник, установлены в [3].

При измерении кратковременных и длительных доз фликера согласно [13] вместе с анализатором ПКЭ должен применяться фликерметр класса F1. Для мониторинга ПКЭ могут использоваться фликерметры класса F3. Важно отметить, что если анализатор имеет функцию измерения фликера, то использование отдельного фликерметра не требуется.

Анализатор ПКЭ должен:

- быть включенным в Государственный реестр средств измерений и стандартных образцов Республики Беларусь и иметь свидетельство о калибровке/поверке с неистекшим сроком действия;
- обеспечивать измерение режимных показателей электросети: напряжений и токов высших гармоник (либо соответствующих коэффициентов несинусоидальности), углов

фазового сдвига (в первую очередь между токами и напряжениями) или (и) мощностей высших гармоник;

- иметь внутреннюю энергонезависимую память, позволяющую архивировать результаты измерений и другую информацию за период не менее 7 суток, а также резервное питание (аккумуляторную батарею).

Для обработки результатов измерений должно использоваться ПО, поставляемое (разработанное) производителем анализатора ПКЭ. Как анализатор, так и ПО должны иметь функцию маркирования данных, которые не учитываются при оценке соответствия ПКЭ нормам (согласно п. 5.2.5 [2] такие данные не должны превышать 5 % от общего числа усредненных на 10-минутных интервалах значений ПКЭ в каждые сутки из общего времени непрерывных измерений).

Поскольку неопределенность измерения текущего времени для анализатора класса А не должна превышать ± 20 мс, при измерениях в системах электроснабжения частотой 50 Гц требуется возможность синхронизации времени посредством GPS или сети Интернет на протяжении всего периода измерений.

Кроме того, для переносных анализаторов ПКЭ должен предусматриваться комплект токовых клещей раз-

личных номиналов, чтобы обеспечить надлежащую точность измерений. Клещи должны подключаться без разрыва токовых цепей (по принципу катушки Роговского или аналогично).

Желательно также, чтобы имелась возможность скачивания первичных измерений (мгновенных значений фазных токов и напряжений) в отображаемом формате (например, в EXCEL).

Проведение измерений и анализ результатов: нормативные требования и реальный опыт

Нормируемые ПКЭ, как указывалось выше, измеряются в соответствии с [1]. Измерения ненормируемых ПКЭ, необходимых для анализа ПКЭ и режимных показателей сети, регламентированы [8] и [9].

При подключении анализаторов ПКЭ к вторичным цепям тока и напряжения должны использоваться вторичные обмотки ТТ и ТН классов точности не хуже 0,5. По нашему мнению, для увеличения точности могут использоваться вторичные обмотки учета электроэнергии без разрывов токовых цепей. В любом случае, подключение анализатора ПКЭ к трансформаторам не должно приводить к превышению суммарных фактических нагрузок номинальных мощностей вторичных обмоток ТН и ТТ.

Является недопустимым определение углов между токами и напряжениями как разницы между фазовыми сдвигами токов и напряжений, измеренных разными приборами, из-за невозможности синхронизации времени этих приборов. Поэтому токи, напряжения и углы между ними следует измерять одним и тем же прибором. Исходя из этого целесообразно и удобно подключать анализатор в шкафу учета электроэнергии или телеизмерений, где имеются цепи тока и напряжения.

При измерениях важно проверять, чтобы влияющие величины (температура, влажность, напряженность электрического и магнитного полей и др.) не превышали допустимых норм.

В процессе измерений необходимо производить оценку достоверности их результатов. На достоверность измерений могут влиять:

- неправильная работа СИ;
- ошибки в схеме подключения (в выборе клемм, фазировке и т.д.);

- ненадлежащие условия измерений;
- ошибки в конфигурации анализатора.

К сожалению, прикладное ПО к анализаторам не содержит блоков достоверизации результатов измерений. Эту задачу приходится решать собственными силами. В своей практике мы используем два основных подхода: во-первых, сопоставление измеренных величин с теми же величинами, полученными от средств телеизмерений, терминалов защиты; во-вторых, оценку достоверности результатов измерений с точки зрения известных физических законов и накопленного опыта наблюдений.

Так, например, на ошибки измерений указывает выявленная при фазировке прибора несимметричная система токов и напряжений в трехфазной сети или обратная последовательность трехфазной системы токов или (и) напряжений. Еще один типовой пример: обратное направление реактивной мощности от потребителей в сеть на фидерах 0,4–10(6) кВ при отсутствии у потребителей средств компенсации реактивной мощности, как правило, указывает на недопустимо высокую угловую погрешность при малых токах нагрузки. В сетевой обмотке шунтирующего реактора активная и реактивная мощности не могут быть направлены из сети в реактор.

Методология поиска источников и выявления виновников несинусоидальности напряжений приведена в ТКП 183.2-2009 (03130) [5]. Согласно ей для выявления источников высших гармоник и несимметрии напряжений в определенной точке сети требуется одновременное проведение измерений на всех присоединениях, подключенных в данной точке. Затем каждые 3 с результаты измерений усредняются, и по результатам усреднений выявляются источники высших гармоник.

Между тем только малая часть представленных на рынке СНГ анализаторов ПКЭ измеряет векторы токов и мощности высших гармоник и усредняет их на временном интервале 3 с. Кроме того, количество присоединений, отходящих, например, от секции шин 10 кВ, может составлять 12–20 и даже более. Это значит, что для измерений потребуется такое же количество анализаторов ПКЭ. С учетом высокой стоимости этих при-

боров, а также их одновременной востребованности в разных проблемных точках сети данное требование можно считать практически невыполнимым.

В пункте Б.4 приложения Б [5] указано, что нужно проводить одновременные измерения для линий, определенных как потенциальные источники искажений. По сути, искомый коэффициент α является отношением короткого замыкания и отражает чувствительность данной сети в данной точке к любому искажающему воздействию от данного присоединения. При этом вызывает вопросы термин «минимальная мощность короткого замыкания», отсутствующий в других ТНПА и научной литературе. Но важнее то, что данный метод применим только в частном случае «питающая линия – фидеры потребителей».

Кроме того, в результате применения формулы, приведенной в п. Б.1 приложения Б [5], по нашему мнению, могут «отсеяться» действительные искажающие источники либо их останется по-прежнему большое количество. Точный ответ на вопрос, является ли данное присоединение искажающим источником либо реципиентом по определенной гармонике или несимметрии, можно получить только на основе результатов измерений соответствующих векторов тока и напряжения. Поэтому мы в своей практике никогда не применяем указанный подход, а используем следующую методологию:

- 1) на исследуемой секции шин один анализатор устанавливается для контроля ПКЭ на весь срок измерений, а его токовые цепи подключаются к вводу в данную секцию шин или к присоединению, относящемуся к наиболее вероятному виновнику несоответствий;
- 2) на остальных присоединениях с применением одного или более анализаторов производится циклический мониторинг ПКЭ (с установкой анализатора на 5–10 мин);
- 3) измерения, проведенные на всех присоединениях в рамках одного цикла, принимаются как одновременные;
- 4) интервалом измерений считается общая продолжительность цикла (вместо интервала в секундах);
- 5) в расчетах фактических вкладов для каждого присоединения участвуют результаты измерений, усредненные на своих собственных фактических интервалах измерений.



В части анализа ПКЭ и представления его результатов также возникают сложные вопросы практического характера [5].

Например, непонятно, усреднять ли для трехфазной системы результаты измерений и расчетов по фазам или представлять их для каждой фазы отдельно. По нашему убеждению, следует делать второе, поскольку картина по разным фазам в общем случае может быть разной, иногда даже диаметрально противоположной. Не только величины, но и направления активных мощностей высших гармоник в разных фазах часто отличаются.

Так, например, одна фаза может быть источником и потенциальным виновником несинусоидальности напряжения, а две другие – нет. А бывает, что на одной фазе присоединение может быть источником и потенциальным виновником n -й гармоники, а на других фазах – реципиентом. Возможно, в данном случае имеет место транзит n -й гармоники. Так или иначе, регламентирующие документы эти случаи не рассматривают. В своих отчетах о результатах измерений и в актах анализа качества электроэнергии (согласно [5]) мы представляем заказчикам результаты индивидуально по каждой фазе.

Наконец, следует подчеркнуть, что в настоящее время остро ощущается потребность в универсальном и многофункциональном прикладном ПО для анализа ПКЭ, которое может работать как в режиме отложенного времени, так и в темпе процесса.

Показательные примеры выполненных работ, обобщение практического опыта

Пример 1

При обследовании электрической сети здания областного суда в результате измерений в точке передачи электроэнергии были выявлены несоответствия нормам [1] в части несинусоидальности по 15-й и 21-й гармоникам. При этом направления активной мощности данных гармоник указывали на то, что виновником несоответствий является сам потребитель, а не ЭСО.

Далее были определены потенциальные источники высших гармоник – мощные источники бесперебойного питания (ИБП) в серверных помещениях. После анализа результатов измерений было предложено установить в данных помещениях фильтры высших гармоник. Наряду с устранением выявленных несоответствий это решение обеспечивает защиту от протекания токов высших гармоник по сети здания и от вредоносного воздействия на подключенные к ней электроприемники.

Пример 2

Проектом реконструкции ПС 330 кВ была предусмотрена установка УШР 330 кВ – управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора типа РДТУ 180000/330. Такие реакторы имеют в системе управления тиристорные схемы с нелинейной вольт-амперной характеристикой (ВАХ) и поэтому заведомо являются искажающими источниками в части высших гармоник. Кроме того, к началу проектирования уже имелся соответствующий негативный опыт при применении УШР такого типа на других подстанциях. Поэтому в технических требованиях на закупку были предусмотрены следующие пункты:

- во всех точках присоединения УШР к подстанционной сети не должны нарушаться нормы [1] (при этом на напряжение 330 кВ распространялись нормы для 220 кВ);
- эмиссия токов высших гармоник в сетевой обмотке 330 кВ не должна превышать 3 % по отношению к 1-й гармонике (с учетом требований п. 2.1.17 [19]).

Проведенные измерения ПКЭ показали следующее. В точках подключения УШР на напряжениях 35 и 0,4 кВ несоответствий выявлено не было. Эмиссия токов высших гармоник в сетевой обмотке 330 кВ, как правило, превышала 3 % и порой достигала 12–14 % (это подтверждалось и результатами измерений стационарного анализатора ПКЭ, установленного в ОПУ ПС).

На напряжении 330 кВ были выявлены несоответствия по коэффициентам несинусоидальности напряжения $K_{U(n)}$ 5-й и 7-й гармоник и суммарному K_U . Анализ результатов измерений согласно [5] показал, что искажающими источниками по указанным гармоникам являются УШР – рассматриваемый и аналогичный ему на другой подстанции. При этом по 5-й гармонике фактический вклад первого УШР превышал допустимый вклад – значит, независимо от второго УШР он являлся виновником несинусоидальности по 5-й гармонике. Фактический вклад каждого из двух УШР по 7-й гармонике не превышал допустимого.

На основании предъявленных заказчиком претензий, а также представленных результатов измерений и расчетов поставщик УШР в рамках исполнения гарантийных обязательств установил фильтр высших гармоник (ФКУ) в компенсационной обмотке УШР 330 кВ. Контрольные измерения, произведенные после установки ФКУ, не выявили нарушений технических требований.

На рисунке 1 приведены графики изменения коэффициентов несинусоидальности напряжения 5-й гармоники $K_{U(5)}$ на стороне 330 кВ в течение недельного интервала (до и после установки ФКУ), а также соответствующие нормы, установленные для значений 100 % и 95 %.

На рисунке 2 приведены графики изменения суммарного коэффициента несинусоидальности тока K_I сетевой обмотки УШР в течение недельного интервала (до и после установки ФКУ), а также установленная техническими требованиями предельно допустимая норма (ПДН) K_I – 3 %.

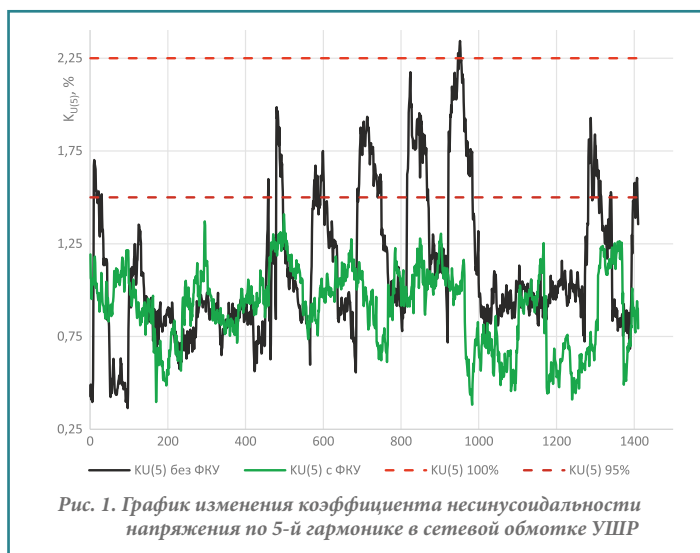


Рис. 1. График изменения коэффициента несинусоидальности напряжения по 5-й гармонике в сетевой обмотке УШР

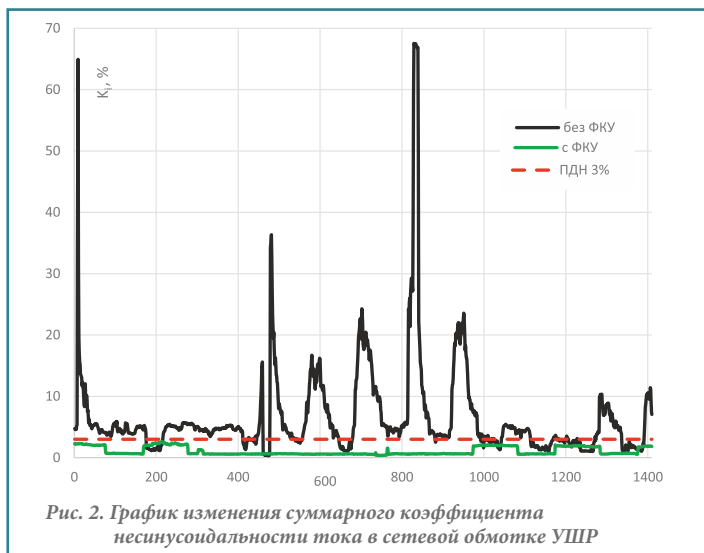


Рис. 2. График изменения суммарного коэффициента несинусоидальности тока в сетевой обмотке УШР

Пример 3

Исследовались три смежные ПС 110 кВ, на двух из которых имелись межсистемные ВЛ 110 кВ. В результате измерений на сторонах среднего и низшего напряжений (35 и 10 кВ) несоответствий выявлено не было. На стороне 110 кВ на шинах всех трех ПС были выявлены несоответствия по 5-й и 9-й гармоникам. Было установлено, что эти несоответствия обусловлены совокупным влиянием эмиссий токов данных гармоник в межсистемных ВЛ 110 кВ и в определенных фидерах 10 кВ (через трансформаторы). В качестве источника 5-й гармоники была выявлена также еще одна ПС 110 кВ, присоединенная к отпайке от межсистемной ВЛ.

Кроме того, на 1-й секции 110 кВ одной из ПС были выявлены несоответствия по четным гармоникам – 10, 12, 14, 16-й. Ввиду кратковременности проявления четных гармоник их источник установить не представилось возможным. На рисунке 3 в виде графиков приведены результаты недельных измерений K_U по ряду четных гармоник.

До настоящего времени считалось, что четные гармоники являются довольно редким явлением. Согласно современным научным источникам, их появление обу-

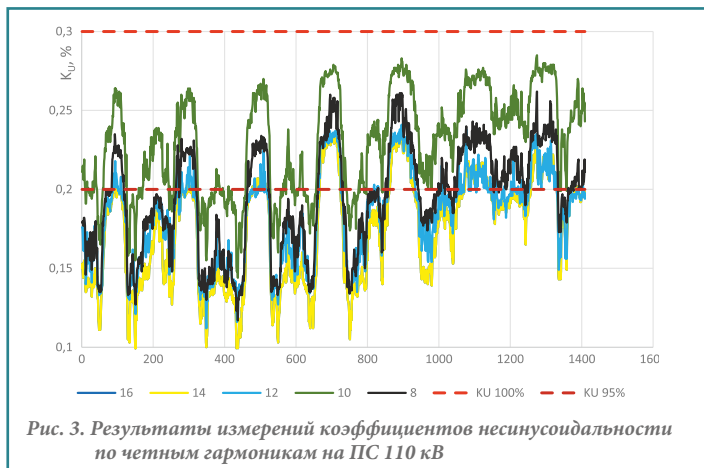


Рис. 3. Результаты измерений коэффициентов несинусоидальности по четным гармоникам на ПС 110 кВ

словлено применением достаточно специфических электроприемников, таких как тиристорно-диодные и нулевые выпрямители, дуговые печи на переменном токе. В данном случае их наличие не подтвердилось. В частности, в результатах измерений отсутствуют токи четных гармоник на стороне 10 кВ. При этом было замечено, что превышение допустимых уровней четных гармоник наблюдается чаще в вечернее и ночное время (таблица 1). Как видно из таблицы, всплески разных четных гармоник практически совпадают по времени, что указывает на общую причину их появления.

Исходя из сказанного выше, возникла гипотеза, что в нерабочее время вместе со снижением нагрузки и возрастанием уровней напряжения, установленный на ПС старый трансформатор переходит в нелинейный режим намагничивания (перевозбуждение). Это, в свою очередь, сопровождается эмиссией четных гармоник тока. В пользу данной гипотезы говорит математическое описание условий, при которых в трансформаторах генерируются четные гармоники [14]. В любом случае требуется проведение дополнительных исследований и экспериментов.

Следует добавить, что согласно измерениям, проведенным после 2022 года, четные гармоники тока и напряжения присутствуют в электрических сетях практически всех номинальных напряжений.

Таблица 1. Особенности проявления четных гармоник на ПС 110 кВ (по данным измерений 2022 года)

Показатели	Номера четных гармоник				
	8	10	12	14	16
Фазы, где имеются несоответствия	С	В, С – очень редко	В, С – в 50 % случаев	В, С	В, С – очень редко
Дата и время всплесков	29.09, 00:25; 01.10, 16:41	29.09, 00:25; 03.10, 15:38	29.09, 00:25; 01.10, 16:41; 03.10, 15:38	29.09, 00:25; 03.10, 15:38	29.09, 00:25; 01.10, 16:41; 03.10, 15:38

Пример 4

На трансформаторной подстанции (ТП) 10/0,4 кВ испытательная лаборатория Госэнергонадзора установила ряд несоответствий [1] по высшим гармоникам напряжения. Была поставлена задача произвести независимые измерения и установить источники несоответствий.

Данная ТП является питающей для отделения банка. Кроме того, одна отходящая линия 0,4 кВ питает потребителей одной из городских улиц. Для обеспечения системного подхода в качестве объекта исследования рассматривалась вся линия 10 кВ – от точки питания (ПС 220/110/10 кВ) до точек нормального размыкания. От этой линии помимо данной ТП были запитаны еще две ТП 10/0,4 кВ.

В результате измерений установлены несоответствия по следующим ПКЭ: длительная доза фликера; кратковременная доза фликера; несимметрия напряжений в трехфазных системах; несинусоидальность напряжения.

Спектр проблемных высших гармоник в данном случае также оказался широким: нечетные представлены 3, 9, 15, 21-й гармониками, четные – 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22-й.



Установлено, что основным источником 3, 9, 15-й гармоник является отделение банка (наиболее вероятные искажающие электроприемники – ИБП и оргтехника). Вторым источником этих гармоник является одна из смежных ТП, на которой эмиссия высших гармоник тока имеет место на отходящей линии 0,4 кВ, питающей гаражный комплекс, где, вероятнее всего, работают ремонтные мастерские.

Полученные результаты нуждаются в проверке и подтверждении, так как картина достаточно сложная. Фазные активные мощности гармоник в ряде случаев меняют свое направление, при этом направления по разным фазам одного присоединения зачастую не совпадают. Это может объясняться однофазным характером нагрузки и перетеканием мощностей высших гармоник между разными линиями и даже между фазами одного присоединения.

Источник 21-й и всех четных гармоник – питающая ПС 220 кВ. Но природа возникновения четных гармоник по-прежнему вызывает вопросы. С учетом сказанного выше, вероятным их источником на ПС 220 кВ является старый автотрансформатор 220/110/10 кВ. Эта гипотеза также нуждается в проверке.

Пример 5

В одном из районов электросетей на ТП 10/0,4 кВ персоналом был выявлен посторонний акустический шум в трансформаторах, питающих насосы водоканала. Сразу же возникло предположение, что шум возникает из-за высших гармоник, эмитируемых частотно-регулируемыми приводами насосов. На двух таких ТП (МТП 690 и КТП 676) нами были проведены соответствующие испытания.

Измерения показали кратковременные превышения норм [1] в части несинусоидальности напряжения. Но в силу кратковременного характера этих превышений при усреднении в соответствии с [1] они не отразились в протоколе как несоответствия нормам. Вместе с тем отмечены очень высокие проценты составляющих токов высших гармоник – до 100–110 % по отношению к 1-й гармонике.

Однако если воспользоваться нормами эмиссии токов, установленными IEC 61000-3-12:2011 [9], то имеются превышения указанных норм (в разы) по 5, 7, 11, 13-й гармоникам тока,

Таблица 2. Результаты проверки эмиссии гармоник на соответствие нормам [9] по ТП 10/04 кВ, питающим насосы водоканала

Гармонические составляющие токов, %	МТП 690			КТП 676			Норма
	А	В	С	А	В	С	
5-я гармоника	0	0	0	0	70	0	13
7-я гармоника	73	67	64	39	40	35	8
11-я гармоника	42	53	59	0	0	0	4
13-я гармоника	44	36	43	0	0	8	3

а также по допустимым гармоническим параметрам (таблица 2).

В данном случае сложилась парадоксальная ситуация: несоответствий [1] не установлено, а вредоносное воздействие высших гармоник очевидно. При этом есть нарушения требований [9]. Однако действие этого стандарта распространяется только на единичные устройства, поэтому напрямую его требования юридически неприменимы в данной ситуации. Тем не менее с технической точки зрения эти требования могут быть применены, поскольку по каждой такой линии питается один насос с частотно-регулируемым приводом либо группа из двух-трех однотипных устройств (на допустимость такого применения указано во введении [9]).

Возникает вопрос: как легитимировать действие [9] применительно к подобным случаям? По нашему мнению, требования по ограничению эмиссии высших гармоник тока в соответствии с данным стандартом можно предусмотреть в договорах на электроснабжение потребителей и в отдельных случаях – в технических условиях на присоединение.

Собственные разработки и исследования

В ходе выполнения измерений ПКЭ нами была выявлена ошибка при определении углов фазовых сдвигов с использованием анализаторов ПКЭ Elspec. Нормы на эти показатели не установлены в [1] и других стандартах, а приборы не проходят поверку и калибровку по данному параметру, поэтому, по нашему мнению, ошибка не была вовремя обнаружена и до настоящего времени не устранена.

Природа данной ошибки скорее всего связана с некорректным применением способа определения фазового сдвига (приведен, например, в [15]). Данный способ предполагает опре-

деление фазового сдвига как корня уравнения $\text{tg}\varphi = A$. Но у данного уравнения на одном периоде основной частоты два корня. Как из них выбрать правильный? Ни в [15], ни в других источниках ответа на этот вопрос нет. Значит, нужно применять иные способы. Мы в своей практической деятельности применяем метод перехода сигнала через ноль.

Налицо еще одна проблема. Анализаторы ПКЭ выдают результаты измерений с усреднениями. В то же время при выполнении исследований часто требуется наблюдать и анализировать кратковременные события и быстрые процессы – один или несколько периодов или даже часть периода основной частоты.

С учетом этого авторами разработана специализированная программа расчета и анализа ПКЭ. В качестве исходных данных используются так называемые первичные измерения, то есть мгновенные значения фазных токов и напряжений (1024 и более точек за период основной частоты), скачиваемые из архивов анализаторов ПКЭ.

Программа рассчитывает режимные показатели, нормируемые и ненормируемые ПКЭ и др. за любой временной интервал, причем без усреднений, и широко используется нами в работах по оценке качества электроэнергии и при решении ряда смежных задач.

В настоящее время нами планируется проверка предложенных в [10] методов адресного определения источников фликера. Поскольку анализаторы ПКЭ не измеряют требуемые для этого величины, для этой цели программа будет доработана с расширением функциональности.

Запланированы также эксперименты с целью установления источников четных высших гармоник в электросетях. Будет проверяться гипотеза о том, что таковыми являются старые трансформаторы и автотрансформаторы в режимах минимальных нагрузок

и роста уровней напряжения. В ходе экспериментов со стороны каждого номинального напряжения трансформаторов 110/10 кВ и автотрансформатора 220/110/10 кВ, где были выявлены четные высшие гармоники, будут установлены анализаторы ПКЭ. По результатам анализа балансов активной мощности четных гармоник гипотеза будет подтверждена или опровергнута.

Заключение

В силу того, что до недавнего времени качеству электроэнергии не уде-

лялось должного внимания, нынешнюю ситуацию можно характеризовать как в высокой степени сложную. На сегодняшний день в электросетях различных номинальных напряжений присутствует ряд системных проблем – как в части соблюдения норм ПКЭ, их измерения и анализа, так и в части нормативного регулирования.

Выход из сложившейся ситуации авторы видят в следующем:

- на всех уровнях должна быть организована системная работа по контролю и мониторингу ПКЭ, анализу результатов измерений, проведению организационных и технических кор-

ректирующих (нормализующих) мероприятий;

- необходима доработка действующих ТНПА с учетом накопленного практического опыта. При соответствующем обосновании целесообразно в ряде случаев расширить область применения [1] для распространения норм ПКЭ на точки сетевых объектов, не являющиеся точками передачи электроэнергии от ЭСО потребителям. Последнее, в свою очередь, потребует отражения в НПА, ТНПА и иных документах, имеющих юридическую силу для субъектов электроэнергетики.

Список литературы

1. *Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 32144-2013.* – Введ. 01.04.2016. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016. – 20 с.
2. *Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Контроль и мониторинг качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 33073-2014.* – Введ. 01.04.2016. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016. – 52 с.
3. *Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств: ГОСТ 30804.4.7-2013 (IEC 61000-4-7:2009).* – Введ. 01.02.2016. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016. – 42 с.
4. *Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии: ГОСТ 30804.4.30-2013 (IEC 61000-4-30:2008).* – Введ. 01.02.2016. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016. – 62 с.
5. *Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 2. Анализ качества электрической энергии: ТКП 183.2-2009 (03130).* – Введ. 01.08.2009. – Минск: ОАО «АГАТ-системы управления». – 32 с.
6. *Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 2. Анализ качества электрической энергии: РД 153-34.0-15.502-2002.* – Введ. 01.08.2002. – М.: ЗАО «Энергосервис». – 64 с.
7. *Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-6. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих помехи, к системам энергоснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напря-*

жения: *ГОСТ IEC/TR 61000-3-6-2020.* – Введ. 01.09.2021. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2021. – 56 с.
8. *Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-7. Нормы. Оценка норм электромагнитной эмиссии для подключения установок, создающих колебания напряжения, к системам электроснабжения среднего, высокого и сверхвысокого напряжения: ГОСТ IEC/TR 61000-3-7-2020.* – Введ. 01.09.2021. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2021. – 60 с.
9. *Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-12. Нормы. Нормы гармонических составляющих тока, создаваемых оборудованием, подключаемым к общественным низковольтным системам, с входным током более 16 А, но не более 75 А в одной фазе: ГОСТ IEC 61000-3-12:2016.* – Введ. 01.09.2018. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016. – 28 с.
10. *Бирюлин, В.И. Выявление источника фликера в системах электроснабжения / В.И. Бирюлин, Д.В. Куделина, О.М. Ларин // Изв. высш. уч. заведений. Проблемы энергетика. – 2021. – Т. 23. – № 5. – С. 3–12.*
11. *Электромагнитная совместимость. Часть 3-11. Нормы. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в общественных низковольтных системах электроснабжения для оборудования с номинальным током не более 75 А при соблюдении особых условий подключения: ГОСТ IEC 61000-3-11-2022.* – Введ. 01.07.2022. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2022. – 24 с.
12. *Подстанции электрические напряжением 35 кВ и выше. Нормы технологического проектирования: СТП 33243.01.216-16.* – Введ. 15.02.2016. – Минск: Экономэнерго. – 220 с.
13. *Совместимость технических средств электромагнитная. Часть 4. Методики испытаний и измерений. Раздел 15. Фликерметр. Функциональные и конструктивные требования: ГОСТ IEC 61000-4-15-2014.* – Введ. 01.07.2017. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2017. – 40 с.
14. *Либкинд, М.С. Высшие гармоники, генерируемые трансформаторами / М.С. Либкинд. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1962. – 104 с.*
15. *Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. В 2 т. Том 1. Электрические цепи: учебник для вузов / Л.А. Бессонов. – 12-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2023. – 831 с.*
16. *Защита от атмосферного электричества. Часть 3. Физические повреждения зданий, сооружений и опасность для жизни: СТБ П IEC 62305-3-2006/2010.* – Введ. 01.01.2011. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 128 с.
17. *Устройства защиты от перенапряжений низковольтные. Часть 11. Устройства защиты от перенапряжений, подсистемные к низковольтным системам распределения электроэнергии. Требования и методы испытаний: ГОСТ IEC 61643-11-2013.* – Введ. 01.05.2017. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2017. – 84 с.
18. *Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Часть 12. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и применения: ГОСТ IEC 61643-12-2022.* – Введ. 01.06.2023. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2023. – 170 с.
19. *Управляемые шунтирующие реакторы для электрических сетей напряжением 110–500 кВ. Типовые технические требования: СТО 56947007-29.180.03.198-2015.* – Введ. 23.01.2015. – ОАО «ФСК ЕЭС», 2015.
20. *Напряжения стандартные: ГОСТ 29322-2014 (IEC 60038:2009).* – Введ. 01.06.2017. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2017. – 20 с.
21. *Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения до 1000 В: ГОСТ 21128-83.* – Введ. 01.07.1984. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1984. – 8 с.
22. *Провалы напряжения в системах электроснабжения. Части 1, 2 / Д.М. Лосенков // Энергетическая стратегия. – 2023. – №№ 2, 3. – С. 24–24, 30–32.*



Е.Л. ТЕЛЮК,
начальник отдела
режимной автоматики
и электрических систем
РУП «Белнипиэнергопром»



СРАВНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ВОЗБУЖДЕНИЯ СИНХРОННЫХ МАШИН

Одной из проблем, с которой сталкиваются современные потребители электроэнергии, является существенное усложнение способов ее преобразования. Все чаще асинхронные электродвигатели подключаются к питающему напряжению не напрямую, а через преобразователи частоты. В системах регулирования вместо регуляторов на дискретных элементах применяются микропроцессорные контроллеры. Так как технологические процессы промышленных предприятий требуют большого количества взаимосвязанных элементов, такие потребители особо чувствительны не только к кратковременным перерывам питания, но и к снижению напряжения.

Для решения проблемы устойчивой работы промышленных потребителей при возмущениях в высоковольтных сетях и внутренних схемах электропитания 10 лет назад была разработана концепция быстродействующего регулятора (АРВ-БД) системы возбуждения синхронных машин. Отметим, что это было нестандартное техническое решение: в отличие от традиционного регулятора «сильного действия» (АРВ-СД), разработанного в 1955 году, АРВ-БД построен по принципу двухконтурного регулирования (так называемая система подчиненного регулирования).

Сегодня разработаны регуляторы АРВ-БД для основных типов систем возбуждения, эксплуатируемых в Белорусской энергосистеме: статических, бесщеточных, высокочастотных и электромашинных. Такие регуляторы с момента их внедрения эксплуатируются на генераторах мощностью от 0,75 до 70 МВт.

Система подчиненного регулирования АРВ позволяет сократить количество настроек, снизить трудоемкость наладки и в полной мере реализовать функцию системного стабилизатора мощности по регулированию первой производной частоты вращения генератора. В настоящее время в регуляторах возбуждения, выпускаемых в СНГ, эта задача практически не решена – в отличие от иностранных регуляторов, где есть встроенная функция стабилизации мощности – PSS (Power System Stabilizer), которая позволяет достаточно эффективно демпфировать качания в энергосистеме.

Развитая система внутренней диагностики и внешние системы объективного контроля подтверждают высокую устойчивость разработанного регулятора не только при двухфазных коротких замыканиях (КЗ) в сети 35–330 кВ, но и при таких тяжелых авариях, как трехфазное КЗ на генераторном напряжении. При применении устройств АРВ-БД

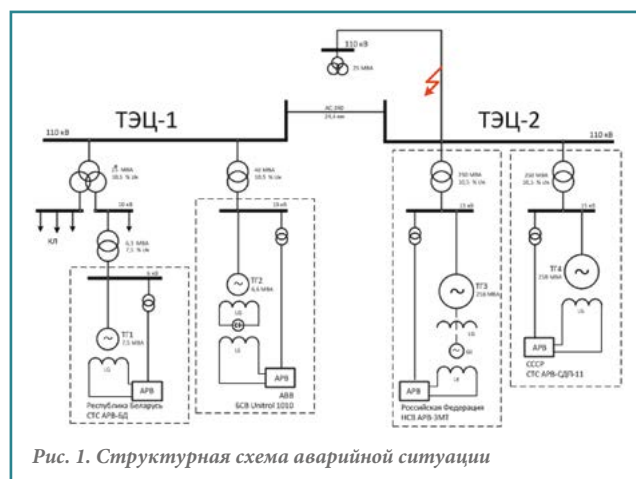


Рис. 1. Структурная схема аварийной ситуации

на бесщеточных системах возбуждения (АРВ-БД-БСВ) их дополнительным преимуществом является быстродействие. По этому показателю они не уступают статическим регуляторам, а по устойчивости сравнимы с независимыми.

Конечно, можно подвергнуть сомнению данные выводы, поскольку одинаковых условий протекания КЗ не существует. Тем не менее приведем в качестве примера реальное аварийное событие, произошедшее в Белорусской энергосистеме. В сети 110 кВ возникло трехфазное КЗ длительностью 670 мс. В это время к сети были подключены четыре генератора (ТГ1–ТГ4) согласно схеме, приведенной на рисунке 1. Напряжение в высоковольтной сети снизилось при этом до $0,67U_{ном}$.

На генераторах были установлены следующие системы возбуждения:

- ТГ1 – статическая с регулятором АРВ-БД (Беларусь);
- ТГ2 – бесщеточная с регулятором Unitrol 1010 (АВВ, Швейцария);

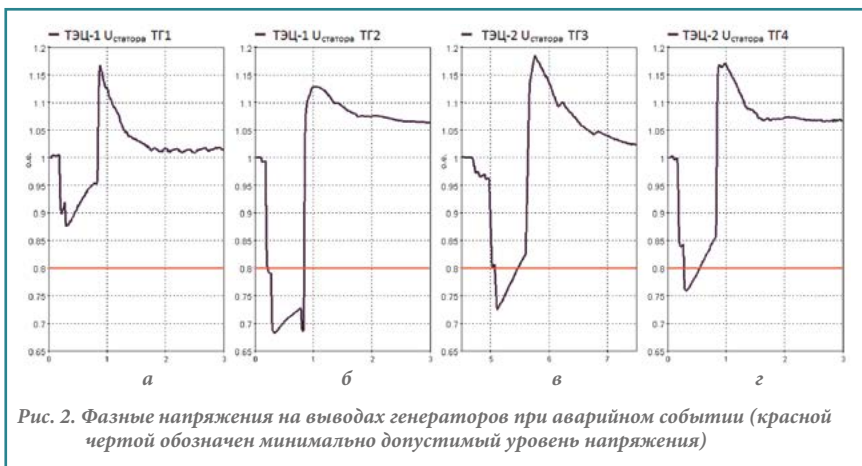


Рис. 2. Фазные напряжения на выводах генераторов при аварийном событии (красной чертой обозначен минимально допустимый уровень напряжения)

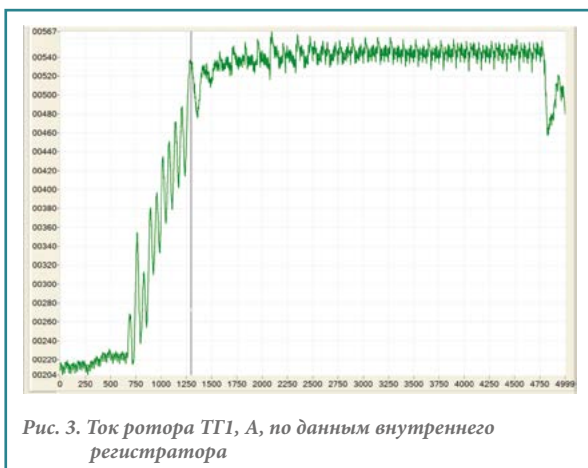


Рис. 3. Ток ротора ТГ1, А, по данным внутреннего регистратора

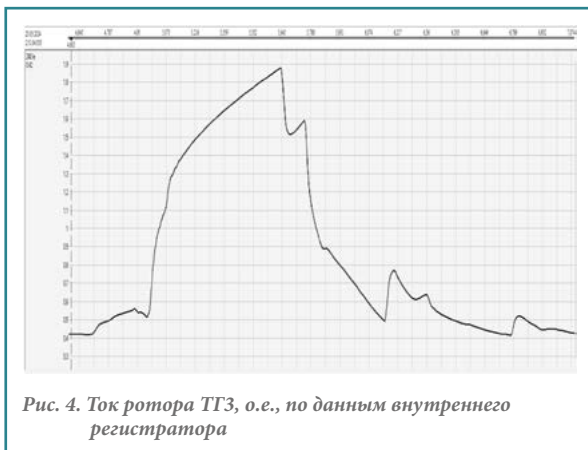


Рис. 4. Ток ротора ТГ3, о.е., по данным внутреннего регистратора

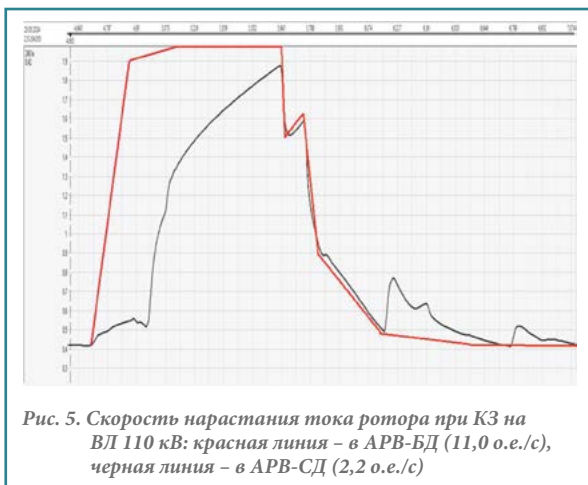


Рис. 5. Скорость нарастания тока ротора при КЗ на ВЛ 110 кВ: красная линия – в АРВ-БД (11,0 о.е./с), черная линия – в АРВ-СД (2,2 о.е./с)

- ТГ3 – независимая с регулятором АРВ-3М (АО «Силовые машины», Россия);

- ТГ4 – статическая с регулятором АРВ-СДП 1 (ВНИИЭлектромаш, СССР).

На рисунке 2 представлены графики напряжений на выводах генераторов при указанном аварийном событии.

На основании приведенных графиков можно сделать следующие выводы:

- система возбуждения ТГ1 АРВ-БД (рис. 2, а) обеспечила устойчивую работу собственных нужд (СН), так как напряжение снизилось кратковременно до $0,87U_{НОМ}$;

- система возбуждения ТГ2 Unitrol 1010 (рис. 2, б) не смогла под-

держать напряжение на уровне хотя бы $0,7U_{НОМ}$;

- системы возбуждения ТГ3 АРВ-3М (рис. 2, в) и ТГ4 АРВ-СДП1 (рис. 2, г) лучше поддерживали напряжение в сети, чем система ТГ2, но этого также недостаточно для чувствительной нагрузки.

Для того чтобы выяснить причину неудовлетворительной работы систем возбуждения ТГ2, ТГ3 и ТГ4, следует рассмотреть характер изменения тока ротора генератора.

На рисунках 3 и 4 представлены графики изменения тока ротора в момент КЗ для генераторов ТГ1 и ТГ3, полученные с внутреннего регистратора (на системах возбуждения ТГ2 и ТГ4 осциллограмма отсутствует).

Скорость нарастания тока ротора для ТГ1 составила 11,0 о.е./с, а для ТГ3 – только 2,2 о.е./с. Этот факт объясняет устойчивую работу системы возбуждения АРВ-БД при трехфазном КЗ в сети 110кВ. Для наглядности на рисунке 5 совмещены осциллограммы токов в относительных единицах.

Таким образом, быстродействующая система возбуждения с регулятором АРВ-БД позволяет:

- за счет скорости изменения тока ротора формировать оптимальную величину магнитного потока в зазоре синхронной машины, тем самым обеспечивая устойчивую работу СН и потребителей;

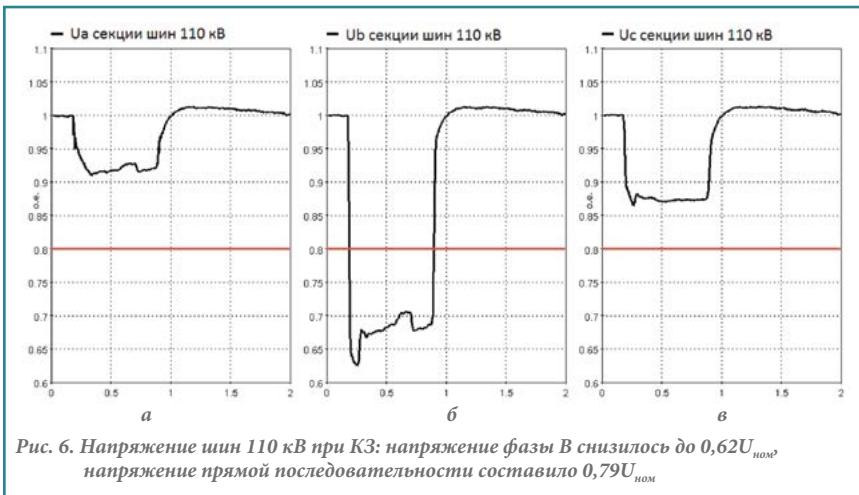
- эффективно стабилизировать напряжение 6 и 10 кВ на выводах генератора при двух- и трехфазных КЗ длительностью до 1000 мс в высоковольтных сетях 110 и 330 кВ.

Если для генераторов большой мощности, связанных с энергосистемой сильными связями и не имеющих на генераторном напряжении промышленных потребителей, скорость нарастания тока ротора не критична, то для генераторов меньшей мощности, обеспечивающих питание промпредприятий, она имеет первостепенное значение.

Приведем примеры. 29 июня и 14 июля 2024 года имели место два аварийных события в энергоузле Мозырской ТЭЦ. В первом случае в результате КЗ в сети 110 кВ произошло отключение промышленных потребителей, подключенных к узлу (ОАО «Мозырьсоль», ОАО «Дружба», ОАО «Мозырский НПЗ»). В то же время на Мозырской ТЭЦ в результате действия АРВ-БД, установленного на ТГ1 мощностью 70 МВт, напряжение снизилось до $0,9U_{НОМ}$ и, как следствие, не было зафиксировано отключения ни одного ЧРЭП.

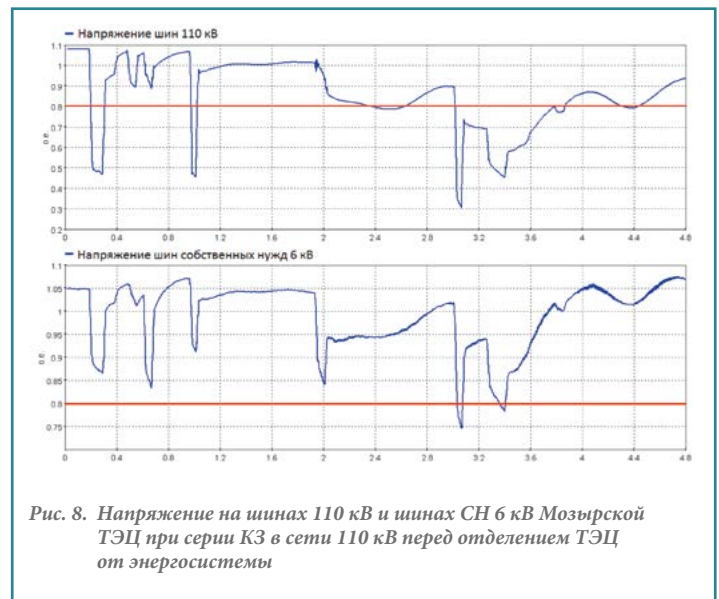
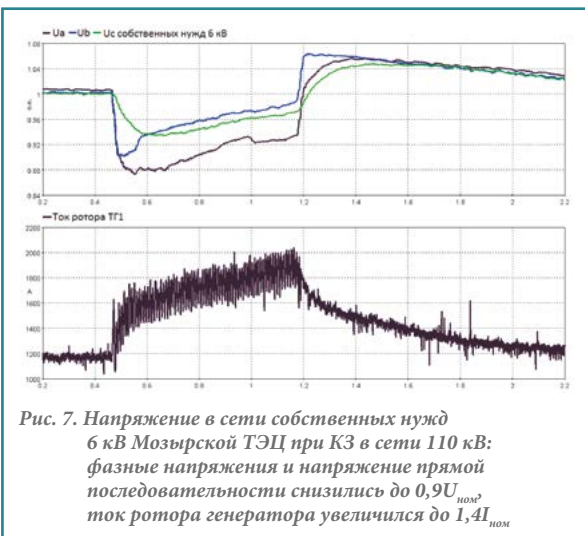
Результаты действия АРВ-БД представлены на рисунках 6 и 7.

Во втором случае при неблагоприятных погодных условиях в течение 3 с в сети 110 кВ произошли семь КЗ (от однофазных до трехфазных) со снижением напряжения от 0,5 до $0,28U_{НОМ}$.



для 1950-х годов (скорость нарастания напряжения до двухкратного номинального значения на выводах обмотки возбуждения генератора должна быть не более 60 мс). Из стандарта в стандарт этот важнейший параметр переходит без изменений, но, как показывает практика, его необходимо пересмотреть с учетом современных условий.

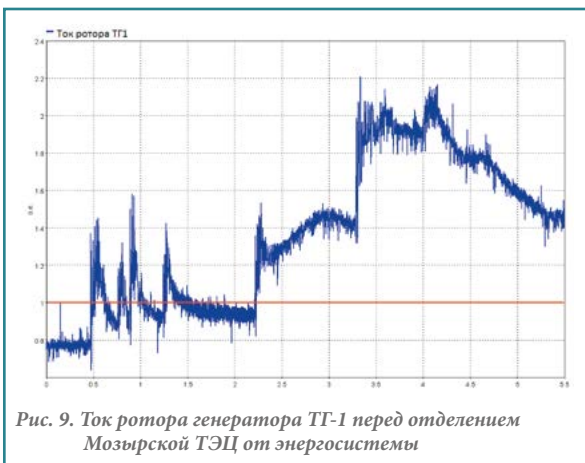
Устойчивость генератора определяется магнитным потоком в зазоре машины и зависит от тока ротора генератора, поэтому предлагается внести в пункт 5.2.4 ТКП 33240.45.101-17



Напряжение на выводах ТГ1 при этом не опускалось ниже $0,82U_{ном}$. В результате КЗ и действия защит ВЛ 110 кВ произошло отделение Мозырской ТЭЦ от энергосистемы. Система возбуждения ТГ1 в этот момент поддерживала номинальное напряжение СН.

Заключение

В настоящее время действуют требования ГОСТ по быстрдействию систем возбуждения, актуальные



«Системы управления возбуждением турбогенераторов и гидрогенераторов» следующее дополнение: для ответственных потребителей скорость нарастания тока ротора при КЗ должна быть не менее 10 о.е./с.

Применение быстродействующих систем возбуждения на генераторах и синхронных электродвигателях позволяет:

- без значительных затрат обеспечить надежное питание собственных нужд и нагрузки при нормативном качестве напряжения;
- повысить устойчивость работы потребителей в узлах нагрузки, которые связаны с энергосистемой слабыми связями, и тем самым решить проблему аварийных отключений промышленных предприятий.

Исходя из вышеизложенного предлагается:

- внести соответствующее дополнение в ТКП 33240.45.101-17;
- рассмотреть вопрос применения систем возбуждения с регулятором АРВ-БД на промышленных предприятиях и объектах энергетики, что позволит повысить надежность электроснабжения без значительных капитальных затрат;
- разработать программу модернизации отработавших нормативный срок систем возбуждения, эксплуатируемых на объектах ГПО «Белэнерго», с установкой регуляторов АРВ-БД;
- проработать с ГПО «Белэнерго» вопрос производства шкафов систем возбуждения с регуляторами АРВ-БД.



УДОВЛЕТВОРЕННОСТЬ ПОТРЕБИТЕЛЯ – ГЛАВНАЯ ЦЕЛЬ ОАО «БЕЛЭНЕРГОРЕМНАЛАДКА»

В условиях стремительного технологического прогресса и внедрения новых решений в энергетической отрасли компании, выполняющие работы по ремонту и наладке энергооборудования, оказываются на передовой линии борьбы за стабильность и эффективность производственных процессов. В сложившейся экономической ситуации для ОАО «Белэнергоремналадка» крайне важно отслеживать уровень удовлетворенности своих заказчиков. Это позволяет обеспечивать конкурентоспособность на рынках и подтверждать правильность реализуемой стратегии.

Успешное развитие предприятия и его деловая репутация напрямую зависят от уровня спроса на предлагаемые услуги, работы и продукцию, в связи с чем первостепенное значение приобретает вопрос потребительской удовлетворенности.

Более 60 лет ОАО «Белэнергоремналадка», выполняя технически сложные работы по ремонту, наладке и вводу в эксплуатацию оборудования на объектах энергетики и других отраслей, постоянно взаимодействует с потребителями. За эти годы Общество прошло путь от небольшого производственного предприятия до организации, известной не только в Республике Беларусь, но и далеко за ее пределами. На всех этапах становления компании в зависимости от спроса и требований заказчиков совершенствовалась и система взаимодействия с ними.

Сфера влияния расширяется

Начало деятельности предприятия пришлось на послевоенные годы, когда все усилия были направлены на восстановление и модернизацию энергокомплекса республики. Энергетика являлась двигателем процессов роста промышленности и потребления ресурсов. В тот период взаимоотношения с заказчиками основывались на соблюдении стандартов и технических условий, установленных государством.

В послевоенное время в стране активно развивалось строительство электростанций. Были возведены ТЭС в Бобруйске, Молодечно, Барановичах, Витебске, Могилеве. С ростом потребности в техническом сопровождении и ремонте энергооборудования расширялась и сфера деятельности предприятия. Чтобы обеспечить надежный и качественный ремонт турбо- и котлоагрегатов, генераторов, было принято решение о формировании разветвленной структуры ремонтных участков. Они были созданы на Белорусской, Березовской, Лукомльской и Василевичской ГРЭС, Гродненской ТЭЦ-2, Минских ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3, Полоцкой ТЭЦ-2. Расположение участков вблизи основных энергообъектов позволило не только оптимизировать трудозатраты рабочих и инженеров, но и экономить финансовые ресурсы. Специ-

алисты предприятия получили возможность изучить все нюансы оборудования, с которым они работали, благодаря чему уровень оказываемых услуг заметно повысился.

Расширение сферы влияния предприятия способствовало укреплению отношений с заказчиками. Методы оценки их удовлетворенности в этот период значительно отличались от современных. Основным способом получения информации были неформальные отзывы и общение. Именно при общении работников предприятия с заказчиками в ходе выполнения работ и после их завершения выявлялись основные проблемы и высказывались предложения.

Индикатором удовлетворенности потребителя также были результаты испытаний и диагностики оборудования после ремонта. Если техника демонстрировала нормативные показатели и не требовала дополнительных вмешательств, это служило показателем качества работ. Иными словами, о полной удовлетворенности говорила надежная работа отремонтированного оборудования.

Большое внимание уделялось рационализаторству, изобретательству и научной работе, которые стали неотъемлемой частью деятельности многих инженеров и рабочих. Так, специалистами предприятия были разработаны и рекомендованы для применения во всей энергосистеме СССР методики экспресс-испытаний турбинного и котельного оборудования, которые при экономии средств гарантировали безопасную и эффективную работу агрегатов.

Новая география

В 1970–1980-е годы в условиях плановой экономики и централизованного управления основными заказчиками оставались ТЭЦ, ГРЭС и другие государственные энергопредприятия, а также крупные заводы и фабрики, нуждающиеся в надежном энергоснабжении и ремонте энергетического оборудования. В то же время начиная с 70-х годов география оказания услуг ОАО «Белэнергоремналадка» значительно расширилась. Высококвалифицированный персонал предприятия, способный в сжатые сроки выполнять большой спектр работ, стал принимать

участие в строительстве и ремонте оборудования электростанций и подстанций за рубежом. Специалисты Общества привлекались к реализации энергетических проектов не только в Восточной Европе, но и в таких странах, как Бенин, Индия, Куба, Нигерия, Пакистан, Сирия.

В тот же период предприятие осваивало такие новые технологии, как блочная замена экранов котлов ТП-80, плазменная наплавка уплотнительной поверхности арматуры, контактная сварка труб сечением 60 мм, контроль изоляции и электрических соединений высоковольтного электрооборудования, автоматизированный поиск замыкания на землю в сети постоянного тока электростанций и подстанций.

Для обучения оперативного персонала электростанций были разработаны и внедрены: тренажер 1-го поколения на шаговых искателях на Минской ТЭЦ-3, тренажер 2-го поколения на полупроводниках – на Березовской ГРЭС, тренажер 3-го поколения на микросхемах – на Лукомльской ГРЭС. Были изготовлены и внедрены трубогибочные станки для труб диаметром 159 и 273 мм с ТВЧ-подогревом.

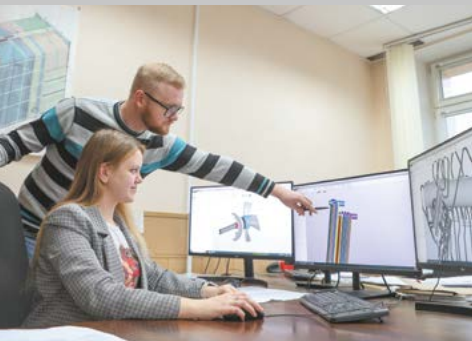
В 80-е годы в энергосистеме была внедрена и активно использовалась система 5-балльной оценки качества отремонтированного оборудования. Все перечисленное способствовало привлечению новых заказчиков, улучшению взаимоотношений с ними, укреплению доверия к предприятию.

В условиях конкурентной борьбы на рынке товаров и услуг были необходимы уникальные решения и гибкие подходы, учет специфики каждого заказчика. Выросли требования клиентов к качеству услуг и оперативности реагирования на претензии. Прелюдия к началу активно интегрировать в процессы управления качеством обратную связь, что позволило укрепить отношения с заказчиками, адаптироваться к их запросам и повысить качество услуг на основании полученных отзывов.

В 2003 году, с внедрением системы менеджмента качества в соответствии с ИСО 9001-2000, работа с потребителями в ОАО «Белэнергоремналадка» вновь претерпела изменения. Для оценки потребительской удовлетворенности были внедрены новые методы сбора отзывов, включая опросы и анкетирование. Критерии оценки качества работ стали обязательным атрибутом заключаемых договоров, в них появился раздел о гарантийных обязательствах.

Сформировались основные сегменты, в которых Общество осуществляет свою деятельность: организации, входящие в состав ГПО «Белэнерго» (РУП-облэнерго, Белорусская АЭС и др.), сторонние заказчики Республики Беларусь и зарубежные заказчики.

Основные сторонние заказчики в республике – это предприятия, входящие в государственные концерны «Беллесбумпром», «Белнефтехим», «Белгоспищепром», ОАО «Беларуськалий», ОАО «Гомельский химический



В условиях рынка

После распада Советского Союза возникла необходимость в адаптации предприятия к новой экономической ситуации. Для сохранения в условиях рыночных отношений квалифицированных кадров и расширения диапазона услуг были внедрены новые подходы и методы работы. Сегодня можно утверждать, что разработанная тогда стратегия позволила не только сохранить предприятие, но и обеспечить его стабильное развитие, рост объемов производства и прибыльности. Несмотря на активную приватизацию государственного сектора, многие энергетические компании оставались в госсобственности и нуждались в регулярных ремонтах и обслуживании оборудования.

Для ОАО «Белэнергоремналадка» в конце 90-х годов помимо работы с ТЭЦ, ГРЭС и промпредприятиями республики крайне важной частью деятельности стала реализация контрактов за рубежом (Армения, Греция, Грузия, Египет, Иран, Кипр, Литва, Молдова, Россия, Финляндия, Эстония).

завод», ОАО «Мозырский НПЗ», ОАО «Гродно Азот», ОАО «Управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ», Филиал «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда» ОАО «Управляющая компания холдинга «Белорусские обои», ЗАО «Белспецэнерго».

В числе зарубежных заказчиков – крупные промышленные и энергетические предприятия стран ближнего и дальнего зарубежья, такие как ПАО «Северсталь», ПАО «Юнипро», АО «Росатом Сервис», ПАО «Газпром», АО «Группа Илим», ПАО «ОГК-2» (Россия), ООО «Мтквари Энерджи», ООО «Грузинская международная энергетическая корпорация» (Грузия), Молдавской металлургической завод (Молдова).

Новые стандарты работы

За два последних десятилетия применение систем управления качеством стало стандартом. Основными критериями оценки удовлетворенности потребителей остаются качество услуг и соблюдение сроков их оказания. В Обществе проводится регулярный монито-

ринг удовлетворенности потребителя. Применение различных методов ее оценки и измерения дает возможность не только получить статистические данные, но и выявить слабые места в работе и определить пути их устранения.

Степень удовлетворенности потребителя оценивается в основном методом анкетирования. В целях более эффективного анализа работы для каждого подразделения, в зависимости от оказываемых им услуг, установлены определенные критерии оценки. Учитываются также поступившие жалобы, рекламации, письма по вопросам качества продукции и услуг, положительные отзывы и благодарности. В случае получения от заказчика анкеты, содержащей замечания или предложения (пожелания), проводится их детальный анализ в подразделениях Общества и определяются причины неудовлетворенности. Затем реализуются меры по их устранению, и заказчик в обязательном порядке информируется о предпринятых действиях, ведь главной целью Общества является построение долгосрочных доверительных партнерских отношений, основанных на взаимном уважении и стремлении к совершенствованию. Клиенты должны быть уверены в том, что предприятие работает на опережение, предугадывая их потребности и предлагая наилучшие решения.

Качество – главный вектор

На протяжении многих лет коллектив ОАО «Белэнергоремналадка» демонстрирует высокий профессионализм, что позволяет удерживать лидирующие позиции на рынке ремонта и наладки генерирующего оборудования. Несмотря на достигнутые успехи, ведется непрерывная работа по повышению качества услуг и продукции.

В ОАО «Белэнергоремналадка» действует система менеджмента качества, соответствующая требованиям стандартов ISO 9001:2015 и ISO 45001:2018. Современная производственно-техническая база позволяет предприятию предоставлять заказчикам и реализовывать уникальные решения по ремонту, наладке и вводу в эксплуатацию энергетического оборудования.



БЕЛЭНЕРГОРЕМНАЛАДКА

220012, г. Минск, ул. Академическая, 18
+375 17 293-53-59
+375 17 290-95-30 (факс)
mail@bern.by
bern.by



На предприятии внедрена технология газовой и пламенной резки металла RUR 2500 GP. На электростанциях Белорусской энергосистемы впервые выполнены работы по техническому диагностированию и определению остаточного ресурса газопроводов и газового оборудования. Освоено новое направление по разработке санитарно-защитных зон, в рамках которого был выполнен проект санитарно-защитной зоны Минской ТЭЦ-4.

Специалисты Общества оказывают услуги по сервисному обслуживанию парогазового оборудования иностранного производства, шеф-инженерное сопровождение работ по механической части при проведении ремонтов гидротурбинного оборудования, выполняют работы по ремонту оборудования энергоблоков БелАЭС в зонах свободного и контролируемого доступа.

Активно применяется технология реверс-инжиниринга, включающая сканирование деталей, снятие геометрических размеров, обработку данных с построением 3D-модели, доработку и усовершенствование деформированных и изношенных деталей с последующей разработкой конструкторской документации.

Качество услуг и продукции напрямую зависит от подготовки персонала, поэтому значительное внимание предприятие уделяет обучению и развитию своих работников. Регулярное повышение квалификации позволяет сотрудникам быть в курсе новейших тенденций в области энергетических технологий и выполнять работы на самом высоком уровне.

Системный подход Общества к контролю качества – еще один важный аспект. На предприятии внедрены международные стандарты качества, регулярно проводятся аудиты, что позволяет удерживать планку качества и лояльность потребителя. Доказательством этому служит пятое по счету подтверждение звания Лауреата Премии Правительства за достижения в области качества, которого ОАО «Белэнергоремналадка» было удостоено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 11 июля 2024 года № 493.

Каждый заказчик уникален, и коллектив это осознает. Индивидуальный подход к клиенту, гибкость ценовой политики и возможность формирования выгодных предложений позволяют Обществу предлагать оптимальные решения в ответ на самые разные запросы.

Удовлетворенность потребителя – это не просто цель, это философия работы ОАО «Белэнергоремналадка». Четкое понимание потребностей заказчика, внедрение передовых технологий, постоянное улучшение производственных и бизнес-процессов позволяют нам сохранять высокий уровень конкурентоспособности и обеспечивать соответствие услуг и продукции самым современным требованиям. В конечном итоге успешная работа предприятия по всем направлениям является ключом к завоеванию новых высот на профильном рынке и обеспечивает стабильность и надежность работы энергосистемы Республики Беларусь.

*С.В. Прилуцкий, начальник управления маркетинга
ОАО «Белэнергоремналадка»*

*О.С. Солодуха, начальник бюро маркетинга
ОАО «Белэнергоремналадка»*



С.Ю. ВОРОБЬЕВ,
м.т.н., заведующий
сектором информационной
безопасности отдела
информационных технологий
РУП «Белэнергосетьпроект»



Е.А. ХАНЧЕВСКИЙ,
начальник отдела
информационных технологий
РУП «Белэнергосетьпроект»



КИБЕРАТАКИ НА КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫЕ ОБЪЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ КАК ИСТОЧНИК УГРОЗ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Беларусь – состоявшееся правовое, демократическое и суверенное государство, которое проводит миролюбивую внешнюю и социально ориентированную внутреннюю политику. Вместе с тем в силу своего географического положения и открытости республика в полной мере подвержена воздействию большинства геополитических процессов, происходящих в мире. Среди прочих перед государством стоит масштабная задача по развитию, поддержанию и совершенствованию системы обеспечения кибербезопасности, в том числе на объектах энергетики и в энергетической отрасли в целом.

Мировые тенденции развития киберпространства

Основной тенденцией развития киберпространства в последние два десятилетия является его «милитаризация». Так, военно-политический блок НАТО в 2016 году на Варшавском саммите официально объявил киберпространство новой сферой проведения операций – наряду с воздушной, сухопутной и морской [2]. Менее чем в 800 км от Минска, в г. Таллине, функционирует Центр передового опыта по совместной киберзащите НАТО, на базе которого проходят многочисленные учения и тренировки, в том числе ежегодные флагманские учения по действиям в киберпространстве Cyber Coalition.

Следует отметить, что Соединенные Штаты – одна из немногих стран, чья государственная политика рассматривает киберпространство как поле боя, а потому направлена на полный контроль этой сферы [3]. При этом в США распространена концепция так называемой «дешевой войны» (War on the Cheap), сторонники которой утверждают, что один миллион долларов и 20 человек, проводящих компьютерные атаки, могут обеспечить успех, сопоставимый с результатом действий многотысячной группировки войск [4].

Сегодня в мире кратно выросло число государств, имеющих или фор-

мирующих в своих вооруженных силах подразделения информационной безопасности (ИБ) – включая кибервойска, задачей которых является проведение киберопераций. Так, подразделение радиоэлектронной разведки «8200» Армии обороны Израиля известно не только участием в успешных кибератаках на иранские объекты атомной энергетики, но и тем, что его бывшие военнослужащие подразделения являются основателями многочисленных прибыльных стартапов в сфере ИБ (например, Check Point Software Technologies). Реальный практический «боевой» опыт в киберпространстве имеют армии и спецслужбы США, Китая, КНДР, Ирана и других стран.

Кибербезопасность и энергетика

Если говорить о защите от киберугроз электроэнергетической системы, то те же Соединенные Штаты относятся к этому со всей серьезностью в связи с чрезвычайной значимостью данного сектора национальной инфраструктуры. Так, Министерство энергетики США является частью разведывательного сообщества страны наряду с такими спецслужбами, как ЦРУ, ФБР, АНБ, РУМО. В составе Министерства действует собственное Управление разведки и контрразведки, основными задачами которого являются науч-

но-техническая разведка в ядерной области и защита ядерных секретов. Кроме того, в феврале 2016 года было официально объявлено о создании в Министерстве Управления по кибербезопасности, энергетической безопасности и экстренному реагированию, которое вошло в структуру Управления разведки и контрразведки [5].

Такой подход оправдан тем, что в последнее время возросло количество киберпреступлений, совершаемых как отдельными лицами, так и организованными группами: информационные системы и ресурсы не только стали объектом атак, но и средством их совершения. На особую опасность такого элемента гибридной войны, как кибератаки на предприятия, банковскую систему, основные пункты жизнеобеспечения, неоднократно обращал внимание и Президент Республики Беларусь. Глава государства отмечал, что целью таких атак является нанесение максимального ущерба экономике и дестабилизация общества [6–8].

Глубокое проникновение энергетики во все отрасли экономики и социальную сферу определяет ее особую роль в обеспечении безопасности общества и государства. Система управления энергосистемой должна быть устойчивой к кибервоздействиям, так как достигшая своих целей кибератака с высокой вероятностью может нанести урон, сопоставимый с применением

оружия массового поражения: отключение важных инфраструктурных объектов мгновенно внесет хаос в крупные города и целые регионы [9].

Среди зафиксированных кибератак наибольший интерес представляют следующие:

- инцидент на Игналинской АЭС (Литва) в 1994 году;
- совместная операция спецслужб США и Израиля «Олимпийские игры» по выведению из строя объектов атомной энергетики Ирана с применением компьютерного вируса Stuxnet (был обнаружен в 2010 году экспертом белорусской компании, специализирующейся на разработке антивирусного ПО);
- внедрение вредоносного ПО в информационные системы южнокорейского оператора крупных ГЭС и АЭС Korea Hydro & Nuclear Power (2014), а также немецкой АЭС Gundremmingen (2015).

Нормативное регулирование информационной безопасности в Беларуси

Концепция национальной безопасности Республики Беларусь [10], утвержденная решением Всебелорусского народного собрания от 25.04.2024 № 5, определяет экономическую безопасность как «состояние защищенности отраслей и сфер экономики от воздействия угроз, препятствующих устойчивому социально-экономическому развитию Республики Беларусь». В перечень основных угроз национальной безопасности Концепцией включено в том числе нарушение безопасности функционирования критической инфраструктуры и критически важных объектов.

Согласно Закону Республики Беларусь от 03.01.2002 № 77-3 «О борьбе с терроризмом» [11] к критически важным относятся «объекты социальной, производственной, инженерно-транспортной, энергетической, информационно-коммуникационной и иной инфраструктуры, нарушение функционирования которых в результате акта терроризма может способствовать дестабилизации общественного порядка и достижению иных целей терроризма и (или) повлечь за собой человеческие жертвы, причинение вреда здоровью людей или окружающей среде, значительный материальный ущерб и нару-

шение условий жизнедеятельности людей». Совокупность таких объектов называют критически важной (критической) инфраструктурой. Ее защита является одной из наиболее важных задач обеспечения национальной безопасности любой страны.

В Беларуси на нормативном уровне также выделяются критически важные объекты информатизации (КВОИ) и регламентируется их функционирование. В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 16.04.2013 № 196 «О некоторых мерах по совершенствованию защиты информации» [12] данные объекты включаются в Государственный реестр критически важных объектов информатизации на основе критериев социальной, экономической, экологической и информационной значимости, а также показателей уровня вероятного ущерба национальным интересам страны.

Указом № 196 утверждены:

- Положение о технической и криптографической защите информации (регулирует особенности защиты информации, обрабатываемой на КВОИ);
- Положение о порядке отнесения объектов информатизации к критически важным объектам информатизации.

Приказами Оперативно-аналитического центра при Президенте Республики Беларусь (ОАЦ) от 20.02.2020 утверждены:

- Показатели уровня вероятного ущерба национальным интересам Республики Беларусь в политической, экономической, социальной, информационной, экологической и иных сферах в случае создания угроз информационной безопасности либо в результате возникновения рисков информационной безопасности в отношении объекта информатизации, не предназначенного для проведения работ с использованием государственных секретов (его составляющих элементов) (приказ ОАЦ № 65 [13]);
- Положение о порядке технической и криптографической защиты информации, обрабатываемой на критически важных объектах информатизации (приказ ОАЦ № 66 [14]).

В целях повышения уровня защиты национальной инфраструктуры от внешних и внутренних угроз подписан Указ Президента Республики Беларусь от 14.02.2023 № 40 «О кибербезопасности», регулирующий основные принципы создания и функционирования

национальной системы обеспечения ИБ. Указ № 40 является правовым фундаментом этой системы, комплексным и многоуровневым механизмом противодействия кибератакам на госорганы и организации, а также на критически важную информационную инфраструктуру. Документ взаимосвязан с Концепцией информационной безопасности, утвержденной постановлением Совета Безопасности Республики Беларусь от 18.03.2019 № 1 [15], и направлен на выполнение положений Концепции национальной безопасности.

В рамках реализации Указа № 40 издан приказ ОАЦ № 130 от 25.07.2023, которым утвержден ряд технических регламентов и требований (например, технические параметры киберинцидента), а также положения информационно-телекоммуникационного и оперативно-функционального характера [16]. В них установлен порядок информационного взаимодействия, функционирования и аттестации элементов национальной системы обеспечения кибербезопасности, в которую входят Национальный центр обеспечения кибербезопасности и реагирования на киберинциденты и соответствующие центры объектов информационной инфраструктуры государственных органов и иных организаций.

Практика повышения киберустойчивости информационной системы предприятия

Надлежащий уровень ИБ обеспечивается выполнением комплекса организационных, правовых и технических мероприятий. В качестве примера приведем опыт работы в этом направлении одной из организаций, входящих в состав ГПО «Белэнерго» (далее – предприятие). Данный опыт может быть учтен и использован другими организациями отрасли при формировании у себя системы кибербезопасности. Большая часть перечисленных мероприятий уже осуществлена, реализация некоторых продолжается или планируется.

Мероприятия по обеспечению ИБ на предприятии:

1. Создание подразделения ИБ в структуре предприятия (с разработкой положения о подразделении, должностных инструкций работников).



2. Разработка и актуализация локальных правовых актов (ЛПА), регулирующих вопросы ИБ и защиты информации на предприятии.

3. Проведение на постоянной основе инструктажей с работниками, имеющими доступ с АРМ к ресурсам сети Интернет и почтовым сервисам.

4. Обучение и повышение квалификации руководителей структурных подразделений и работников предприятия в области ИБ и защиты информации – посещение тематических курсов, семинаров, конференций и иных обучающих мероприятий.

5. Получение лицензии на деятельность по технической (и/или) криптографической защите информации в части проектирования систем защиты информации информационных систем, предназначенных для обработки информации, распространение и (или) предоставление которой ограничено, не отнесенной к государственным секретам.

6. Категорирование и аттестация информационных систем предприятия в порядке, установленном Указом № 196 и приказом ОАЦ № 66.

7. Приобретение и установка сертифицированной в Республике Беларусь системы предотвращения утечек конфиденциальной информации, или DLP-системы (запланировано).

8. Подготовка специалистами предприятия и направление в адрес регулятора предложений по совершенствованию нормативного правового регулирования защиты информации и обеспечения кибербезопасности.

9. Разработка раздела «Информационная безопасность» в документации при проектировании строительства (реконструкции) объектов энергосистемы, предусматривающего в том числе создание (модернизацию) информационных систем.

10. Разработка и внедрение системы менеджмента ИБ в соответствии с СТБ ISO/IEC 27001-2016 «Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования» [17] с последующей сертификацией в Национальной системе подтверждения соответствия Республики Беларусь.

Представляется, что перечисленные мероприятия повысят киберустойчивость информационной системы предприятия, а также минимизируют

потенциальный ущерб от целенаправленных кибератак на его информационную инфраструктуру.

Заключение

В условиях цифровизации главной уязвимостью энергосистемы становится ее чувствительность к кибератакам, которые теоретически (если злоумышленник профессионально подготавливает атаку, выберет цель и приложит необходимые усилия) могут вывести из строя энергетическую инфраструктуру целой страны. В связи с этим существенно возрастает актуальность развития, поддержания и совершенствования системы обеспечения кибербезопасности как энергообъектов, так и энергетической отрасли в целом.

Для этого в Республике Беларусь созданы все необходимые предпосылки – на государственном уровне уделяется особое внимание вопросам защиты информационных систем и противодействия кибератакам, осуществляется поддержка и поощрение лучших практик в области обеспечения кибербезопасности и достижения киберустойчивости КВОИ.

Действующая нормативная правовая база, регулирующая вопросы ИБ и защиты информации, позволяет предприятиям энергосистемы успешно реализовывать комплекс правовых, организационных и технических мероприятий, включая внедрение системы менеджмента ИБ, сертифицируемой в Национальной системе подтверждения соответствия Республики Беларусь.

Список литературы

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P219s0001>. – Дата доступа: 20.11.2024.
2. Белоус, А.И. Основы кибербезопасности. Стандарты, концепции, методы и средства обеспечения / А.И. Белоус, В.А. Солодуха. – М.: Техносфера, 2021. – 482 с.
3. Харрис, Ш. Кибервойн@: Пятый театр военных действий / Ш. Харрис; Пер. с англ. – М.: Альпина нон-фикшн, 2020. – 390 с.
4. Бартош, А.А. Гибридная война: учеб. пособие / А.А. Бартош. – М.: КНОРУС, 2023. – 306 с.
5. Белоус, А.И. Кибербезопасность объектов топливно-энергетического комплекса. Концепции, методы и средства обеспечения / А.И. Белоус. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. – 644 с.
6. Встреча с руководящим и оперативным составом органов госбезопасности [Электронный ресурс] / Официальный интернет-портал Президента Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/events/vstrecha-s-rukovodnyashchim-i-operativnym-sostavom-organov-gosbezopasnosti>. – Дата доступа: 18.11.2024.
7. Совецание по теме кибербезопасности. [Электронный ресурс] / Официальный интернет-портал Президента Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/events/soveshchanie-po-teme-kiberbezopasnosti>. – Дата доступа: 18.11.2024.
8. Встреча с активом Могилевской области [Электронный ресурс] / Официальный интернет-портал Президента Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://president.gov.by/ru/events/vstrecha-s-aktivom-mogilevskoy-oblasti>. – Дата доступа: 19.11.2024.
9. Белоус, А.И. Кибероружие и кибербезопасность. О сложных вещах простыми словами / А.И. Белоус, В.А. Солодуха. – М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. – 692 с.
10. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P924v0005>. – Дата доступа: 20.11.2024.
11. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=H10200077>. – Дата доступа: 20.11.2024.
12. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P31300196>. – Дата доступа: 20.11.2024.
13. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=T62004469>. – Дата доступа: 20.11.2024.
14. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=T62004470>. – Дата доступа: 20.11.2024.
15. О мерах по реализации Указа о кибербезопасности [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 14 февр. 2023 г., № 40. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P219s0001>. – Дата доступа: 20.11.2024.
16. О мерах по реализации Указа о кибербезопасности [Электронный ресурс]: приказ ОАЦ, 25 июля 2023 г., № 130 / Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=T62305425>. – Дата доступа: 20.11.2024.
17. Информационно-поисковая система в области технического нормирования и стандартизации «Стандарт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ips.besp.intra/ТпаDetail.php?Urllid=476001>. – Дата доступа: 20.11.2024.

Б.И. ПОПОВ,
к.т.н., доцент кафедры ядерной и радиационной
безопасности УО «Международный
государственный экологический институт
им. А.Д. Сахарова» БГУ



О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВВОДА НОВЫХ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГБЛОКОВ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Вопрос об экономической целесообразности строительства в Республике Беларусь новых ядерных энергоблоков следует рассматривать с точки зрения решения более общей задачи оптимизации структуры энергосистемы на долговременном периоде. В первой части статьи были представлены исходные данные для проведения оптимизационных расчетов на периоде до 2050 года. Во второй части приводятся результаты расчетов для четырех характерных конфигураций энергосистемы и анализируется чувствительность результатов к основным параметрам оптимизации.

Часть 2

Результаты базовых расчетов

Приводимые ниже значения, полученные при расчетах, использовались затем как точки отсчета при анализе чувствительности результатов к параметрам оптимизации. Отметим, что в первой части статьи [1] цена изготовленного ядерного топлива 2,68 \$/Гкал указана при цене урана 62 \$/кг U_3O_8 , или 73 \$/кг U (таблица 1 [1]). Изначально предполагалось принять для базовых расчетов оценку стоимости естественного урана в 100 \$/кг U_3O_8 по Б.И. Нигматулину [2], но затем решено было расширить диапазон цены в меньшую сторону.

Установленная мощность энергосистемы в таблице 4 [1] указана на начало 2023 года – 10 248 МВт. Следует учесть, что в конце года, после ввода в ноябре энергоблока № 2 БелАЭС, мощность системы возросла до 11 448 МВт.

Прочие условия проведения расчетов (установленная мощность существующей подсистемы ТЭЦ, область оптимизации, минимальный и максимально возможный резервы мощности, норма дисконтирования) также приведены в первой части статьи.

При проведении вариантных оптимизационных расчетов по программе WASP был рассмотрен ряд конфигураций, реализующих различные подходы к возможному расширению энергосистемы:

- газовая (без ввода новых ядерных энергоисточников (ЭИ));
- ядерно-газовая («базовая», с вводом всех блоков-кандидатов);
- альтернативная ядерно-газовая (без ввода новых блоков ВВЭР-1200);
- ядерная (без ввода новых ЭИ на природном газе).

Таблица 1. Ограничения по составу энергоблоков, участвующих в расширении энергосистемы, для различных конфигураций

Блоки-кандидаты	Конфигурации			
	газовая	ядерно-газовая	альтернативная ядерно-газовая	ядерная
К-300	+	+	+	–
ПГУ	+	+	+	–
ВВЭР-1200	–	+	–	+
ВК-300	–	+	+	+

Газовая и ядерная конфигурации реализуют «крайние» подходы к развитию энергосистемы. По отношению к ним ядерно-газовые конфигурации являются «компромиссными» и характеризуются различными долями ядерных ЭИ в полной мощности, необходимой для расширения энергосистемы (см. таблицу 1).

Альтернативная ядерно-газовая конфигурация представляет концепцию расширения энергосистемы на базе АЭС с малыми модульными реакторами (ММР). В последние годы эта концепция находит все больше сторонников в странах, активно развивающих свои ядерные энергетические программы, в связи с определенными преимуществами ММР перед блоками на основе крупных реакторов типа ВВЭР-1200 [3]. Как показали результаты анализа чувствительности к цене ядерного топлива (см. ниже), рассмотрение этой концепции оправдано и для Белорусской энергосистемы.

Все конфигурации оптимизированы с учетом указанных ограничений для получения минимума целевой функции (ЦФ).

В таблице 2 приведены полученные в результате расчетов оптимальные количества вводимых блоков-кандидатов по годам исследуемого периода.

Значения ЦФ и ее составляющих для рассматриваемых конфигураций приведены в таблице 3. Данные таблицы



Таблица 2. Оптимальное количество блоков-кандидатов

Год	Конфигурация										
	газовая		ядерно-газовая				альтернативная ядерно-газовая			ядерная	
	К-300	ПГУ	К-300	ПГУ	ВВЭР-1200	ВК-300	К-300	ПГУ	ВК-300	ВВЭР-1200	ВК-300
2031	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	1
2032	-	1	-	1	-	-	-	1	-	1	1
2033	-	2	-	2	-	-	-	2	-	1	1
2034	-	3	-	3	-	-	-	3	-	1	1
2035, 2036	-	4	-	4	-	-	-	4	-	1	1
2037	-	7	-	4	1	-	-	5	1	2	1
2038	-	7	-	4	1	-	-	6	1	2	1
2039, 2040, 2041	-	8	-	5	1	-	-	7	2	3	1
2042, 2043, 2044, 2045	-	9	-	6	1	-	-	8	2	3	1
2046	1	9	1	6	1	-	-	8	2	3	1
2047, 2048	1	9	1	6	1	-	-	8	2	3	2
2049	1	9	1	6	1	1	-	8	3	3	3
2050	2	9	1	6	1	1	1	8	3	3	3
Мощность, МВт	600	3843	300	2562	1200	250	300	3416	750	3600	750
Всего, МВт	4443		4312				4466			4350	

Таблица 3. Структура целевых функций разных конфигураций при норме дисконтирования 7 %, млн \$

Составляющие ЦФ	Конфигурация			
	газовая	ядерно-газовая	альтернативная ядерно-газовая	ядерная
Капитальные затраты	1707	2464	2163	4525
Затраты на топливо	15 845	15 099	15 526	10 707
Эксплуатационные затраты	5965	6130	6034	9271
Ликвидационная стоимость	-356	-673	-578	-1305
Значение ЦФ	23 161	23 019	23 145	23 198

подтверждают, что при решении оптимизационных задач по энергетическому планированию наблюдается известная «пологость» поведения ЦФ в области оптимума [4] (значения ЦФ различаются в диапазоне всего 0,8 %).

При этом из таблицы 3 видно, что по отдельным составляющим разница между конфигурациями весьма существенна. Приведем соответствующие диапазоны:

- по капзатратам – 0–62 % (по отношению к максимальным затратам);
- по топливным затратам – 0–32 %;
- по эксплуатационным затратам – 0–36 %;
- по ликвидационной стоимости – 0–73 %.

Графически поведение ЦФ и ее составляющих в зависимости от доли ядерных мощностей в области расширения энергосистемы показано на рисунке 1.

Поведение ЦФ объясняется взаимной компенсацией отчетливо различных в экономическом отношении составляющих. Оно не универсально для любых энергосистем, а характерно для исследуемой системы с заданными параметрами.

Таким образом, специфика энергосистемы Беларуси (при использовании описанных выше исходных данных) заключается в том, что в область оптимума по ЦФ WASP попадают решения, основанные на различных подходах

к конфигурации системы – как с использованием только газовых ЭИ, так и с вводом только ядерных, а также компромиссные варианты.

На рисунке 2 показана структура мощностей по годам исследуемого периода при ядерно-газовой конфигурации с вводом крупного ядерного ЭИ в 2037 году и ММР – в 2049-м.

Доля ядерных мощностей в энергосистеме с такой конфигурацией (как нетрудно посчитать с использованием диаграммы рисунка 2), увеличится с 21 % в 2024 году до 30 % в 2050-м, что несколько улучшит показатели энергетической безопасности системы.

Чувствительность результатов к параметрам оптимизации

Чувствительность к капзатратам блоков-кандидатов на природном газе. Приведенные выше результаты расчетов получены при капзатратах на строительство новых ЭИ «с нуля», то есть без учета возможностей реконструкции и модернизации существующих (например, блоков Лукомльской ГРЭС). С учетом этих возможностей удельные капзатраты на блоки-кандидаты на природном газе могут быть снижены. На рисунке 3 показано поведение ЦФ в зависимости от их относительного снижения.

Крайняя правая точка на графике представляет ядерно-газовую конфигурацию, в данном случае являющуюся «базовой».

По оси абсцисс отложен коэффициент К, на который умножаются капзатраты на газовые ЭИ «базового» варианта. Излом графика при значении К около 0,65 объясняется качественным изменением структуры расширения энергосис-

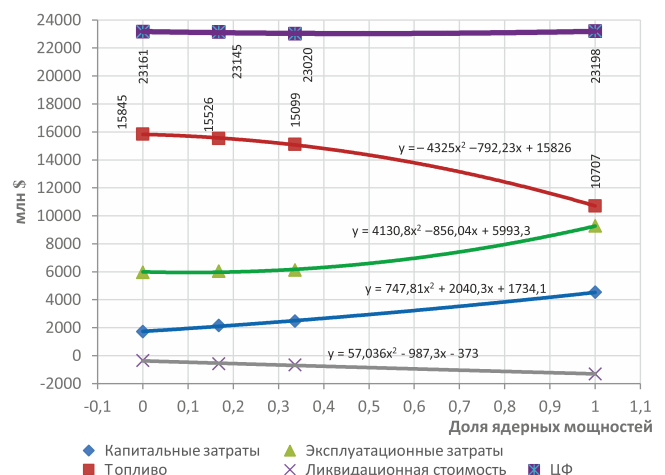


Рис. 1. Целевая функция и ее составляющие в зависимости от доли ядерных мощностей

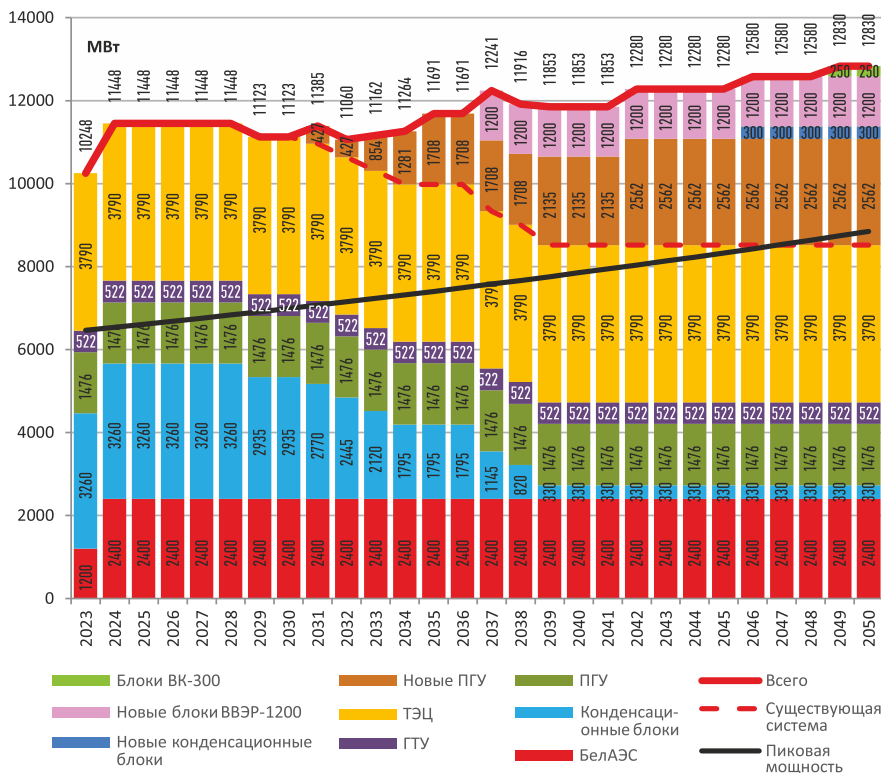


Рис. 2. Структура мощностей оптимальной конфигурации

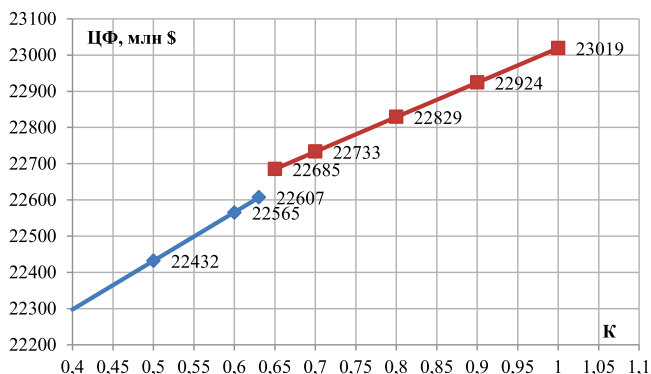


Рис. 3. Целевая функция в зависимости от снижения капзатрат на газовые блоки

стемы. При более низких значениях К ядерные ЭИ в оптимальную структуру не входят.

В таблице 4 показано, как изменяется оптимальная структура расширения системы при снижении капзатрат на газовые блоки, в том числе в области излома графика.

Из результатов, показанных на рисунке 3 и в таблице 4, можно сделать следующие заключения:

- 1) при прочих равных условиях при снижении капзатрат на газовые блоки по сравнению с базовыми значениями (800 \$/кВт для К-300 и 1000 \$/кВт для ПГУ) в диапазоне 0–35 % основу расширения энергосистемы составляет крупный ядерный ЭИ с реактором типа ВВЭР-1200;
- 2) при снижении капзатрат на газовые блоки более чем на 35 % ни крупные ядерные ЭИ, ни блоки с ММП не входят в оптимальную конфигурацию энергосистемы.

Чувствительность к капзатратам на сооружение ММП. Снижение капзатрат за счет модернизации существующих газовых ЭИ вместо строительства новых представляется наиболее экономически оправданным. Поэтому дальнейшее исследование чувствительности

результатов оптимизации проведено по отношению к конфигурации с капзатратами на К-300 и ПГУ, равными 400 и 500 \$/кВт соответственно.

Важно выяснить, насколько необходимо снизить капзатраты на сооружение ядерных блоков, чтобы обеспечить их присутствие в оптимальных конфигурациях при низких капзатратах на модернизацию газовых ЭИ. Ответ на этот вопрос виден из таблицы 5. Это относится только к блокам с ММП ВК-300: капзатраты на крупные ядерные блоки вряд ли могут быть снижены, тогда как при сооружении серии блоков на основе ММП это возможно.

В таблице показано изменение оптимальной конфигурации в зависимости от капзатрат на сооружение блоков с ММП ВК-300 при сниженных вдвое (по сравнению с «базовой» ядерно-газовой) капзатратах на газовые блоки. Как видно из таблицы, уже при снижении затрат на блоки с ММП на 8,3 % (с 3000 до 2750 \$/кВт) в оптимальную конфигурацию входят два таких блока: первый вводится в 2042 году, второй –

в 2045-м. При снижении затрат до 2500 \$/кВт доля блоков с ВК-300 в оптимальной конфигурации увеличивается (вводятся четыре блока).

Чувствительность к цене ядерного топлива. Эту оценку проведем по отношению к варианту конфигурации с капзатратами 2500 \$/кВт на ядерный блок с ММП ВК-300 и сниженными капзатратами на газовые блоки.

Изменение оптимальной конфигурации в зависимости от цены топлива для ММП ВК-300 показано в таблице 6. Как видно из таблицы, при цене на естественный уран 100 \$/кг U_3O_8 и выше ядерные ЭИ не входят в оптимальную конфигурацию энергосистемы. Однако, как упоминалось выше, поведение ЦФ в области оптимума отличается «пологостью». При указанной цене на уран существует вариант конфигурации с ЦФ = 22 692,218 (значение, близкое к оптимальному) с вводом первого блока с ММП ВК-300 в 2047 году и второго блока – в 2049-м.

Выводы

Однозначно ответить на вопрос о целесообразности ввода новых ядерных ЭИ в энергосистему Беларуси нельзя, так как оптимальная структура мощностей зависит от ряда параметров блоков – кандидатов на расширение энергосистемы и от цен на естественный уран. Тем не менее обрисовать границы областей этих параметров, при которых ввод новых ядерных блоков экономически целесообразен, возможно. Результаты оптимизационных расчетов и анализа чувствительности показали следующее.

Экономическая целесообразность ввода новых ядерных блоков (как крупных, так и с ММП ВК-300) не вызывает сомнений при капзатратах на строительство газовых блоков порядка 800–1000 \$/кВт, крупных ядерных блоков – порядка



Таблица 4. Изменение структуры расширения энергосистемы при снижении капзатрат на газовые блоки

Блоки-кандидаты	К-300		ПГУ		ВВЭР-1200		ВК-300		К-300		ПГУ		ВВЭР-1200		ВК-300		К-300		ПГУ		ВВЭР-1200		ВК-300	
	800	1000	2500	3000	720	900	2500	3000	520	650	2500	3000	504	630	2500	3000	400	500	2500	3000				
Кoeffициент К	1*				0,9				0,65				0,63				0,5							
Удельные капзатраты, \$/кВт	800	1000	2500	3000	720	900	2500	3000	520	650	2500	3000	504	630	2500	3000	400	500	2500	3000				
2031, 2032	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-				
2033, 2034	-	2	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-				
2035, 2036	-	4	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-				
2037, 2038	-	4	1	-	-	4	1	-	-	4	1	-	-	6	-	-	-	6	-	-				
2039, 2040, 2041	-	5	1	-	-	5	1	-	-	5	1	-	-	8	-	-	-	8	-	-				
2042, 2043, 2044, 2045	-	6	1	-	-	6	1	-	-	6	1	-	-	9	-	-	-	9	-	-				
2046	1	6	1	-	1	6	1	-	-	7	1	-	-	9	-	-	-	9	-	-				
2047, 2048	1	6	1	-	1	6	1	-	-	7	1	-	1	9	-	-	-	10	-	-				
2048	1	6	1	-	1	6	1	-	-	7	1	-	1	9	-	-	-	10	-	-				
2049	1	6	1	1	1	6	1	1	-	7	1	-	1	9	-	-	-	10	-	-				
2050	1	6	1	1	1	6	1	1	-	7	1	1	1	9	-	-	-	10	-	-				
Мощность, МВт	300	2562	1200	250	300	2562	1200	250	0	2989	1200	250	300	3843	0	0	0	4270	0	0				
Всего, МВт	4312				4312				4439				4143				4270							
ЦФ, млн \$	23 019				22 924				22 685				22 607				22 432							

* «Базовая» ядерно-газовая конфигурация.

Таблица 5. Изменение структуры расширения энергосистемы при снижении капзатрат на сооружение ММП ВК-300 (капзатраты на газовые блоки снижены вдвое)

Блоки-кандидаты	К-300		ПГУ		ВВЭР-1200		ВК-300		К-300		ПГУ		ВВЭР-1200		ВК-300		К-300		ПГУ		ВВЭР-1200		ВК-300	
	400	500	2500	3000	400	500	2500	2750	400	500	2500	2500	400	500	2500	2000								
2031, 2032	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-								
2033	-	2	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-								
2034	-	3	-	-	-	3	-	-	-	3	-	-	-	3	-	-								
2035, 2036	-	4	-	-	-	4	-	-	-	3	-	1	-	3	-	1								
2037	-	6	-	-	-	6	-	-	-	5	-	1	-	5	-	1								
2038	-	6	-	-	-	6	-	-	-	6	-	1	-	6	-	1								
2039, 2040	-	8	-	-	-	8	-	-	-	7	-	1	-	7	-	1								
2041	-	8	-	-	-	8	-	-	-	8	-	1	-	8	-	1								
2042, 2043, 2044	-	9	-	-	-	8	-	1	-	8	-	1	-	8	-	1								
2045, 2046	-	9	-	-	-	8	-	2	-	8	-	2	-	8	-	2								
2047	-	10	-	-	-	8	-	2	-	8	-	2	-	8	-	2								
2048, 2049	-	10	-	-	-	9	-	2	-	8	-	3	-	8	-	3								
2050	-	10	-	-	-	9	-	2	-	8	-	4	-	8	-	4								
Мощность, МВт	0	4270	0	0	0	3843	0	500	0	3416	0	1000	0	3416	0	1000								
Всего, МВт	4270				4343				4416				4416											
ЦФ, млн \$	22 432				22 442				22 421				22 361											

2500 \$/кВт, блоков на ММП – порядка 3000 \$/кВт и стоимости естественного урана порядка 62 \$/кг U_3O_8 (73 \$/кг U).

Как следует из анализа чувствительности результатов к параметрам оптимизации, вводу новых газовых блоков целесообразно предпочесть модернизацию и реконструкцию существующих, что значительно снижает капзатраты. Дальнейшие выводы относятся к уровню капзатрат на газовые блоки, сниженному вдвое (до 400–500 \$/кВт).

Целесообразность ввода новых ядерных ЭИ существенно зависит в этом случае от капзатрат на их строительство и цен на ядерное топливо. При сниженных капзатратах на газовые блоки, капзатратах порядка 2500 и 3000 \$/кВт на крупные ядерные блоки и ММП соответственно и ценах на уран от 62 \$/кг U_3O_8 ядерные ЭИ обоих рассмотренных типов не входят в оптимальную конфигурацию расширения энергосистемы.

Таблица 6. Изменение структуры расширения энергосистемы при увеличении стоимости ядерного топлива

Блоки-кандидаты	К-300	ПГУ	ВВЭР-1200	ВК-300	К-300	ПГУ	ВВЭР-1200	ВК-300	К-300	ПГУ	ВВЭР-1200	ВК-300	К-300	ПГУ	ВВЭР-1200	ВК-300
Цена на уран	74 \$/кг U ₃ O ₈ (87 \$/кг U)				81 \$/кг U ₃ O ₈ (96 \$/кг U)				88 \$/кг U ₃ O ₈ (104 \$/кг U)				100 \$/кг U ₃ O ₈ (118 \$/кг U)			
Топливо ВК-300, \$/Гкал	313				323				331				346			
Удельные капзатраты, \$/кВт	400	500	2500	2500	400	500	2500	2500	400	500	2500	2500	400	500	2500	2500
2031, 2032	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-
2033	-	2	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-
2034	-	3	-	-	-	3	-	-	-	3	-	-	-	3	-	-
2035, 2036	-	3	-	1	-	4	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-
2037	-	5	-	1	-	6	-	-	-	6	-	-	-	6	-	-
2038	-	6	-	1	-	6	-	-	-	6	-	-	-	6	-	-
2039, 2040	-	7	-	1	-	8	-	-	-	8	-	-	-	8	-	-
2041	-	8	-	1	-	8	-	-	-	8	-	-	-	8	-	-
2042, 2043, 2044	-	8	-	1	-	9	-	-	-	9	-	-	-	9	-	-
2045, 2046	-	8	-	2	-	9	-	-	-	9	-	1	-	10	-	-
2047	-	8	-	2	-	9	-	1	-	9	-	1	-	10	-	-
2048	-	8	-	3	-	9	-	1	-	9	-	1	-	10	-	-
2049	-	8	-	3	-	9	-	2	-	9	-	2	-	10	-	-
2050	-	8	-	4	-	9	-	2	-	9	-	2	-	10	-	-
Мощность, МВт	0	3416	0	1000	0	3843	0	500	0	3843	0	500	0	4270	0	0
Всего, МВт	4416				4343				4343				4270			
ЦФ, млн \$	22 507				22 567				22 611				22 692,210			

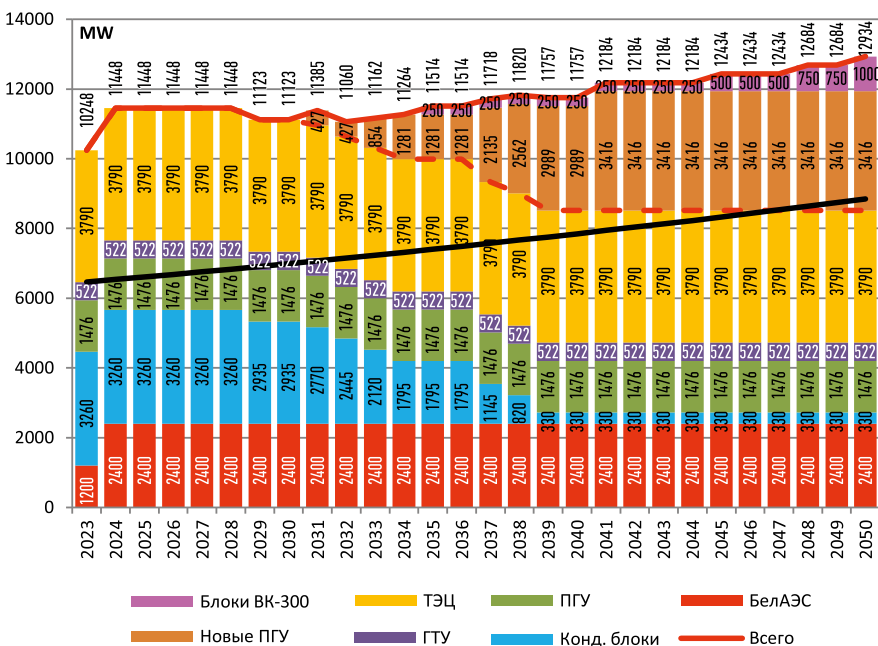


Рис. 4. Оптимальная конфигурация энергосистемы: капзатраты на новые ПГУ – 500 \$/кВт, на ВК-300 – 2500 \$/кВт, цена естественного урана – 74 \$/кг U₃O₈

Список литературы

1. Попов, Б.И. О целесообразности ввода новых ядерных энергоблоков в энергосистему Республики Беларусь. Часть 1 / Б.И. Попов // Энергетическая стратегия. – 2024. – № 5 (101). – С. 32–36.
2. Нигматулин, Б.И. Атомная энергетика Мира и России. Состояние и развитие. 1970 – 2018 – 2040 (2050) гг. / Б.И. Нигматулин. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский дом МЭИ, 2022. – 420 с.: ил.
3. Advances in small modular reactor technology developments. 2020 Edition, A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS). – IAEA. – 343 p.
4. Хрулев, Л.С. Оптимизация систем теплофикации и централизованного теплоснабжения / Л.С. Хрулев, И.А. Смирнов. – М.: Энергия, 1978. – 264 с.

При снижении капзатрат на строительство серии блоков с ММР типа ВК-300 до 2500 \$/кВт целесообразен ввод четырех таких блоков (в 2035, 2045, 2048 и 2050 годах). Цена урана при этом не должна превышать 74 \$/кг U₃O₈. В данную конфигурацию энергосистемы не входят крупные ядерные блоки (структура ее мощностей показана на рисунке 4).

При цене урана 81 \$/кг U₃O₈ и выше количество вводимых блоков с ВК-300 уменьшается до двух, оптимальный срок ввода первого блока сдвигается на 2047 год, второго – на 2049-й.

При повышении цены урана до 100 \$/кг U₃O₈ оптимальна чисто газовая конфигурация, хотя вариант с вводом двух блоков ВК-300 (в 2047 и 2049 годах) близок к оптимальному.

Концепция расширения энергосистемы за счет АЭС с ММР ВК-250 может рассматриваться как альтернатива вводу крупных ядерных ЭИ по двум причинам: во-первых, она обеспечивает большую гибкость при принятии решений по развитию системы, а во-вторых, в конце исследованного периода (2047–2050 годы) может конкурировать с чисто газовой концепцией при ценах на уран до 90–100 \$/кг U.



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



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



ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОМ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Обеспечение надежности и безопасности оборудования АЭС является приоритетной задачей на всех этапах ее жизненного цикла. Для достижения максимальной эффективности эксплуатации станции и требуемого уровня ее безопасности необходимо поддерживать работоспособность и надежность оборудования реакторной установки на протяжении всего срока его службы. В первой части статьи определены цели и нормативные основы проведения работ по управлению ресурсом оборудования АЭС, рассмотрена структура системы управления ресурсом, а также представлены возможности системы автоматизированного контроля остаточного ресурса.

Часть 1

Воздействие эксплуатационных факторов на оборудование и трубопроводы энергоблока АЭС приводит к возникновению необратимых структурных изменений в конструктивных материалах, изнашиванию сопряженных деталей, разрушению защитных покрытий, коррозии и, как следствие, появлению повреждений и отказов, число которых со временем может возрасти. Все это может стать причиной досрочного истощения ресурса оборудования и трубопроводов АЭС и снижения уровня безопасности эксплуатации ниже установленного на этапах проектирования и сооружения.

Целями проведения работ по управлению ресурсом оборудования являются:

- обеспечение эксплуатации энергоблоков АЭС с соблюдением требований ядерной, радиационной, технической, пожарной и экологической безопасности;
- сохранение требуемых функций безопасности элементов и систем энергоблока с учетом изменений, которые происходят со временем;
- обеспечение требуемого технического состояния и ресурса элементов и систем;
- своевременное выполнение мероприятий по контролю технического

состояния и управлению ресурсом элементов и систем;

- периодическая оценка соответствия текущих значений ресурсных характеристик элементов энергоблока требованиям, установленным в нормативной, проектно-конструкторской и эксплуатационной документации.

Для управления процессами старения и деградации на АЭС, определения технического состояния и остаточного ресурса оборудования и трубопроводов необходимо разрабатывать и постоянно актуализировать соответствующие методики оценки и прогнозирования с учетом требований нормативных и руководящих документов, а также анализа международного опыта эксплуатации АЭС.

Начиная с конца 1980-х годов Международным агентством по атомной энергии (МАГАТЭ) был накоплен значительный объем информации по проблемам управления ресурсом на АЭС и опубликован ряд руководящих материалов (по программам управления ресурсом, в том числе для конкретных элементов АЭС, по вопросам управления старением и др.).

Стандарты МАГАТЭ отражают лучший опыт и практику стран, использующих атомную энергию, и предназначены для поддержки формирования соответствующей национальной нормативной базы. В 2023 году МАГАТЭ

было опубликовано специальное руководство по безопасности № SSG-48 «Управление старением и разработка программы долгосрочной эксплуатации атомных электростанций» (Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants) [1], которое содержит рекомендации по соблюдению требований безопасной долгосрочной эксплуатации и определяет ключевые элементы эффективного управления ресурсом АЭС.

Со второй половины 1990-х годов влияние старения и деградации на конструктивные материалы активно исследуется в Российской Федерации. По результатам этих исследований с учетом рекомендаций МАГАТЭ и опыта эксплуатации атомных станций разрабатываются методики по оценке технического состояния и ресурса оборудования и трубопроводов АЭС, утверждаются новые нормативные документы. На всех АЭС осуществляется разработка и внедрение программ управления ресурсом.

В Беларуси с начала строительства БелАЭС также ведется разработка нормативной базы по управлению ресурсом. Утверждены и применяются нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности, а также руководства по ядерной и радиационной безопасности.

Структура системы управления ресурсом

Управление ресурсом оборудования и трубопроводов АЭС предполагает выполнение комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на сохранение или уменьшение темпов выработки ресурса в процессе эксплуатации за счет:

- своевременного обнаружения деградации, вызванной старением, и поддержания ее в приемлемых пределах;
- контроля накопленного усталостного повреждения;
- анализа ресурсных характеристик оборудования и трубопроводов.

Схема оценки остаточного ресурса на АЭС представлена на рисунке 1 [2].

Мероприятия по управлению ресурсом включают:

- эксплуатационный контроль состояния основного металла и сварных швов (испытания, осмотры, технические освидетельствования);
- техническое обслуживание и ремонт;
- контроль накопленного усталостного повреждения на основе непрерывного сбора данных о параметрах эксплуатации реакторной установки с использованием автоматизированных систем контроля;
- сбор, обработку, анализ, систематизацию и хранение информации, определяющей ресурс оборудования и трубопроводов в течение всего срока их службы (для оценки остаточного ресурса).

Выбор метода прогнозирования остаточного ресурса зависит от условий эксплуатации, характера преобладающего процесса деградации (изнашивание, коррозия, усталость, ползучесть и др.), необходимой точности и достоверности прогноза, а также от технических возможностей реализации метода.

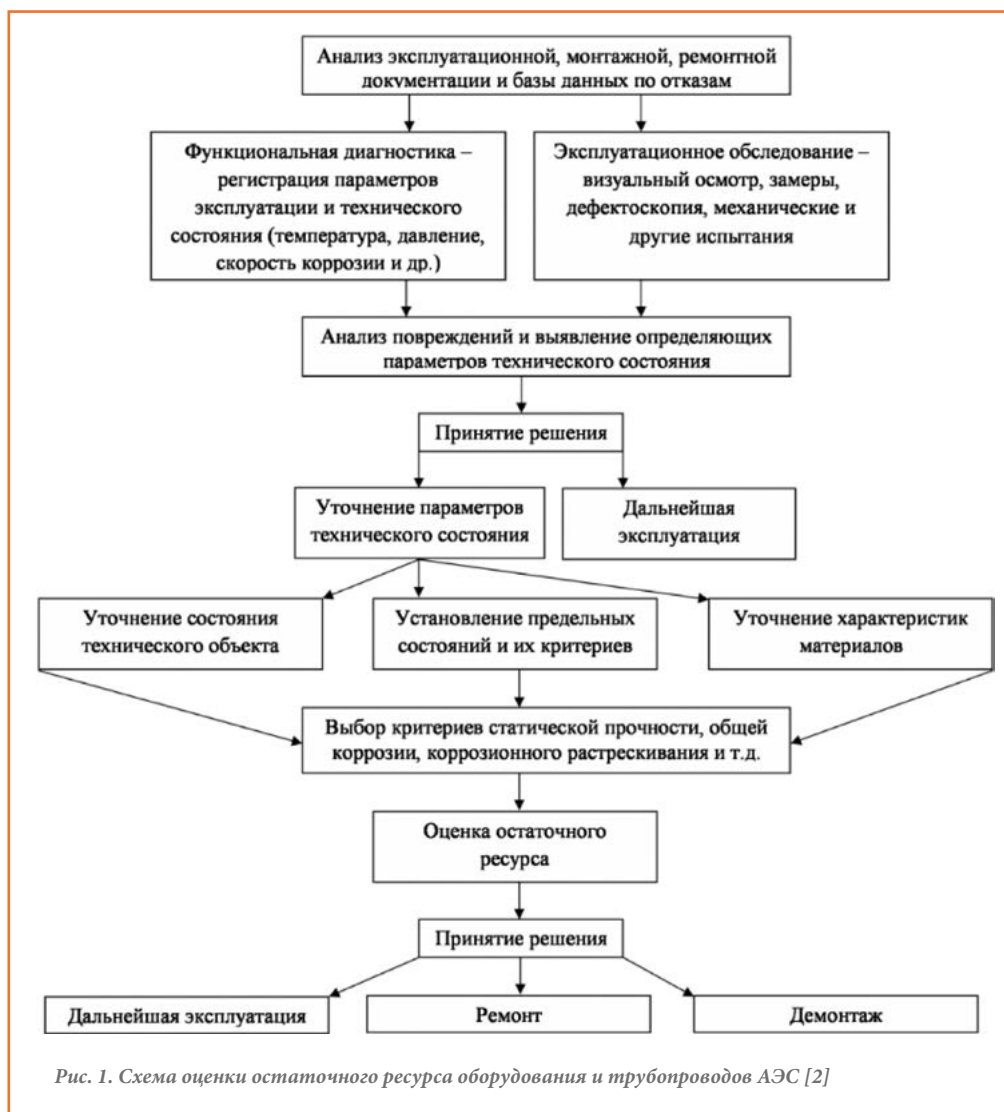


Рис. 1. Схема оценки остаточного ресурса оборудования и трубопроводов АЭС [2]

Система автоматизированного контроля остаточного ресурса

Контроль и диагностирование состояния активной зоны и основного технологического оборудования реакторной установки на работающем энергоблоке осуществляет система автоматизированного контроля остаточного ресурса (САКОР). Система выполняет оценку остаточного ресурса на основе непрерывного контроля теплотехнических параметров в различных режимах эксплуатации. САКОР контролирует нагрузку оборудования и трубопроводов от термопульсации, стратификации и непроежных перемещений, а также позволяет оценивать степень накопленного усталостного повреждения в контрольных точках оборудования [3]. В работе САКОР также используются показания датчиков АСУ ТП: погружных и поверхностных термометров на трубопроводах, датчиков перемещения СКГА, термометров сопротивления СВРК и др.

На рисунках 2, 3 показаны некоторые контрольные точки на оборудовании реакторной установки [4].

В состав основного контролируемого оборудования входят реактор с крышкой, главные циркуляционные насосные агрегаты, парогенераторы, компенсатор давления, главные циркуляционные трубопроводы, трубопроводы систем компенсации давления и аварийного охлаждения зоны [5].

Анализ результатов работы САКОР дает возможность сократить объем инструментального контроля металла, поскольку расчет накопленного усталостного повреждения и остаточного ресурса оборудования можно выполнить по показаниям датчиков системы [6]. Дополнительный контроль проводится только в зонах наибольшего нагружения оборудования (карман горячего коллектора парогенератора, сварное соединение рубашки с трубой патрубка СУЗ, врезка соединительного трубопровода в КД и т.д.).

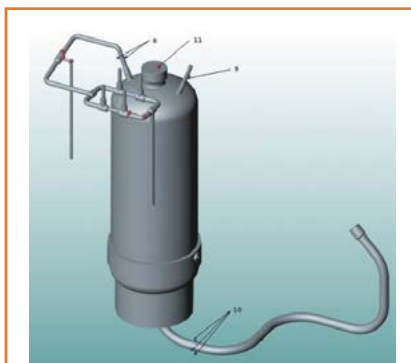


Рис. 2. Термометры сопротивления САКОР [4]:

- 1 – на патрубке САОЗ;
- 2 – на трубопроводе питательной воды;
- 3 – на трубопроводе подпитки;
- 4 – на патрубке аварийного ввода бора;
- 5 – на патрубке планового и ремонтного расхолаживания;
- 6 – на патрубке СБВБ

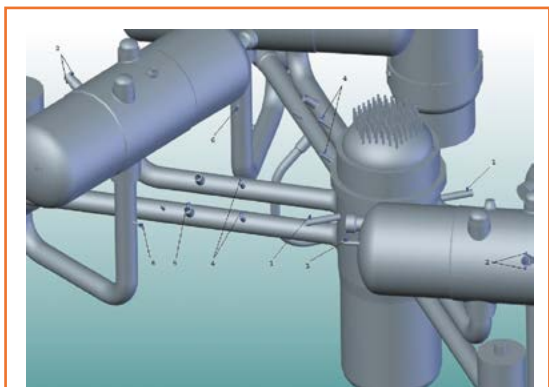


Рис. 3. Контрольные точки САКОР на компенсаторе давления [4]:

- 8 – погружные термометры сопротивления на патрубке впрыска;
- 9 – поверхностный термометр сопротивления на аварийном впрыске бора;
- 10 – погружные термометры сопротивления на соединительном трубопроводе

На Белорусской АЭС внедрена система автоматизированного контроля остаточного ресурса САКОР-491. К основным характеристикам системы относятся:

- полный набор контрольных точек (более 200) на оборудовании и трубопроводах в объеме, достаточном для оценки остаточного ресурса;
- контроль с использованием штатных датчиков АСУ ТП;
- диагностика зон повышенной нагруженности оборудования реакторной установки;
- возможность проводить расчет напряжений в контрольных точках непосредственно на АЭС по реальным параметрам эксплуатации;

- использование проектных прочностных расчетов оборудования за счет применения специальной методики определения коэффициентов в аппроксимирующих функциях;
 - использование базы данных по свойствам материалов (приведенных в сертификатах и/или полученных в процессе эксплуатационного контроля металла);
 - автоматизированное ведение баз данных по нагружающим факторам, напряжениям в контрольных зонах и точках, накопленному усталостному повреждению и усталостному росту дефектов;
 - выдача протоколированных результатов на монитор вычислительного комплекса САКОР.
- Система выполняет расчеты следующих показателей:

- нагружающих факторов по показаниям штатных датчиков;
- напряжений в контрольных зонах и точках по нагружающим факторам;
- накопленного усталостного повреждения по изменениям напряжений;
- усталостного роста дефектов по изменениям коэффициентов интенсивности напряжений;
- предельных состояний по критериям усталостного повреждения, вязкой и хрупкой прочности.

В свою очередь, формула для определения напряжений в контрольных точках учитывает все нагружающие факторы: вес, давление, температурную компенсацию в условиях стратификации и без нее, неравномерность температурного поля по узлу, вызванную изменением температуры теплоносителя (включая температурные удары и стратификацию), а также непроектное перемещение оборудования.

Сбор данных для анализа система осуществляет круглосуточно, а расчет остаточного ресурса основного оборудования реакторной установки – периодически (по запросу персонала).

Поскольку реальное нагружение элементов оборудования и трубопроводов может отличаться от расчетного, знание остаточного ресурса по результатам работы САКОР позволяет

управлять старением металла оборудования и оперативно принимать решения о проведении ремонтных мероприятий или дальнейшей эксплуатации оборудования АЭС.

В случае наличия незначительной дефектности элементов оборудования реакторной установки результаты работы САКОР могут быть использованы для обоснования безопасной эксплуатации данного оборудования без проведения ремонта.

Данные, полученные в результате работы САКОР, должны быть положены в основу анализа состояния оборудования и трубопроводов при проведении работы по обоснованию возможности эксплуатации реакторной установки сверх проектного срока службы (то есть по продлению срока службы).

Во второй части статьи будет описан порядок проведения эксплуатационного контроля и работ по ТОиР, определена необходимость создания и применения информационной базы данных для управления ресурсом оборудования и трубопроводов АЭС.

Список литературы

1. Управление старением и разработка программы долгосрочной эксплуатации атомных электростанций: специальное руководство по безопасности № SSG-48. – Вена: Международное агентство по атомной энергии, 2023.
2. Расчет остаточного ресурса технических устройств (оборудования). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ruspromexpert.ru>. – Дата доступа: 20.01.2023.
3. Анохин, А.Е. Система автоматизированного контроля остаточного ресурса оборудования реакторной установки атомной электростанции / А.Е. Анохин, С.Н. Грицюк // Молодой ученый. – 2015. – № 22.5 (102.5). – С. 1–3.
4. Дранченко, Б.Н. Система автоматизированного контроля остаточного ресурса применительно к проектам нового поколения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gidropress.podolsk.ru/files/proceedings/mntk2007/disc/documents/f100.pdf>. – Дата доступа: 12.03.2022.
5. Беркович, В.Я. Система автоматизированного контроля остаточного ресурса САКОР-320 / В.Я. Беркович, А.В. Богачев, А.И. Черняков // Обеспечение безопасности АЭС с ВВЭР: материалы 7-й междунар. науч.-техн. конф., ОКБ «ГИДРОПРЕСС», Подольск, 17–20 мая 2011 г. / ОКБ «ГИДРОПРЕСС», 2011. – 9 с.
6. Беркович, В.Я. Использование системы автоматизированного контроля остаточного ресурса для решения эксплуатационных задач АЭС с ВВЭР / В.Я. Беркович [и др.] // Проблемы прочности. – 2010. – № 1. – С. 62–69.



А.М. МАЛИНОВСКИЙ,
директор филиала
Госэнергогазнadzора
по Гродненской области

ПОДГОТОВКА ИНСПЕКТОРОВ ЭНЕРГОГАЗИНСПЕКЦИЙ

Инспектор энергогазинспекции – ключевая должность органа госэнергогазнadzора. Профессиональная подготовка и патриотическое воспитание персонала, его закрепление в организациях и формирование престижа должности инспектора являются первостепенными задачами каждого филиала Госэнергогазнadzора. От качественного выполнения государственными инспекторами своих обязанностей по энергетическому и газовому надзору во многом зависит надежная и безопасная работа систем энергоснабжения, энергетического и газового оборудования, вводных и внутренних газопроводов в жилищном фонде, безопасность жизни и здоровья людей.

Главной особенностью труда инспектора госэнергогазнadzора является большой объем разноплановой работы, в первую очередь профилактической направленности. Это осуществление надзора за соблюдением требований к техническому состоянию, устройству, технической эксплуатации энергоустановок, а также газового оборудования, вводных и внутренних газопроводов и систем обеспечения безопасности при их эксплуатации в жилищном фонде.

Деятельность инспектора также включает надзор за организацией и проведением мероприятий по обеспечению надежного энергоснабжения потребителей, участие (в пределах компетенции) в работе комиссий, создаваемых в соответствии с законодательством, ведение административного процесса, рассмотрение обращений юридических и физических лиц, в том числе индивидуальных пред-

принимателей, осуществление административных процедур в отношении субъектов хозяйствования и граждан. И конечно, инспектор должен проводить информационную работу по предупреждению аварий и профилактике травматизма в энергоустановках, при эксплуатации газового оборудования, вводных и внутренних газопроводов.

Подбор кадров – курс на опережение

В условиях определенного дефицита квалифицированных кадров на рынке труда следует искать кандидатов на должность государственных инспекторов по энергетическому и газовому надзору среди молодых специалистов – выпускников высших учебных заведений.

В частности, филиал Госэнергогазнadzора по Гродненской области (далее – филиал) имеет положительный опыт подбора кандидатов на эту должность из числа студентов вузов, проходящих производственную практику в учреждении. Так, к двоим из пяти молодых специалистов, которые трудоустроились в филиал в 2024 году, мы начали присматриваться еще в 2022-м, на этапе прохождения ими практики.

Кроме того, в ходе проведения курсов, викторин, лекций, иных мероприятий профилактической направленности в учреждениях образования персоналом филиала проводится работа по профориентации учащихся, что способствует осознанному выбору профессии энергетика. При этом наиболее активные ученики, демонстрирующие высокий уровень знаний, поощряются сувенирной продукцией. За такими ребятами мы пристально наблюдаем еще со школьной скамьи.

Результаты работы на опережение уже есть. С 2022 года в филиал было распределено 10 выпускников республиканских вузов. По состоянию на 1 сентября текущего года 11,5 % от списочной численности работников (23 человека) составили люди в возрасте до 31 года.

Для повышения заинтересованности молодых специалистов в работе в Госэнергогазнadzоре им оказывается

К сведению

В соответствии с Единым квалификационным справочником должностей служащих (выпуск 3) «Должности служащих, занятых в электроэнергетике», утвержденным постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 29.05.2020 № 56, на должность инспектора энергогазинспекции назначается лицо, имеющее высшее образование по группам специальностей «Энергетика», «Электроэнергетика, теплоэнергетика», «Системы водного хозяйства и теплогазоснабжения» без предъявления требований к стажу работы или среднее специальное образование и стаж работы по специальности в соответствующей сфере деятельности не менее трех лет.



мотивационная поддержка: выплата единовременного пособия при переезде на работу в другую местность, помощь в подборе жилья, частичная компенсация расходов по договору найма жилого помещения, возможность получения второго высшего образования.

Возрождение наставничества

С целью закрепления молодых специалистов на рабочем месте, успешной реализации ими производственных задач, повышения профессионального потенциала и уровня знаний приказом генерального директора Госэнергогазнадзора от 18.07.2024 № 111 утверждено Положение о наставничестве в государственном учреждении «Государственный энергетический и газовый надзор» (далее – Положение), которым определены порядок и условия организации данной формы работы.

Наставничество в филиале осуществляется в отношении не только молодых специалистов, но и молодых работников. Согласно Положению молодой работник – это лицо, впервые назначенное на должность специалиста, не имеющее трудового стажа и опыта работы по специальности, полученной в учреждении образования. Однако специфика осуществления госэнергогазнадзора требует приравнять к категории молодых работников также тех, кто имеет трудовой стаж и опыт работы по специальности, полученной в учреждении образования, но при этом впервые назначен на должность специалиста со статусом государственного инспектора по энергетическому и газовому надзору и не имеет опыта такой деятельности.

Как правило, продолжительность наставничества составляет один год. Наставниками назначаются лица, имеющие высокий уровень профессиональной подготовки и стаж работы по специализации подопечного молодого работника не менее трех лет. При подборе кандидатуры наставника также учитываются следующие личные качества:

- готовность к передаче профессионального опыта;
- способность обучать и мотивировать;



Работники филиала Госэнергогазнадзора по Гродненской области принимают участие в Едином дне безопасности в г. Гродно

- умение выявлять и оценивать те качества молодого работника, которые нуждаются в развитии;
- готовность оказать помощь и поддержку молодому работнику в адаптации в коллективе;
- способность служить примером в профессии;
- терпеливость, тактичность, организованность.

Закрепление наставника за молодым работником осуществляется приказом директора филиала. На весь срок наставничества между заинтересованными сторонами (наставник, молодой работник, директор филиала) заключается соглашение о сотрудничестве.

Работа наставника начинается с вводного анкетирования или собеседования с целью выявления сложностей, с которыми молодой работник

сталкивается на рабочем месте. На основании полученной информации определяются цели, желаемый результат совместной работы и формируется программа наставничества, включающая базовую и профессиональную подготовку.

Базовая подготовка состоит из трех этапов:

- **адаптационный этап:** учитывая круг обязанностей и полномочий молодого работника, наставник выявляет недостатки в его умениях и навыках для выработки отдельных мероприятий программы наставничества (по индивидуальной адаптации, передаче опыта, знаний и навыков, освоению правил делового общения и др.);

- **основной этап:** наставник разрабатывает и реализует программу наставничества, осуществляет коррек-



Работники филиала в ходе праздничных мероприятий, посвященных Дню Победы, 2024 год



Специалисты энергогазинспекций в Институте переподготовки и повышения квалификации Университета гражданской защиты МЧС

тировку умений и навыков молодого работника, выстраивает процесс его самосовершенствования, мотивирует на закрепление на рабочем месте;

• **контрольно-оценочный этап:** наставник оценивает уровень профессиональной компетентности и личностной самореализации молодого работника в трудовом коллективе.

Профессиональную подготовку проходят молодые работники, впервые назначенные на должность специалиста со статусом государственного инспектора по энергетическому и газовому надзору. Этот вид подготовки в обязательном порядке должен включать теоретическую и практическую части, а также проработку замечаний, выявленных представителями аппарата управления учреждения в ходе проверок в предшествующем году и зафиксированных в актах или справках проверок. При необходимости для работы по узким направлениям (подразделам замечаний) могут назначаться дополнительные ответственные лица. Сроки ознакомления с замечаниями контролируются руководителем структурного подразделения и наставником.

Программа наставничества реализуется как в учреждении, так и за его пределами. На рабочем месте наставник дает советы и рекомендации, применяет индивидуальный подход к обучению, передаче опыта и наблюдений, знакомит с целями, структурой, видами деятельности и политикой учреждения, тематикой и направлениями работ, выполняемых в подразделениях, проводит работу по адаптации молодого работника в коллективе, делает разбор компетенций, приводит при-

меры возможных ситуаций, проводит их анализ, рекомендует возможные пути их решения и т.д.

Теоретическая часть профессиональной подготовки представляет собой изучение нормативной базы, проводимое в соответствии с перечнем НПА, ТНПА и ЛПА, необходимых для осуществления контрольной (надзорной) деятельности.

В свою очередь, практическая часть включает:

- изучение текущих вопросов работы инспекторского персонала (планирования, отчетности и др.);
- выезды на объекты в рамках осуществления контрольной (надзорной) деятельности учреждения.

За пределами учреждения молодой работник совместно с наставником участвует в тренингах, семинарах, конференциях, культурно-массовых и иных мероприятиях.

Положением также определены права и обязанности как наставника, так и молодого работника.

Результаты освоения молодым работником разделов программы профессиональной подготовки оцениваются по итогам индивидуальных бесед с наставником (не реже раза в день), а также собеседований с руководителем структурного подразделения (не реже раза в неделю), начальником межрайонного отделения (не реже раза в месяц), руководством филиала – директором, главным инженером или заместителем директора (не реже раза в квартал).

После окончания профессиональной подготовки молодого работника наставник оформляет отзыв, который

направляется директору филиала для оценки результативности работы и уровня профессионального становления молодого работника.

По завершении программы наставничества молодой работник составляет в свободной форме отчет о проделанной работе, а наставник готовит характеристику на подопечного, в которой указывает достигнутые им результаты и дает рекомендации и предложения по дальнейшему совершенствованию профессиональных навыков молодого работника.

Формирование компетенций

С целью формирования у государственных инспекторов по энергетическому и газовому надзору требуемых компетенций, их совершенствования, обновления теоретических и практических знаний, умений и навыков такие работники не реже одного раза в пять лет направляются на повышение квалификации для освоения соответствующих образовательных программ.

С учетом размещения филиала подготовка персонала энергогазинспекций в первую очередь осуществляется на базе филиала «Учебный центр РУП «Гродноэнерго» по образовательным программам повышения квалификации «Осуществление государственного энергетического и газового надзора в отношении потребителей и энергоснабжающих организаций» и «Пути повышения эффективности обследований теплоустановок и тепловых сетей». Начиная с 2019 года здесь прошло обучение наибольшее количество работников.

Кроме того, персонал повышает квалификацию в следующих учреждениях по соответствующим образовательным программам:

- УО «Государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров в области газоснабжения «ГАЗ-ИНСТИТУТ» («Осуществление госэнергогазнадзора за газовым оборудованием»);
- ГУО «Центр повышения квалификации руководящих работников и специалистов энергетики» («Осуществление госэнергогазнадзора за электротехническим оборудованием и ЛЭП»);



- филиал «Учебный центр подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров энергетики» РУП «Минскэнерго» («Осуществление госэнергонадзора за теплотехническим оборудованием и теплосетями», «Осуществление госэнергонадзора за электротехническим оборудованием и ЛЭП», «Технологические, правовые и экономические аспекты работы Госэнергонадзора в Республике Беларусь»);
- филиал «Институт переподготовки и повышения квалификации» Университета гражданской защиты МЧС Республики Беларусь («Расследование пожаров»).

Формирование духовно-ценностных ориентиров

Большое внимание в филиале уделяется патриотическому воспитанию молодежи. С ее участием в рамках идеологической работы проводятся праздничные мероприятия, посвященные Дню Победы, Дню независимости Республики Беларусь, Дню защитника Отечества с возложением цветов к памятникам, могилам и местам массовых захоронений военнослужащих и жертв Великой Отечественной войны, посещением мемориальных комплексов «Курган Славы», «Тростенец», «Хатынь», Белорусского государственного музея истории Великой Отечественной войны.

В целях формирования преданного, уважительного отношения к деятельности Госэнергонадзора мы привлекаем молодых работников к созданию информационных материалов, фильмов, приуроченных к юбилейным датам, организуем встречи, круглые столы по обмену мнениями и опытом со старшим поколением. Так, 21 декабря 2023 года в Госэнергонадзоре прошла встреча молодых специалистов и ветеранов учреждения. Для участников были организованы экскурсии в диспетчерские ГПО «Белэнерго» и ГПО «Белтопгаз».

Важным фактором стимулирования трудовых достижений является участие в конкурсах профессионального мастерства. В частности, для инспекторов энергогазинспекций, впервые поступивших на работу в филиал, организуются конкурсы на знание законодательства в сфере энергетики



Молодежь филиала в мемориальном комплексе «Тростенец»

и газоснабжения методом ускоренного опроса. Проведение подобных мероприятий направлено на совершенствование знаний НПА, определение уровня подготовки и повышение мастерства молодежи, обеспечение профессиональной адаптации. Конкурсы также помогают выявить наиболее эрудированных инспекторов для содействия их дальнейшему карьерному росту.

Благоприятное влияние на формирование гордости за свою страну, город, учреждение, филиал оказывает наглядная агитация, поэтому значительное место в работе с молодыми отводится ведению официальных страниц филиала в популярных социальных сетях. Важно также развивать практику организации диалоговых площадок для публичного обсуждения наиболее актуальных тем в сфере молодежной политики, а также вопросов проведения техучебы в межрайонных отделениях.

Для формирования позитивных корпоративных отношений, сплоченной команды необходимы культурно-массовые, спортивные и иные мероприятия. За последнее время наши молодые работники приняли участие в акции «Неделя леса», турнире по боулингу, туристическом слете, посвященном Году качества, 80-летию освобождения Беларуси от немецко-фашистских захватчиков и 120-летию профсоюзного движения в стране.



Участники областного туристического слета, посвященного Году качества, 80-летию освобождения Беларуси от немецко-фашистских захватчиков и 120-летию профсоюзного движения

Заключение

Работа по привлечению молодых специалистов в отрасль не должна ограничиваться формированием заявок на распределение в учреждения образования и самим распределением. Это более емкий и длительный процесс, который включает выявление талантливой молодежи, ее сопровождение на этапах обучения и профессионального становления, обмен опытом, знаниями и навыками, формирование у молодых работников ключевых компетенций и ценностей, помощь в адаптации, консультирование и взаимное общение с коллегами, основанное на доверии и партнерстве.

А.И. ГЕРМАН,
начальник Глусской районной
энергогазинспекции Бобруйского
МРО филиала Госэнергонадзора
по Могилевской области



ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМЫ УРАВНИВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛОВ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ

Современные многоквартирные жилые дома оснащены множеством различных инженерных систем, имеющих токопроводящие элементы. Это трубы водо- и газопроводов, воздуховоды вентиляции, радиаторы системы отопления, полотенцесушители, сантехническая арматура и др. Все эти элементы инженерных коммуникаций в соответствии с пунктом 20.74 ГОСТ 30331.1-2013 относятся к сторонним проводящим частям. Кроме того, в квартирах используется большое количество бытовых электроприборов. Между электроприборами и сторонними проводящими частями может возникать разность потенциалов, которая является фактором риска для жизни и здоровья человека.

Не все знают, что при одновременном прикосновении к сторонним проводящим частям (СПЧ) и к электроприбору, имеющему повреждения изоляции и находящемуся под потенциалом аварийного режима, человек попадает под напряжение. В этом случае между электроприбором и СПЧ возникает разность потенциалов. Чтобы предотвратить такое развитие событий, применяется мера защиты, называемая уравниванием потенциалов.

В соответствии с п. 20.84 ГОСТ 30331.1 уравнивание потенциалов – это электрическое соединение проводящих частей для достижения эквипотенциальности, то есть равенства потенциалов.

ГОСТ 30331.1 подразделяет систему уравнивания потенциалов на основную, дополнительную и местную.

Основная система уравнивания потенциалов

Для уравнивания электрического потенциала внутри всего здания предназначена основная система уравнивания потенциалов (ОСУП). Согласно п. 16.1.13 строительных норм СН 4.04.01-2019 «Системы электрооборудования жилых и общественных зданий», утвержденных постановлением Министерства архитектуры и стро-

ительства от 29.11.2019 № 64, в каждой электроустановке здания должна быть выполнена ОСУП, которая соединяет проводящие части между собой посредством главной заземляющей шины (ГЗШ). Последняя, как правило, располагается в электрощитовой жилого дома.

Уравнивание потенциала достигается путем соединения между собой СПЧ (рис. 1), таких как:

- контуры повторного заземления здания;

- металлические трубы водоснабжения, отопления, газоснабжения, канализации;
- защитные нулевые проводники кабельных линий,
- металлические элементы каркаса здания, системы вентиляции и др.

В соответствии с пп. 4.3.16.1 и 4.3.14.1 ТКП 339-2022 (33240) «Электроустановки на напряжение до 750 кВ...», утвержденного постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 18.10.2022

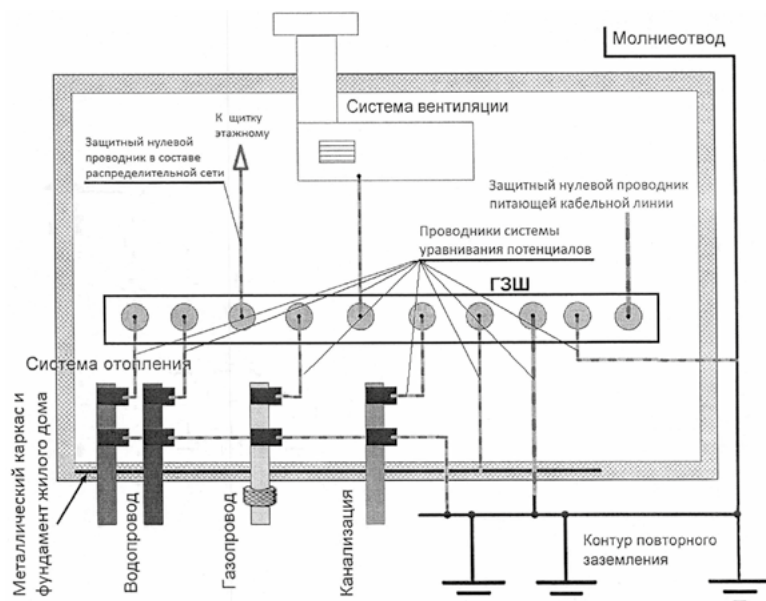


Рис. 1. Пример присоединения защитных проводников ОСУП



№ 30, в качестве проводников ОСУП могут быть использованы:

- открытые проводящие части (ОПЧ): алюминиевые оболочки кабелей, стальные трубы электропроводок, металлические оболочки и опорные конструкции шинпроводов и комплектных устройств заводского изготовления и др.;
- СПЧ: арматура железобетонных строительных конструкций зданий, металлические конструкции производственного назначения;
- специально проложенные проводники (как правило, именно они используются в многоквартирных жилых домах).

Сечение проводников ОСУП в соответствии с п. 4.3.16.2 ТКП 339 должно быть не менее половины наибольшего сечения защитного проводника электроустановки, если при этом сечение медного проводника уравнивания потенциалов (или равноценного ему проводника из других материалов) не превышает 25 мм². Применение проводников большего сечения, как правило, не требуется. В любом случае сечение медных проводников ОСУП должно быть не менее 6 мм², алюминиевых – 16 мм², стальных – 50 мм².

Схемы соединений проводящих частей ОСУП выбираются в соответствии со строительными правилами СП 4.04.04-2023 «Системы электрооборудования жилых и общественных зданий», утвержденных постановлением Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 29.06.2023 № 65. Пунктом 17.1.16 правил предусмотрено, что соединения проводящих частей могут быть выполнены по разным схемам: радиальной; магистральной с помощью ответвлений; магистральной без ответвлений (присоединение к общему

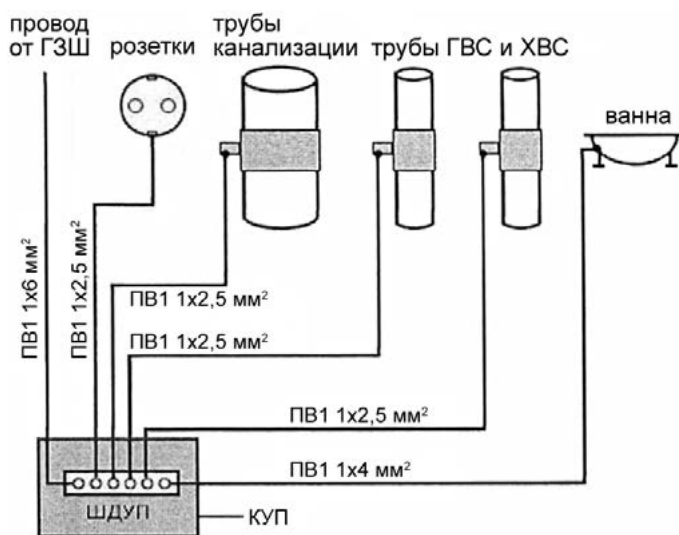


Рис. 2. Пример присоединения защитных проводников ДСУП в ванной

неразрывному проводнику); смешанной.

При выполнении системы заземления или системы уравнивания потенциалов по магистральной схеме каждую проводящую часть присоединяют к общему неразрывному проводнику отдельным ответвлением.

Дополнительная система уравнивания потенциалов

Наряду с ОСУП в жилых домах также выполняется дополнительная система уравнивания потенциалов (ДСУП). Согласно п. 16.1.16 СН 4.04.01 ее устройство является обязательным для ванных и душевых помещений.

Согласно п. 17.1.13 СП 4.04.04 ДСУП должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению ОПЧ стационарного электрооборудования и СПЧ, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные провод-

ники в системе TN и защитные заземляющие проводники в системах IT и TT, включая защитные проводники штепсельных розеток.

Проводниками ДСУП соединяются все доступные прикосновению проводящие части в ванной комнате (металлические вставки приборов учета воды, металлический корпус ванны, полотенцесушитель) и защитные проводники электрооборудования, в том числе заземляющие контакты штепсельных розеток. Все эти проводники присоединяют к шине дополнительной системы уравнивания потенциалов (ШДУП) в клеммной коробке уравнивания потенциалов (КУП), которая, в свою очередь, подключена к шине нулевых защитных проводников (PE) на этажном (квартирном) щитке.

В соответствии с п. 4.3.17.6 ТКП 339 присоединение проводящих частей к ДСУП может быть выполнено при помощи как отдельных ответвлений (проложенных от ШДУП), так и присоединения к общему неразрывному проводнику. При этом запрещается последовательное соединение проводящих частей между собой. Согласно п. 16.1.17 СН 4.04.01 и п. 4.3.16.3 ТКП 339 сечение проводников ДСУП должно быть следующим:

- при соединении двух ОПЧ – не менее сечения меньшего из защитных проводников, подключенных к этим частям;
 - при соединении ОПЧ и СПЧ – не менее половины сечения защитного проводника, подключенного к ОПЧ.
- Во всех случаях минимальные сечения защитных проводников должны

К сведению

Согласно ч. 3 п. 1.5 Указа Президента Республики Беларусь от 05.06.2019 № 217 «О строительных нормах и правилах» после введения в действие строительных норм и правил обязательные для соблюдения требования и добровольные для применения правила в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, содержащиеся в ТНПА, не являющихся строительными нормами и правилами, не применяются. Таким образом, с введением в действие СН 4.04.01 и СП 4.04.04 при проектировании систем электроснабжения жилых и общественных зданий, в том числе систем уравнивания потенциалов, следует руководствоваться указанными строительными нормами и правилами.

соответствовать п. 16.1.17 СН 4.04.01. Для медных защитных проводников, не входящих в состав кабеля или проложенных не в общей оболочке (трубе, коробе, лотке) с фазными проводниками, сечение должно составлять не менее 2,5 мм² при наличии механической защиты и не менее 4 мм² – при ее отсутствии. Сечение отдельно проложенных алюминиевых защитных проводников должно быть не менее 16 мм².

Схемы соединений проводящих частей ДСУП, как и ОСУП, выбираются в соответствии с требованиями СП 4.04.04 (см. выше).

Система местного уравнивания потенциалов

Незаземленная система местного уравнивания потенциалов также предназначена для предотвращения появления опасного напряжения прикосновения. Уравнивание потенциалов обеспечивается за счет соединения всех ОПЧ и СПЧ, одновременно доступных для прикосновения.

Система местного уравнивания потенциалов не должна иметь связи с землей ни непосредственно, ни посредством открытых или сторонних проводящих частей.

В соответствии с ГОСТ 30331.11 систему нельзя применять в комнатах с повышенной влажностью. В таких случаях применяется дополнительная система уравнивания потенциалов.

Выполнение систем уравнивания потенциалов при капитальном ремонте многоквартирных жилых домов

Следует учитывать, что в жилых домах, в которых не выполнено разделение совмещенного нулевого рабочего и защитного проводника (PEN) на нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE), выполнять ДСУП в отдельных квартирах категорически запрещено. В данном случае при обрыве PEN-проводника возникает опасность поражения электротоком жильцов тех квартир, в которых нет ДСУП. В таких домах основная и дополнительная системы уравнивания потенциалов выполняются при проведении капитального ремонта дома.

При разработке проектов капремонта систем электроснабжения многоквартирных жилых домов предусматриваются решения по замене электропроводки квартир на трехпроводную (с учетом ограничений), а также по выполнению систем ОСУП в соответствии с п. 16.1.13. СН 4.04.01 и ДСУП с присоединением ОПЧ и СПЧ ванных комнат к РЕ-шине этажного (квартирного) щитка.

При невозможности выполнения требований, указанных выше, в отдельных квартирах (например, по причине ограничения доступа или запрета на проведение работ собственником) в исключительных случаях в качестве временной меры повышения электробезопасности допускается не прокладывать защитный проводник ДСУП

между КУП (ШДУП) в ванной комнате в зоне 3 по ГОСТ 30331.1 и РЕ-шиной щитка.

В этом случае предусматриваются:

- присоединение к КУП (ШДУП) всех ОПЧ и СПЧ;
- прокладка в сантехнической нише защитного магистрального проводника уравнивания потенциалов, соединенного с ГЗШ здания. Сечение проводника выбирают в соответствии с ГОСТ 30331.1 и п. 4.3.16.2 ТКП 339;
- прокладка проводника ДСУП от магистрали уравнивания потенциалов до КУП, расположенной в ванной комнате;
- установка в щитке КУП, подключенной к РЕ-шине щитка, для обеспечения возможности безопасного подключения проводника ДСУП при последующей замене двухпроводной сети квартиры на трехпроводную;
- устройство повторного защитного заземления на вводе питающей сети в здание с прокладкой заземляющего проводника от ГЗШ до заземлителя;
- установка устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным дифференциальным током срабатывания 30 мА в щитке для защиты групповых линий питания электроприемников квартиры.

Правильно спроектированная и установленная в доме система уравнивания потенциалов – залог защищенности и комфорта жильцов. Регулярное обслуживание и проверка этой системы помогут поддерживать высокий уровень электробезопасности в жилых помещениях долгие годы.



Правила по охране труда при выполнении строительных работ

Утверждены постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь 31.05.2019 № 24/33

Документ с изменениями и дополнениями вступил в силу с 15 марта 2024 г.



ТКП 339-2022 (33240) Электроустановки на напряжение до 750 кВ...

Утвержден постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь 18.10.2022 № 301 и введен в действие с 20.12.2022

АКТУАЛЬНЫЕ ИЗДАНИЯ

ОЗНАКОМИТЬСЯ

с документами можно в ЭИС «Энергодокумент» energodoc.by

ЗАКАЗАТЬ

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



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



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



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



РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ СООРУЖЕНИЙ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ БЕЛОРУССКОЙ АЭС

Часть 2. Зарубежный опыт и возможные концептуальные решения для Беларуси

Аннотация

Проанализирован зарубежный опыт создания пунктов приповерхностного захоронения и основные тенденции в этой области. Представлены результаты выполненных разработок по возможным конструктивным решениям для сооружений приповерхностного захоронения радиоактивных отходов Белорусской АЭС.

Ключевые слова: атомная электростанция, радиоактивные отходы, захоронение радиоактивных отходов, миграция радионуклидов

Annotation

Foreign experience in the creation of near-surface disposal facilities and the main trends in this area are analyzed. The results of the performed developments on possible constructive solutions for the facilities of near-surface disposal of radioactive waste of Belarusian NPP are presented.

Keywords: nuclear power plant, radioactive waste, radioactive waste disposal, radionuclide migration

Статья поступила в редакцию 19 августа 2024 года

Зарубежный опыт приповерхностного захоронения РАО и тенденции в данной области

Согласно международным требованиям [1] для КЖ НАО и САО применяются различные типы приповерхностного захоронения, при которых РАО размещаются непосредственно на поверхности или на глубине до нескольких десятков метров. В свою очередь, ВАО, ДЖ НАО и САО подлежат изоляции в пунктах глубинного захоронения (в глубоких геологических формациях).

Приповерхностное захоронение НАО и САО с ограниченным содержанием ДЖ радионуклидов – задача, реализованная на практике во многих странах, использующих атомную энергию. В связи с этим для выбора способа захоронения таких отходов в Республике Беларусь не требуется разработка новых концептуальных решений, а необходим лишь анализ существующей практики и обоснованный выбор объекта-аналога с учетом характеристик площадки, на которой планируется строительство ПЗРО.

Приповерхностные ПЗРО сооружены в разных странах мира, эксплуатирующих АЭС, в том числе в России. Анализ технических решений, применяемых на существующих и проектируемых объектах окончательной изоляции НАО

К сведению

В статье используются следующие сокращения:

РАО – радиоактивные отходы;
ПЗРО – пункт захоронения РАО;
ТРО – твердые РАО;
ВАО – высокоактивные РАО;
САО – среднеактивные РАО;
НАО – низкоактивные РАО;
ОНРАО – очень низкоактивные РАО;
ОНАО – введенная на БелАЭС эксплуатационная категория ТРО в составе ОНРАО;
КЖ – короткоживущие (с периодом полураспада менее 31 года);
ДЖ – долгоживущие (с периодом полураспада более 31 года).

и САО [2], показывает многообразие подходов к технологии захоронения. Данное многообразие объясняется разными факторами (особенности национального законодательства, исторически сложившиеся практики, различия в характеристиках площадок размещения ПЗРО и др.) и проявляется в подходах к выбору материалов для инженерных барьеров безопасности и глубины размещения сооружений относительно поверхности.

Так, существуют ПЗРО:

- наземные (Франция, Бельгия);
- полузаглубленные (Россия, Великобритания);
- среднеглубинные (Швеция, Чехия);
- глубинные (Германия, Швейцария);
- в различных вмещающих формациях (глинах, солях, кристаллических породах).

В разработанном ранее концептуальном проекте ПЗРО категорий ОНРАО, НАО и КЖ САО БелАЭС [3] принята конструкция сооружений захоронения полузаглубленного типа (аналоги – концепции ПЗРО в Новоуральске, Озерске и Северске). Вместе с тем с установлением в России новой классификации РАО [4] показана целесообразность перехода от практики захоронения РАО в полузаглубленных сооружениях к использованию наземных пунктов захоронения [5]. В связи с этим далее рассматриваются особенности конструкций ПЗРО полузаглубленного и наземного типа.

Опыт использования указанных способов приповерхностного захоронения проанализирован в работах [5–7]. Полузаглубленные сооружения характерны для регионов с сухим климатом и благоприятными гидрогеологическими свойствами площадки (низкий уровень грунтовых вод). Такой способ целесообразен в тех случаях, когда подстилающие породы характеризуются низкой или, наоборот, высокой водопроницаемостью, а извлеченный грунт при выемке котлована может быть использован для обратной засыпки отсеков захоронения и/или для создания покрывающего экрана. В основном это касается площадок с глинистыми грунтами, обладающими хорошими изоляционными свойствами (RWTDF в Венгрии, Drigg в Великобритании), или с высокопроницаемыми песками, характерными для засушливых регионов (Hanford в США, Vaalputs в ЮАР).

Для упомянутых российских ПЗРО в Новоуральске, Озерске и Северске использованы одинаковые проектные решения – захоронение РАО классов 3 и 4 (по российской классификации) в полузаглубленных железобетонных сооружениях (отсеках захоронения) с размещением РАО класса 3 в железобетонных невозвратных защитных контейнерах (НЗК) в нижнюю часть отсеков, а РАО класса 4 в металлических контейнерах типа КРАД, КМЗ и бочках – в верхнюю часть.

Однако в [7] отмечено, что применение данного технического решения для всех площадок размещения без учета их особенностей не имеет достаточного научно-технического обоснования.

Практика размещения РАО в полузаглубленных ПЗРО в условиях умеренного и влажного климата показывает, что упаковки в таких сооружениях подвержены обводнению вследствие выпадения осадков или колебания уровня грунтовых вод. Это, в свою очередь, требует регулярной откачки воды из отсеков в процессе их запол-

Сравнение типов приповерхностных ПЗРО

Достоинства	Недостатки
Наземный способ захоронения	
Невысокие капзатраты на строительство	Влияние сезонных колебаний температур
Менее жесткие требования к геологии площадки	Большие площади отчуждаемой территории
Простота транспортно-технологической схемы загрузки упаковок	Сложная конструкция покрывающего экрана и необходимость его обслуживания
	Чувствительность к внешним воздействиям (особенно на период загрузки)
Полузаглубленный способ захоронения	
Невысокие капзатраты на строительство (по сравнению с подземным ПЗРО)	Те же, что у наземного ПЗРО
Меньшие габариты покрывающего экрана (по сравнению с наземным ПЗРО)	Дополнительные объемы земляных работ
Простота транспортно-технологической схемы	Сложность организации самотечной дренажной системы для отвода влаги из ячеек захоронения
	Возможность обводнения при колебании уровня грунтовых вод (дополнительные требования к гидрогеологии площадки)

нения и приводит к проблемам с накоплением воды после закрытия ПЗРО.

Наземный способ захоронения существенно снижает риски поступления грунтовых вод в зону захоронения РАО. Для этого достаточно исключить инфильтрацию осадков через верхний покрывающий экран и капиллярное поднятие грунтовых вод – через нижний подстилающий экран, применяя известные инженерные решения.

Достоинства и недостатки приповерхностных способов окончательной изоляции РАО рассмотрены в работах [1, 8]. В таблице представлено сравнение наземного и полузаглубленного типов ПЗРО.

Как видно, по сравнению с наземным полузаглубленный способ захоронения имеет дополнительные недостатки. В [6] была отмечена мировая тенденция к отказу от его использования. В частности, из более чем 20 ПЗРО для НАО и САО, построенных или проектируемых в странах Европы, полузаглубленными являются только три.

Для наземного способа захоронения РАО на сегодняшний день разработаны типовые решения. За их основу взята модель ПЗРО «CSA» в департаменте Об (Aube) на северо-востоке Франции [9]. Данный объект эксплуатируется с 1992 года и спроектирован на базе опыта эксплуатации с 1969 по 1994 год ПЗРО «CSM» в департаменте Манш (Manche) на северо-западе страны.

Конструкция сооружения ПЗРО «CSA» представляет собой железобетонный модуль шириной 25 м и высотой 8 м, поделенный на отсеки. На начальном этапе эксплуатации для предотвращения попадания в отсеки атмосферных осадков в качестве укрытия используется передвижное каркасное сооружение (ПСК). Под ним мостовым или козловым краном устанавливаются в штабель упаковки РАО. На этом этапе ПЗРО фактически



представляет собой пункт долговременного хранения РАО с возможностью изъятия упаковок. По мере заполнения отсеков пространство между упаковками заполняется песчано-бentonитовой смесью. Заполненный отсек сверху бетонируется, образуя железобетонный куб. После заполнения и бетонирования всех отсеков модули захоронения изолируются многослойным покрывающим экраном, формирующим курган [6].

После деградации гидроизоляционных барьеров покрывающего экрана в сооружения захоронения может поступать влага. Французская концепция предполагает наличие в отсеках наземного ПЗРО инспекционных галерей, предназначенных для размещения систем контроля и отвода протечек. Такие системы требуют регулярного обслуживания и, таким образом, для окончательной изоляции РАО могут быть применимы только на стадии активного контроля. В связи с этим в [5] отмечена целесообразность использования в ПЗРО не требующих обслуживания пассивных систем отвода возможных протечек на основе фильтрационно-сорбционного подстилающего экрана из природных сорбентов (типа цеолита), коэффициент фильтрации которых исключает накопление воды в отсеках.

Использование подстилающего экрана вместо гидроизолирующего глиняного слоя является перспективным направлением, так как позволяет равномерно отводить фильтрационный поток из зоны захоронения и одновременно препятствовать миграции радионуклидов за счет механизма сорбции.

Французская концепция захоронения НАО и САО в настоящее время является наиболее распространенной в мире. В Европе, где она стала типовой, ее используют 5 из 15 стран, эксплуатирующих АЭС. Концепция активно тиражируется – она реализована в проектах ПЗРО Болгарии, Испании, Литвы, Украины. В стадии проектирования находится объект аналогичной конструкции в Южной Корее.

Возможные концептуальные решения для приповерхностного захоронения РАО БелАЭС

В 2016–2018 годах в ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» с привлечением Санкт-Петербургского филиала АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон» – ВНИПИЭТ» предложена и проработана техническая концепция приповерхностного ПЗРО БелАЭС. Результаты этой работы подробно рассмотрены в [2].

В рамках концептуального проекта ПЗРО были разработаны типовые решения «на стекле», без привязки к конкретному месту размещения объекта. За основу этих решений были взяты российские проекты ПЗРО в городах Новоуральске (Свердловская область), Озерске (Челябинская область) и Северске (Томская область).

На основе проектных данных по количественным и радиационным характеристикам ТРО, образующихся на АЭС, были рекомендованы спо-

собы их дополнительного кондиционирования для приведения в соответствие общим критериям для захоронения, регламентируемым [10].

В качестве конечных форм поступающих на захоронение ОНРАО (за исключением ОНАО [3, 11]), НАО и КЖ САО, образующихся при эксплуатации и выводе из эксплуатации АЭС, определены железобетонные НЗК и 200-литровые бочки. Исходя из этого оценен прогнозируемый проектный объем захоронения ТРО:

- образующихся при эксплуатации АЭС – ~20 тыс. м³;
- образующихся при выводе АЭС из эксплуатации – ~10 тыс. м³.

Охарактеризуем более подробно варианты решений для приповерхностного захоронения РАО БелАЭС.

Полузаглубленное захоронение. Конструктивно сооружения захоронения представляют собой модульные железобетонные отсеки. Для достижения решения, удовлетворяющего нормативным требованиям к размещению РАО различных классов, заглубленная часть отсеков (до отметки –6,8 м) предназначена главным образом для упаковок КЖ САО, а часть, возвышающаяся над землей (до отметки +1,2 м), – для упаковок НАО и ОНРАО.

В конструкции реализуется принцип многобарьерности, то есть в ней сочетаются как природные, так и инженерные барьеры (физическая форма захораниваемых РАО, стенки контейнеров, буферный сорбирующий материал в отсеках, бетонные конструкции сооружения, глиняный слой в составе подстилающего экрана, слой глины, песка и щебня, бентонитовые покрывала, полиэтилен высокой плотности в составе покрывающего экрана).

На рисунке 1 представлено принципиальное конструктивное решение для полузаглубленного сооружения.

Для захоронения 30 тыс. м³ упаковок РАО на площадке предусматриваются три модуля объемом по 10 тыс. м³, каждый из которых состоит из 30 отсеков. При закрытии модуля для него предусмотрено сооружение собственного многослойного покрывающего экрана. Для загрузки ТРО, образовавшихся за первые 10 лет эксплуатации АЭС, используется секция из 10 отсеков, которую целесообразно выделить в первую очередь строительства [3].

Следует пояснить, что, хотя рассматриваемая концепция была ориентирована на захоронение только РАО БелАЭС, выполненные разработки применимы для соответствующих модулей планируемого согласно [8] централизованного ПЗРО для захоронения и других РАО, накопленных и образующихся в Беларуси. Учитывая достигнутую степень детализации технических решений с участием ком-

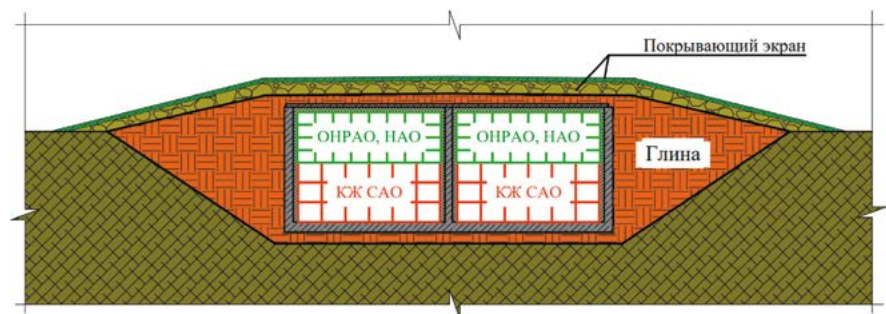


Рис. 1. Принципиальное конструктивное решение для полузаглубленного сооружения захоронения РАО БелАЭС

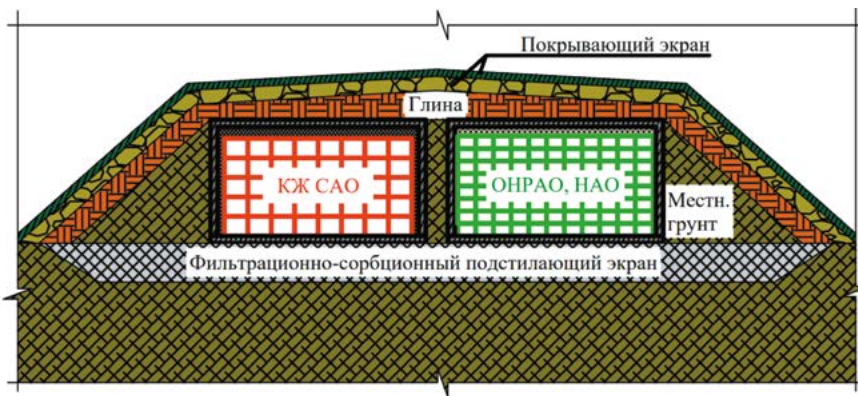


Рис. 2. Принципиальное конструктивное решение для наземного сооружения захоронения РАО БелАЭС

дания в ПЗРО сооружений наземного типа.

Наземное захоронение. На возможность реализации данного варианта указывают результаты выполненной при разработке концепции [3] расчетной оценки удельной активности ДЖ радионуклидов в ОНРАО, НАО и САО БелАЭС. Оценка производилась по методике с корреляционным фактором. При нормальных условиях эксплуатации АЭС в основной массе образующихся ТРО удельная активность бета-излучающих радионуклидов не превышает 10 тыс. Бк/г,

петентной российской организации, они могут быть использованы при проектировании объекта.

Однако полузаглубленная конструкция сооружений захоронения, принятая в рассмотренном концептуальном проекте, имеет отмеченные выше (см. таблицу) недостатки, связанные с уязвимостью упаковок РАО к обводнению, и неприменима для площадок с высоким уровнем грунтовых вод.

Чтобы обеспечить гидроизоляцию сооружений полузаглубленного ПЗРО и защиту грунтовых вод, под подошвой фундаментной плиты и по периметру нижней части наружных стен ограждающих конструкций ПЗРО организуется так называемый глиняный замок из мятой жирной глины. На этапе эксплуатации (загрузки упаковок РАО) в отсеках организуются технологические колодцы (пряжки) для сбора и откачки воды с визуальным контролем ее наличия.

После закрытия (консервации) ПЗРО решения, обеспечивающие отвод воды из зоны захоронения, не предусмотрены, так как организация самотечной дренажной системы невозможна. Результаты численного моделирования влагопереноса показывают, что в случае возможных протечек через покрывающий экран глина не позволяет воде дренироваться из сооружений захоронения. В результате ее уровень повышается и радионуклиды выносятся с током воды, минуя подстилающий экран [5].

В настоящее время площадка для строительства централизованного ПЗРО в республике не определена. Консервативно можно предположить, что она будет характеризоваться высоким уровнем грунтовых вод. В таком случае заглубление основания отсеков захоронения примерно на 7 м относительно отметки планировки площадки приблизит захораниваемые РАО к водоносным горизонтам и приведет к рискам, связанным с обводнением упаковок вследствие поднятия уровня грунтовых вод и верховодки в межсезонный период. В связи с этим целесообразно рассмотреть вариант соз-

альфа-излучающих – 400 Бк/г. Это низкие и приемлемые для различных вариантов приповерхностного захоронения значения – по действующей российской классификации [4] такие ТРО относятся к классу 4.

Отметим, что реализация предлагаемого наземного варианта ПЗРО подразумевает корректировку нормативных требований к захоронению РАО, целесообразность которой обоснована в первой части настоящей статьи [12]. Безусловно, достаточный уровень безопасности должен быть обоснован по результатам его детальной оценки с учетом района, площадки размещения и проектируемых физических барьеров ПЗРО.

Предложения по технической концепции наземных сооружений захоронения РАО БелАЭС разработаны исходя из вышеописанной типовой французской модели ПЗРО. Принципиальное конструктивное решение представлено на рисунке 2.

Модуль захоронения наземного типа представляет собой железобетонное сооружение с габаритами 18,4×60,4×7,4 м, разделенное на 10 отсеков 17,6×5,6 м, в стенках которых предусмотрены транспортные проемы. На этапе загрузки упаковок РАО отсеки не имеют перекрытия. Над зоной проведения работ устанавливается сборно-разборное ПКС, предохраняющее ее от осадков. ПКС оснащается мостовым краном, системами освещения и видеонаблюдения.

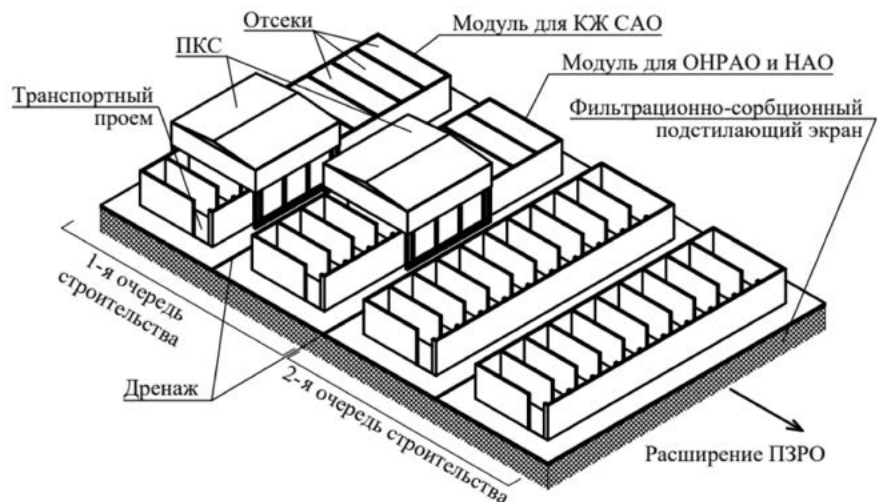


Рис. 3. Схема размещения наземных сооружений захоронения РАО БелАЭС



Пустоты между упаковками РАО в отсеках заполняются буферным материалом на основе песка, глины, цемента. Над заполненным отсеком монтируется железобетонное перекрытие с гидроизоляцией. По мере заполнения и закрытия отсеков ПКС по рельсам перемещается к следующим отсекам, а по завершении загрузки модуля – разбирается и переносится на следующий модуль.

Упаковки низкой (ОНРАО и НАО в бочках и НЗК) и средней активности (КЖ САО в НЗК) размещаются в модулях с разной толщиной биологической защиты ограждающих стен и с использованием различных буферных материалов. Дифференцированный подход к окончательной изоляции ТРО, существенно отличающихся по потенциальной опасности, позволяет снизить затраты на их захоронение.

Выше отмечалась перспективность использования для обеспечения пассивной безопасности ПЗРО после его закрытия фильтрационно-сорбционного подстилающего экрана на основе природных водопроницаемых сорбентов. Экран представляет собой слой сорбента (глинопесчаная смесь, цеолитсодержащий трепел, смесь песка и торфа или иной материал), укладываемый под основанием (днищем) из водопроницаемого бетона толщиной 700 мм каждого модуля между слоями песчаной подушки (буферная засыпка). Такая конструкция обеспечивает отвод воды из зоны размещения РАО в случае нарушения гидроизоляции покрывающего экрана и при этом за счет механизма сорбции препятствует миграции радионуклидов в нижележащие грунты и водоносные горизонты. Контроль за эффективностью работы данного барьера должен осуществляться с помощью сети наблюдательных скважин по периметру сооружений захоронения. Для определения толщины слоя, вида и состава сорбирующего материала и буферной засыпки необходимо научное обоснование.

Для захоронения всего объема РАО БелАЭС требуется предположительно четыре очереди строительства по два модуля в каждой (для упаковок ТРО низкой и средней активности). На рисунке 3 представлена схема размещения в ПЗРО наземных сооружений захоронения на этапе их эксплуатации.

По сравнению с заглубленными наземные сооружения характеризуются большими габаритами покрывающего экрана, поэтому он создается уже после загрузки и консервации всех модулей. Единый покрывающий экран над всеми отсеками сокращает площадь застройки, объемы материалов и работ. Длительное время ПЗРО фактически представляет собой пункт долговременного хранения РАО с возможностью изъятия упаковок, что позволяет переместить их при возможных ошибках характеристики РАО или изменении нормативных требований.

Для рассмотренных технических концепций сооружений захоронения РАО БелАЭС проработаны унифицированные и стандартизированные строительные решения, а также исходные технические требования к нестандартному оборудованию. Вопрос о выборе варианта конструкции для планируемого централизованного ПЗРО необходимо рассматривать с учетом всей совокупности характеристик системы захоронения РАО в месте размещения объекта.

Заключение

Анализ международно признанных подходов к выбору вариантов захоронения РАО показывает необходимость дальнейшего совершенствования национального нормативно-правового регулирования в данной области и гармонизации требований различных нормативных документов.

При выборе для республиканского централизованного ПЗРО технической концепции сооружений захоронения РАО БелАЭС низкой и средней активности с ограниченным содержанием долгоживущих радионуклидов целесообразно на стадии проектирования рассмотреть вариант конструкции наземного типа.

Список литературы

1. *Классификация радиоактивных отходов: Нормы МАГАТЭ по безопасности. Руководство по безопасности № GSG-1.* – Вена, 2009. – 68 с.
2. *Обзор зарубежных практик захоронения ОЯТ и РАО / Н.С. Цебаковская [и др.]; под общ. ред.: И.И. Линге, Ю.Д. Полякова.* – М.: Комтехпринт, 2015. – 208 с.
3. *Жемжуров, М.Л. Техническая концепция захоронения очень низкоактивных, низкоактивных и короткоживущих среднеактивных радиоактивных отходов Белорусской АЭС / М.Л. Жемжуров, Н.Д. Кузьмина // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Серія фіз.-тэхн. навук.* – 2022. – № 1. – С. 105–118. <https://doi.org/10.29235/1561-8358-2022-67-1-105-118>
4. *О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 19.10.2012 № 1069: постановление Правительства Российской Федерации, 29.10.2022, № 1929.*
5. *К вопросу выбора способа захоронения низко- и среднеактивных РАО / Д.И. Павлов [и др.] // Радиоактивные отходы.* – 2024. – № 1 (26). – С. 69–83.
6. *Сорокин, В.Т. Технологии окончательной изоляции радиоактивных отходов: европейский опыт и тенденции / В.Т. Сорокин, Д.И. Павлов // Радиоактивные отходы.* – 2018. – № 4 (5). – С. 24–32.
7. *Научно-технические и проектные основы создания конструкций приповерхностных пунктов захоронения низко- и среднеактивных отходов / Д.И. Павлов [и др.] // Радиоактивные отходы.* – 2021. – № 4 (17). – С. 65–77.
8. *О Стратегии обращения с радиоактивными отходами [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 15 февр. 2023 № 128 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22300128&p1=1&p5=0>. – Дата доступа: 05.05.2023.*
9. *Technical considerations in the design of near surface disposal facilities for radioactive waste.* – IAEA-TECDOC-1256. – Vienna, 2001. – 60 p.
10. *Нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения», утв. постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 16.07.2019 № 47.*
11. *Жемжуров, М.Л. Об обращении с радиоактивными отходами очень низкой активности на Белорусской АЭС / М.Л. Жемжуров, А.В. Песцова, А.М. Жемжуров // Энергетическая стратегия.* – 2024. – № 4 (100). – С. 44–48.
12. *Жемжуров, М.Л. Разработка технической концепции сооружений приповерхностного захоронения радиоактивных отходов Белорусской АЭС / М.Л. Жемжуров, Д.И. Павлов, А.М. Жемжуров // Энергетическая стратегия.* – 2024. – № 5 (101). – С. 44–47.

А.В. ДРОБОВ,
 м.т.н., главный специалист главного управления образования
 Гомельского облисполкома, Гомель, Беларусь,
 electr_to@mail.ru

В.Н. ГАЛУШКО,
 к.т.н., доцент, заведующий кафедрой
 «Электротехника» БелГУТ, Гомель, Беларусь,
 5355628@mail.ru

И.Л. ГРОМЫКО,
 м.т.н., ассистент кафедры «Электротехника» БелГУТ, Гомель,
 Беларусь,
 ivangromyko95@mail.ru

Д.В. ЕРМОЛЕНКО,
 д.т.н., профессор кафедры «Электроэнергетика
 транспорта» РУТ (МИИТ), Москва, Россия,
 yermoldv@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ПОМОЩЬЮ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация

Статья посвящена исследованию электромагнитных и тепловых процессов в трансформаторах с использованием 3D-моделирования. Произведен анализ пространственного магнитного поля и тепловых изменений в трансформаторе ПОбС-5АУЗ при различных режимах работы, включая межвитковое короткое замыкание. С помощью программной системы ANSYS Electronics получены графики тока и температуры, которые позволили сравнить различные сценарии и использовать результаты для обучения нейронных сетей без проведения дорогостоящих экспериментов. Рассмотрена возможность оптимизации конструкции трансформатора и создания его цифрового двойника для улучшения управления энергетическими процессами.

Ключевые слова: трансформатор, моделирование, электромагнитные процессы, тепловое поле, сердечник, обмотки, изоляция, короткое замыкание

Annotation

The article is devoted to the study of electromagnetic and thermal processes in transformers using 3D modeling. The authors analyzed the spatial magnetic field and thermal changes in the POBS-5AU3 transformer under various operating modes, including interturn short circuit. Using the ANSYS Electronics software system, current and temperature graphs were obtained, which made it possible to compare different scenarios and use the results to train neural networks without conducting expensive experiments. The article also considers the possibility of optimizing the transformer design and creating its' digital twin to improve the management of energy processes.

Keywords: transformer, modeling, electromagnetic processes, thermal field, core, windings, insulation, short circuit

*Статья поступила в редакцию
 16 сентября 2024 года*

Актуальность

В настоящее время совершенствование электротехнических устройств становится все более актуальной задачей в связи с необходимостью повышения эффективности и надежности энергетических систем. Одним из ключевых устройств в электроэнергетике является трансформатор, и его оптимизация с целью улучшения работы имеет большое значение для обеспечения стабильной работы энергосистемы. В данной работе рассматривается возможность совершенствования конструкции трансформатора ПОбС-5АУЗ с использованием 3D-моделирования электромагнитных и тепловых процессов. Это позволит не только улучшить характеристики устройства, но и создать базу данных для обучения нейронных сетей, что имеет важное значение для развития интеллектуальных систем управления энергетическими процессами.

Основная часть

При создании цифрового двойника трансформатора была выполнена разработка моделей электромагнитных процессов, включая моделирование основных характеристик трансформатора и совершенствование модельного представления его обмоток.

Модель трансформатора ПОбС-5АУЗ была создана в программной системе ANSYS Electronics на основе реального прототипа данного трансформатора (рис. 1).

Для анализа температуры в ANSYS Electronics предусмотрен отдельный тип проекта – ANSYS Icepak. Для его качественной работы требуется сопряжение с проектом ANSYS Maxwell, который предназначен для моделирования электромагнитных полей. Функция View/Edit Materials позволяет просматривать и изменять материалы, используемые при моделировании в ANSYS Electronics [1], просмо-

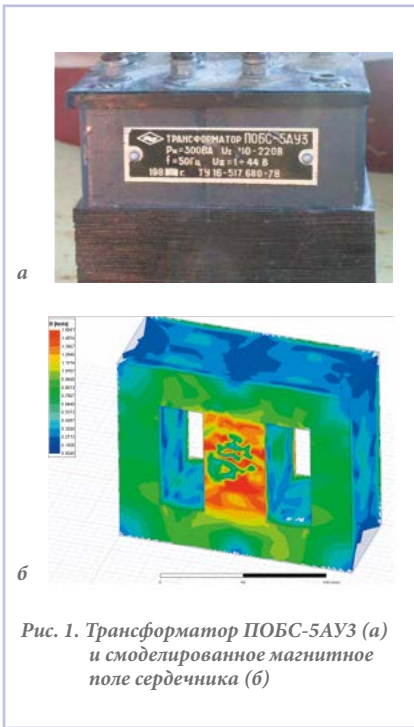


Рис. 1. Трансформатор ПООБС-5АУЗ (а) и смоделированное магнитное поле сердечника (б)

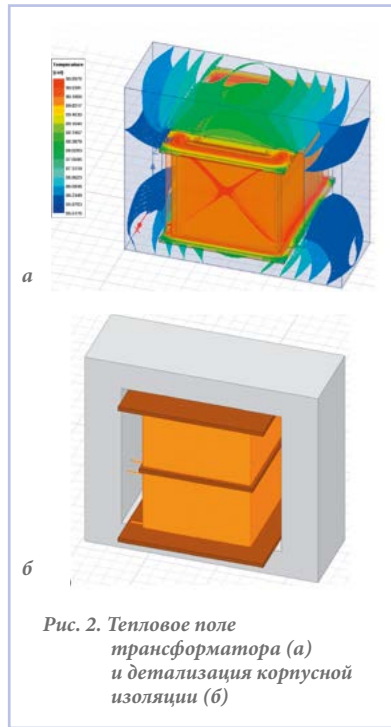


Рис. 2. Тепловое поле трансформатора (а) и детализация корпусной изоляции (б)

тривать их свойства, выбирать и настраивать материалы для различных компонентов модели, устанавливая коэффициенты материалов, необходимые для правильного численного анализа, и вносить изменения в свойства материалов в процессе работы с проектом (рис. 2, а).

Для более точного моделирования трансформатора необходимо создать подробное описание первичной и вторичной обмоток. На данном этапе учитываются следующие параметры:

- точные размеры сердечника и корпусной изоляции (рис. 2, б);
- цилиндрическая форма обмоток и покрытие их электротехнической эмалью;

- полигональные изгибы и выводы обмоток.

Проведение экспериментов с межвитковым коротким замыканием (МКЗ) с использованием виртуальной модели, а не реального оборудования дает значительное преимущество с точки зрения безопасности и экономии средств. Виртуальные модели позволяют проводить такие эксперименты без угрозы для людей и оборудования, а также снижают расходы на проведение исследований и устранение возможных инцидентов.

В данном контексте рассматривается моделирование электромагнитных и тепловых процессов в трансформаторе с МКЗ в нижней части (рис. 3) и в середине (рис. 4) первичной обмотки с различным числом витков.

Для выполнения моделирования МКЗ необходимо выделить определенный участок обмотки в отдельный сегмент и указать соответствующие геометрические и электрические параметры для корот-

кого замыкания, которые получены расчетным способом и проверены экспериментами с использованием измерительных приборов.

На модели также возможно изучать возможности изменения размеров сердечника трансформатора в сторону их уменьшения и с целью устранения «узких мест» в картине магнитных и тепловых полей. На рисунке 5 представлен вариант измененного внешнего контура сердечника.

Наиболее важный этап моделирования электромагнитных процессов на цифровом двойнике – получение адекватных графиков мгновенных значений тока. Осциллограммы МКЗ позволяют обучить имеющиеся нейронные

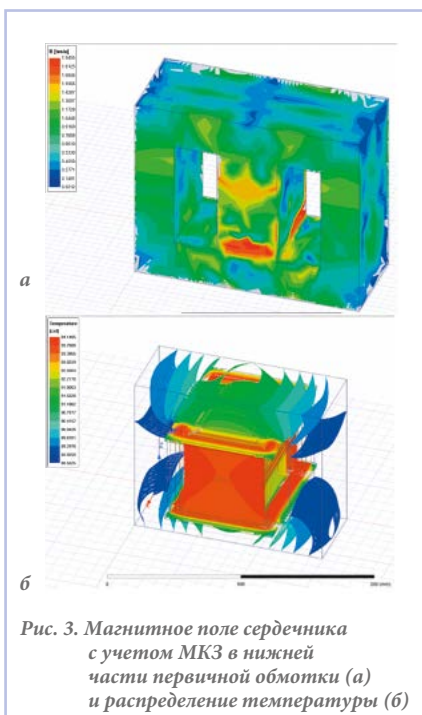


Рис. 3. Магнитное поле сердечника с учетом МКЗ в нижней части первичной обмотки (а) и распределение температуры (б)

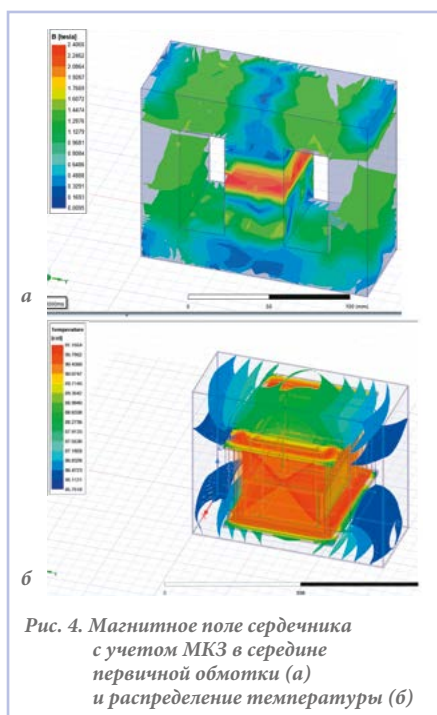


Рис. 4. Магнитное поле сердечника с учетом МКЗ в середине первичной обмотки (а) и распределение температуры (б)

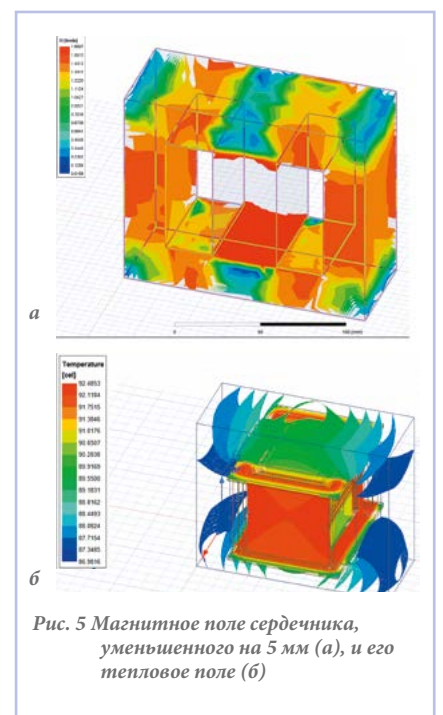


Рис. 5. Магнитное поле сердечника, уменьшенного на 5 мм (а), и его тепловое поле (б)

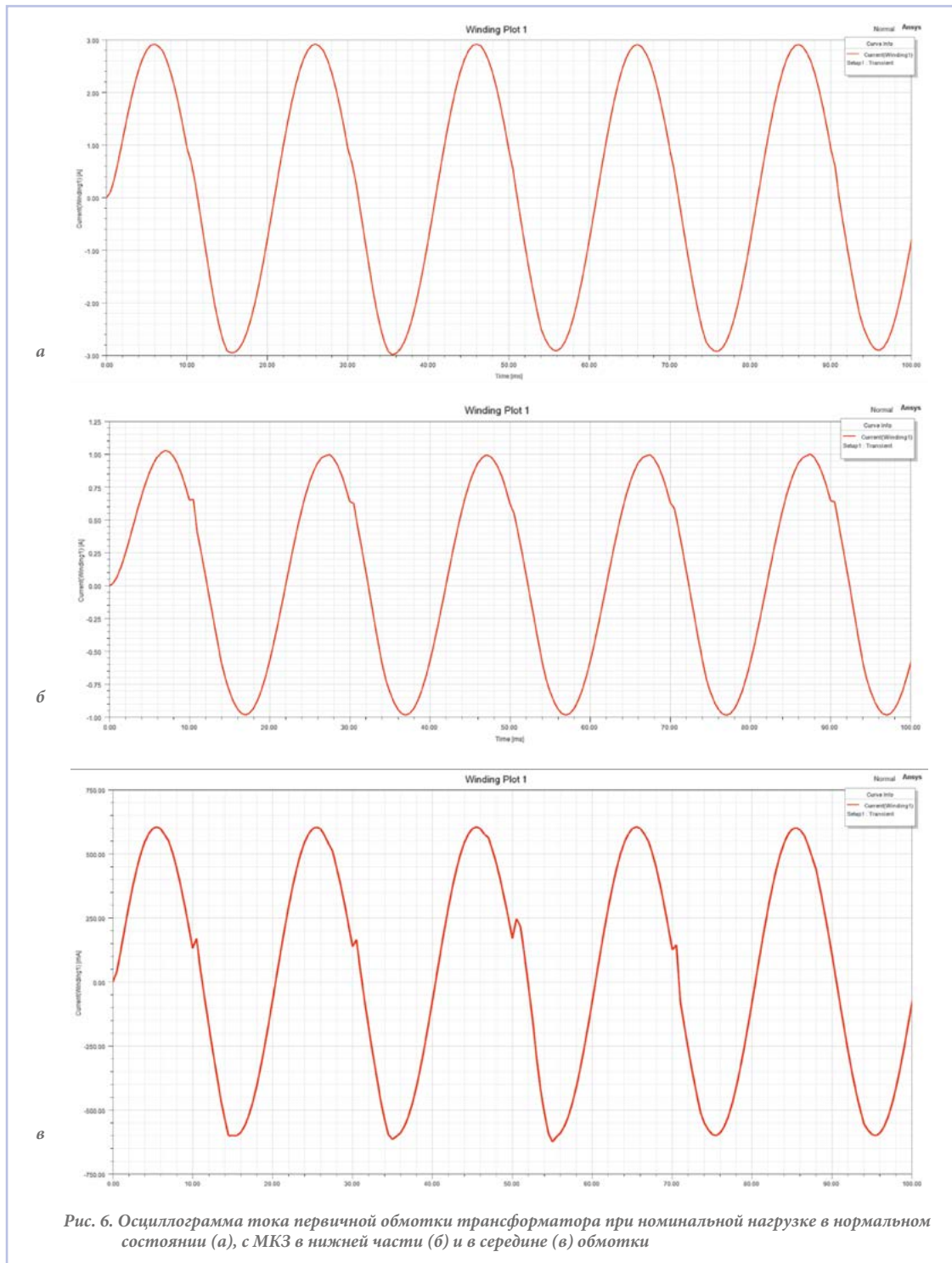


Рис. 6. Осциллограмма тока первичной обмотки трансформатора при номинальной нагрузке в нормальном состоянии (а), с МКЗ в нижней части (б) и в середине (в) обмотки

сети [2, 3] с целью диагностики трансформаторов без отключения от питания (рис. 6).

Заключение

С использованием программного комплекса ANSYS Electronics было исследовано пространственное магнитное поле трансформатора. Тепловой анализ показал зависимость

изменения температуры в случае межвиткового короткого замыкания от количества витков первичной обмотки. Получены осциллограммы тока обмотки при МКЗ и проведено сравнение результатов модельного и реального МКЗ при различных локализациях, что позволит использовать данный программный продукт для обучения нейронных сетей без постановки дорогостоящих экспериментов.

Список литературы

1. Басов, К.А. ANSYS: Справочник пользователя / К.А. Басов. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 640 с.
2. Система диагностирования неисправностей трансформаторов на основе сверточных нейронных сетей / А.В. Дробов, В.Н. Галушко, И.Л. Громыко // Энергетическая стратегия. – 2023. – № 4 (94). – С. 49–53.
3. Hramyka, I. Development of Software and Hardware for Identification of Interturn Short Circuit in Single-Phase Transformers // I. Hramyka // 2024 Third International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T), Raipur, India, 2024. – P. 241–246. <https://doi.org/10.1109/ICPC2T60072.2024.10474962>



В.В. САРАНЦЕВ,
к.т.н., доцент, директор филиала
«Учебный центр подготовки,
повышения квалификации
и переподготовки
кадров энергетики»
РУП «Минскэнерго»



Ю.С. СЫЧЕВА,
к.п.н., доцент,
первый проректор
УО «Республиканский
институт
профессионального
образования»



М.И. КАЛМЫКОВА,
начальник отдела
психологического обеспечения
филиала «Учебный центр
подготовки, повышения
квалификации и переподготовки
кадров энергетики»
РУП «Минскэнерго»



ПРОФОРИЕНТАЦИОННАЯ РАБОТА С МОЛОДЕЖЬЮ: ПУТЬ В ПРОФЕССИЮ ЭНЕРГЕТИКА

В современном мире привлечение на рабочие места квалифицированных кадров – приоритетная задача любой отрасли. Одной из продуктивных форм работы с потенциальными специалистами является профессиональная ориентация, которая позволяет молодым людям определиться с выбором будущей сферы деятельности в соответствии со своими способностями, интересами, образовательными возможностями и ситуацией на рынке труда. В статье рассматриваются основные направления профориентационной работы, а также опыт в этой сфере РУП «Минскэнерго».

Профориентация предполагает реализацию комплекса специальных мер по содействию человеку в профессиональном самоопределении и выборе оптимального вида занятости с учетом его потребностей и возможностей, а также формирование у него умения ориентироваться на рынке труда в текущей социально-экономической ситуации.

РУП «Минскэнерго», как и другие отраслевые организации, заинтересовано в притоке мотивированных молодых специалистов. В связи с этим разработано и утверждено Положение о профориентационной работе, на основании которого РУП «Минскэнерго» формирует планы своего взаимодействия по этому направлению с учреждениями образования (УО).

Цель, задачи, принципы и направления профориентации

Основной целью профориентационной работы РУП «Минскэнерго» является привлечение в отрасль молодых кадров за счет реализации следующих мер:

- продвижение бренда потенциального работодателя и повышение престижа работы в энергетической отрасли;

- оказание учащимся профориентационной поддержки в процессе самоопределения и выбора сферы будущей деятельности;

- развитие у детей и молодежи навыков самоанализа для определения своих сильных и слабых сторон;

- активизация процесса профессионального самоопределения школьников, учащихся и студентов, а также поиска потенциальных путей прихода в профессию.

Профориентационная деятельность призвана решать ряд задач:

- повышение уровня информированности и интереса к профессиям в энергетической отрасли;

- содействие в выявлении профессиональной направленности;

- ознакомление со спецификой профессии энергетика и современными направлениями развития отрасли;

- перспективное формирование и изучение контингента школьников, планирующих поступать в колледжи и вузы на специальности, связанные с электро- и теплоэнергетикой;

- реализация совместных образовательных инициатив, установление партнерских отношений с учебными заведениями, а также с другими струк-



Экскурсии на энергопредприятия с проведением практических занятий

турами и учреждениями, занимающимися вопросами профориентации.

В основе профессиональной ориентации лежат следующие принципы:

- дифференцированный и индивидуальный подход к школьникам и студентам в зависимости от возраста и уровня сформированности профессиональных интересов;
- оптимальное сочетание массовых, групповых и индивидуальных форм работы;
- взаимосвязь энергопредприятий, школы, учреждений высшего, среднего специального, профессионально-технического образования и социума;
- соответствие содержания, форм и методов работы потребностям профессионального развития личности и одновременно потребностям предприятия, отрасли, региона.

Профориентационная работа осуществляется по нескольким направлениям: просветительское, образовательное, научно-исследовательское, психологическое сопровождение, целевая подготовка. Для большей эффективности целевая аудитория разделена на группы с учетом возраста и контингента (дети, родители, педа-

гоги, студенты, учащиеся Национального детского технопарка и т.д.).

Охарактеризуем направления профориентационной работы более подробно.

Просветительское направление

Просвещение предусматривает популяризацию энергетических профессий, в том числе путем «погружения» молодежи в профессиональную среду в рамках встреч с представителями отрасли, экскурсий на предприятия, участия в социально значимых проектах.

Формы реализации просветительского направления могут быть разными:

- профориентационные уроки;
- выступления приглашенных специалистов перед целевой аудиторией;
- дистанционное информирование через сеть Интернет, работа на образовательных платформах и порталах, в мессенджерах;
- работа с родителями в рамках таких мероприятий, как «Родительская суббота» и т.п.;
- экскурсии на предприятия (в том числе ознакомление с работой аппарата управления), проведение практических занятий;

- выставки профориентационной направленности (День энергетических профессий);
- участие представителей отрасли в днях открытых дверей колледжей и вузов.

Работа ведется с учетом особенностей каждой целевой группы. Так, с детьми дошкольного возраста она должна быть максимально наглядной – популяризация профессии энергетика подразумевает демонстрацию примеров важности энергоресурсов для жизни (без электричества не работают электроприборы, без тепла нет комфорта, без газа невозможно приготовить еду).

Для детей разных возрастных групп (от дошкольного до старшего школьного возраста) совместно с Госэнергогазнадзором проводятся уроки энергобезопасности, в ходе которых внимание акцентируется на рисках для жизни и здо-

ровья, возникающих при использовании электроэнергии, газа или тепла.

Таким образом, формируется образ энергетика – специалиста, чья работа крайне важна, но при этом сложна и опасна. Немаловажно, чтобы школьники воспринимали его не только как уважаемую личность, но и как героя, которому хочется подражать. При разработке мероприятий учитывается, что дети могут заинтересоваться энергообъектами, оборудованием и после этого пытаться самостоятельно проникнуть на трансформаторные подстанции, забраться на опоры ЛЭП, в люки теплосетей и т.п. Поэтому занятия по профориентации или энергобезопасности необходимо разрабатывать совместно с педагогами-психологами, чтобы случайно не навредить своими действиями.

При проведении профориентационной работы со старшеклассниками основным направлением является информирование об открывающихся возможностях при выборе профессии энергетика. В такой работе задействованы заказчики кадров, которые на реальных примерах демонстрируют ученикам преимущества работы в отрасли: показывают рабочие места, рассказывают об уровне заработной платы, социальных гарантиях, возможностях карьерного роста, развития компетенций, проведения досуга и других особенностях работы на энергопредприятии.

Важную роль в просветительской работе играет дистанционное информирование на образовательных платформах. В настоящее время разрабатывается техническое задание на создание интернет-платформы для школьников, учителей, студентов и молодых специалистов. На ней планируется размещать методические указания для проведения практических занятий со школьниками, информацию об УО, осуществляющих подготовку специалистов для энергетической отрасли, сообщения о мероприятиях для молодых специалистов (семинары, конференции, симпозиумы) и другую информацию.

Образовательное направление

В рамках профориентации проводится обучение старшеклассников по программам профильных и ин-



Проведение интерактивных уроков для дошкольников по темам «Безопасное электричество», «Пожарная безопасность для детей»





женерных классов в школах и гимназиях, а также в организациях энергосистемы.

В целях создания единой информационной образовательной среды, обеспечения практикоориентированности образовательных программ, реализации учебных программ факультативных занятий и эффективных форм партнерства были заключены договоры о сотрудничестве между РУП «Минскэнерго», школами Партизанского, Ленинского и Фрунзенского районов и Белорусским национальным технологическим университетом (БНТУ), а также разработаны графики посещения учениками энергопредприятий РУП «Минскэнерго» и энергетического факультета БНТУ.

Немаловажная роль в профориентационных мероприятиях отводится педагогам. Поэтому при разработке планов особое внимание уделяется работе с учителями школ, преподавателями колледжей и вузов. Так, в Госкорпорации «Росатом» на регулярной основе проводятся различные кейсы, вебинары, школы, советы с целью оказания помощи педагогам в преподавании дисциплин, востребованных в энергетической отрасли (физика, химия, информатика и др.) [2]. С учетом ввода БелАЭС и появлением нового направления энергетики подобный опыт может быть востребован и у нас.

Работа с учащимися колледжей и студентами вузов направлена на повышение их практических навыков и введение в будущую профессию. Здесь немаловажным является привлечение этой категории молодежи к прохождению практики на рабочих местах по разным энергетическим специальностям, к участию в демонстрационных мастер-классах по передовым направлениям развития отрасли.

Филиалы РУП «Минскэнерго» принимают деятельное участие в этой работе. Например, на базе филиала «Минские электрические сети» сотрудники АО «Сетевая компания» (Татарстан, Россия) продемонстрировали учащимся, студентам и преподавателям методы работы по замене опоры ВЛ 10 кВ без снятия напряжения. А в ходе конкурса профмастерства «Лучший по профессии» (номинация «Электромонтер распределительных сетей»), который прошел на базе полигона филиала «Борисовские электрические сети», учащиеся Минского государ-

ственного энергетического колледжа (МГЭК) на практике познакомились с работой бригад электромонтеров.

Научно-исследовательское направление

Научно-исследовательское направление работы по профессиональной ориентации предусматривает организацию участия учащихся и студентов в научно-исследовательских проектах, конкурсах и конференциях, а также проведение узкоспециализированных консультаций с экспертами.

С 2011 года в Беларуси осуществляется республиканский молодежный проект «100 идей для Беларуси», организатором которого является Белорусский республиканский союз молодежи. Цель проекта – активация деятельности юных белорусов в области инноваций, мотивирование и развитие молодежного изобретательства и рационализаторства, выявление целеустремленных молодых специалистов. Важной составляющей проекта является поддержка одаренной молодежи, раскрытие ее изобретательских, организаторских и ораторских способностей. В проекте работает секция «Энергетика». Неоднократными победителями конкурса в этой номинации становились учащиеся МГЭК.

Важным событием для республики стало открытие Национального детского технопарка, целью которого является поддержка одаренных учащихся, развитие у них интереса к научно-технической и инновационной деятельности, стремления к личным научным достижениям.

На уровне руководителей ГПО «Белэнерго» и УО «Национальный детский технопарк» подписана Дорожная карта по сотрудничеству. В рамках ее реализации в течение года проводится обучение 10 смен учащихся по направлениям «Энергетика будущего» и «Инженерная экология». По результатам обучения в каждой смене определяется победитель. Учащиеся смен – это мотивированные ребята, поэтому основная задача организаций



Экскурсии на предприятия энергетики для учащихся Национального детского технопарка и МГЭК



энергетики – помочь им определиться с выбором в пользу востребованных отраслей специальностей, в том числе с помощью организации экскурсий на энергообъекты. В частности, учащиеся детского технопарка регулярно участвуют в экскурсиях на государственное предприятие «Белорусская АЭС», а также на практике изучают работу организаций, входящих в состав ГПО «Белэнерго».

Кроме работы по формированию интереса к энергетике у школьников, учащихся и студентов должна проводиться работа с молодыми специалистами на первых рабочих местах. Попадая в новую для себя профессиональную среду, они должны чувствовать свою значимость и востребованность, видеть перспективы карьерного роста, пользоваться социальной поддержкой, осознавать доступность дальнейшего обучения [3].

Психологическое сопровождение профориентации

Психологическое сопровождение просветительского, образовательного и научно-исследовательского направлений работы, помощь в формировании мотивации выбора профессии



в области электроэнергетики – важные составляющие профориентационной деятельности. Задача профориентации – не только привлечь в отрасль молодых специалистов, но и помочь им в осознанном выборе будущей профессии.

На базе Национального детского технопарка проводилось психологическое профориентационное тестирование в нескольких группах школьников, проходящих обучение по программе «Энергетика будущего». Так, по результатам теста «Выявление способностей», в котором приняли участие 9 учащихся, способность к науке выявлена у шести, спортивный талант – у троих, незаурядный интеллект – у двоих (рис. 1). По результатам

теста «Узнай себя» (10 респондентов) данные распределились практически поровну (рис. 2)

В помощь учителям и школьникам УО «Республиканский институт профессионального образования» разработало открытую онлайн-платформу профориентационной поддержки «ПрофиТест» [4], предназначенную для диагностики профессионального самоопределения и оказания помощи молодежи в осознанном выборе профессии.

Данный онлайн-инструмент включает комплекс тестов по профориентации, которые помогают оценить склонности и предпочтения конкретного человека и определить оптимальные для него сферы деятельности. Использование комплекса позволяет выбрать не только подходящую профессию, но и УО, которое осуществляет подготовку по выбранной специальности.

«ПрофиТест» включает четыре теста. Первый помогает выявить профессиональные склонности – предрасположенность обучающегося к различным сферам деятельности: практической, интеллектуальной, эстетической, планово-экономической, работе с людьми или в экстремальных условиях. Второй тест направлен на определение типа мышления (предметно-действенное, абстрактно-символическое, словесно-логическое, наглядно-образное). Он позволяет также установить уровень креативности тестируемого. Третий определяет «карту интересов» и степень их выраженности, что имеет особое значение для формирования мотивации при выборе будущей профессии. Наконец, по итогам четвертого теста на основании изучения интересов, склонностей и предпочтений человека предлагается перечень профессий и подходящее УО.

С 1 сентября 2022 года в Беларуси профориентационное тестирование прошли более 130 тыс. учащихся учреждений общего среднего образования.

Целевая подготовка

Целевая подготовка предусматривает обучение студента в УО на основании договора с организацией – заказчиком кадров и самим гражданином. Такая форма работы имеет ряд пре-

имуществ для будущего молодого специалиста:

- повышаются шансы поступить на желаемую специальность;
- уже на стадии поступления абитуриент видит своего работодателя и знает, куда пойдет работать, какие может получить дополнительные преференции и льготы;
- дальнейший процесс подготовки и практики студента индивидуализирован (курсовые и дипломные работы выполняются согласно нуждам конкретного заказчика).

В УО Республики Беларусь ежегодно растет количество мест для целевой подготовки. Задача отраслевых организаций – объяснять родителям и абитуриентам преимущества такой формы обучения.

Заключение

Профориентационная работа – это комплексная деятельность, направленная на привлечение молодежи в отрасль, формирование у нее положительного образа энергетика, гордости за профессиональное сообщество и за Белорусскую энергосистему в целом. Необходимым условием качества этой работы является ее системность и планомерность. Для эффективной реализации этой деятельности в РУП «Минскэнерго» разработано и утверждено положение о профориентационной работе, на основании которого формируются планы работы филиалов РУП «Минскэнерго» с учредителями образования.

В списке литературы к статье приведены ссылки на источники и открытые интернет-ресурсы, которые могут быть полезны в работе со школьниками, студентами и молодыми специалистами.

Список литературы

1. Климов, Е.А. Психология профессионального самоопределения: учеб. пособие / Е.А. Климов. – М.: Издательский центр Академия, 2004. – 304 с.
2. Корпоративная Академия Росатома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosatomtalents.team>.
3. Держим руку на пульсе энергосистемы! [Электронный ресурс]. – АО «Системный оператор Единой энергетической системы». – Режим доступа: <https://socareer.ru>.
4. Республиканский институт профессионального образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://profitest.gpo.by>.



С.А. ВЫСОЦКАЯ,
психолог филиала «Минские электрические сети»
РУП «Минскэнерго»

ЭРГОНОМИКА В РАБОТЕ РУКОВОДИТЕЛЯ

Эффективность работы энергетических объектов зависит от управленческого звена – тех людей, которые могут грамотно руководить, организовывать, контролировать, брать на себя ответственность. Работа требует от них, с одной стороны, проявлять гибкость, а с другой – твердость на фоне жестких управленческих нагрузок. В этих условиях остаться эффективным руководителем, который стоит на страже безопасности, во многом помогает правильно организованная рабочая среда.

Эргономика (от греч. «эргон» – работа) – это наука об адаптации рабочего пространства к работнику. Предметом изучения эргономики выступает эргатическая система, в основе которой лежит взаимодействие субъекта и объекта труда, а также среды, в которой они находятся. В инженерной психологии эргатическая система – это схема производства, одним из элементов которой является человек или группа людей в качестве управляющего звена (оператора), а другим – техническое устройство (машина). Эти элементы взаимодействуют между собой для достижения производственного результата (рис. 1).

В сущности, эргатическим можно назвать любой производственный процесс, протекающий с участием человека. При этом работа, в том числе в энергетической отрасли, может выходить далеко за рамки производства или управления техническими объектами. К примеру, эргатическими будут являться не только системы управления энергообъектами, технологическими цепочками и оборудованием, но и процедуры разработки и внедрения проектов, обучения персонала и даже рабочие совещания – так как они подразумевают производственное взаимодействие, которое, в свою очередь, является частью технологического процесса.

Важнейшей характеристикой эргатических систем и критерием успешности трудовой деятельности является безопасность, которая может быть рассмотрена, во-первых, как защищенность работников от опасных воздей-

ствий и, во-вторых, как защищенность от возникновения аварий и катастроф, несущих угрозы не только организации и персоналу, но и окружающей среде.

В любой работе присутствуют риски. В случае организованного процесса труда груз обеспечения безопасности ложится на плечи руководителя. При этом в современных условиях обычными средствами управления (приказы, инструкции, распоряжения, метод «кнута») невозможно полностью предотвратить нарушения, халатность, саботаж. Не получится также оценить действительное состояние безопасности такими традиционными методами, как анкетирование, опросы, психологические тесты. Это происходит потому, что трудовое поведение (как и «доверие» техники) нельзя просчитать наперед – все нужно формировать, сопровождать и контролировать. И это входит прежде всего в обязанности руководства.

С учетом вышесказанного руководитель рассматривается как «эргатический резерв системы».

Обеспечение надежности эргатических систем включает:

- повышение надежности машин (оборудования, технического процесса);
- повышение надежности персонала (профессиональное обучение, отбор);
- оптимальное распределение функций между работниками и машинами.

Функционал руководителя не ограничивается вопросами безопасности эргатической системы, он имеет еще



Рис. 1. Схема эргатической системы

много обязанностей. Нагрузка на управленца в энергетике колоссальная. Получается, что он в каком-то смысле сам должен быть как человек-машина, киборг из фильмов. Но это фантастика, а энергетика требует реальных подходов и инструментов, одним из которых является эргономика. В ней мы и будем искать ресурс «сверхсил» руководителя.

Эргономика рабочего места руководителя

Эффективность работника во многом связана с комфортом на рабочем месте. Для руководителя это рабочий кабинет, в котором он неизбежно проводит значительную часть своего времени и выполняет ряд действий. Это работа с документами, прием персонала и посетителей, решение проблемных ситуаций и т.д.

Если не спроектировать и не организовать рабочее место правильно,



СПРАВОЧНО

Цвет клавиатуры тоже имеет значение. Дело в том, что человеческий зрительный аппарат гораздо легче воспринимает черные знаки на белом фоне. Поиск же белых букв на черных клавишах со временем начинает раздражать хрусталик глаза. Поэтому для частого и интенсивного набора больших объемов текста предпочтительнее будет белая клавиатура.

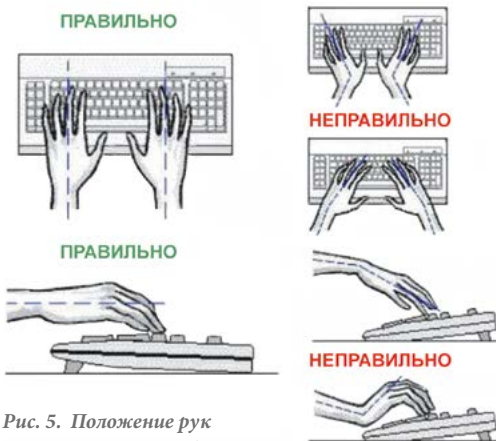


Рис. 5. Положение рук на клавиатуре

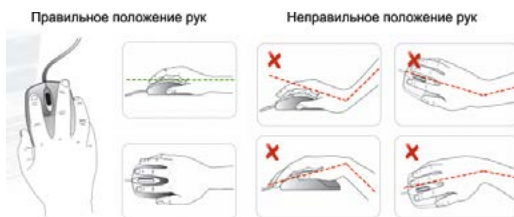


Рис. 6. Положение рук при работе с мышью

размеру кисти руки, чтобы не возникало дополнительной нагрузки. Строгих правил выбора мыши не существует, но есть несколько рекомендаций:

- запястье при работе с мышью должно быть прямым (рис. 6). Никогда не опирайтесь на запястье, лежащее на столе, и не изгибайте его в суставе: кисть должна лежать в естественном положении;

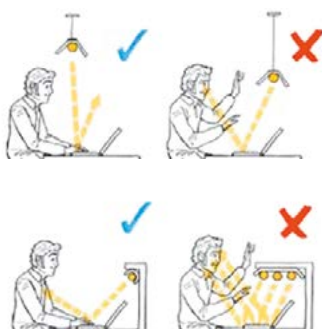


Рис. 7. Освещение рабочего места

- не сжимайте мышку с силой. Это вызывает ненужное напряжение мышц, нарушает кровообращение и затрудняет движения;

- не работайте с мышкой полностью вытянутой рукой.

На сегодняшний день, помимо классических мышек, на рынке присутствует множество аналогов – для левшей, правшей, нестандартной формы и функционала. Объединяет же их важное свойство – эргономичная форма и минимум усилий при использовании, что позволяет рукам находиться в естественном положении и снижает риск заболевания суставов.

Эргономика света и цвета

Освещение – важный фактор эффективной работы руководителя. Научно доказано, что любое отклонение от норм освещенности рабочего места чревато опасными последствиями: слишком яркий свет вызывает стресс и раздражение, тусклый – вредит зрению и угнетает психику. Поэтому свету уделяется пристальное внимание в нормативных документах, например в СН 2.04.03-2020 «Естественное и искусственное освещение».

Естественный свет является предпочтительным при обустройстве кабинета, причем свет должен падать с учетом особенностей асимметрии головного мозга (слева у правшей и справа у левшей). Преимущество обычного света в том, что он существенно экономит затраты на электричество. При естественном освещении производительность труда на 10 % выше, чем при искусственном, однако сила естественного освещения непостоянна, так как зависит от сезона, времени суток, высоты соседних зданий, чистоты стекол и т.д.

Как правило, деятельность руководителей является комбинированной, то есть предполагает работу как с компьютером, так и с бумагами. Поэтому на рабочее место необходимо установить источник местного освещения – настольную лампу с ре-

гулируемым наклоном плафона и регулируемой яркостью. Надо следить, чтобы свет от лампы не действовал раздражающе и не создавал бликов на экране (рис. 7).

Кроме распределения источников света следует учитывать ряд других факторов, например то, как расположено помещение относительно сторон света. Колорит кабинета, выходящего окнами на солнечную сторону, принято выполнять в холодных тонах. В северных помещениях, наоборот, используют теплые оттенки. Не следует забывать и о том, как меняется цвет при искусственном освещении: теплые цвета выглядят светлее, чем при натуральном освещении, а холодные – темнее.

Если кабинет небольшой, холодная ненасыщенная цветовая гамма зрительно раздвинет стены и увеличит пространство. Спокойные пастельные тона снизят утомляемость от коммуникации с большим количеством людей.

Общие рекомендации по организации света и цвета таковы:

- чтобы обеспечить адекватное отражение света, необходимо использовать для оформления потолков очень светлый (белый) цвет, а для стен – более темный;

- не следует использовать глянцевые или блестящие материалы для оформления поверхностей в кабинете, чтобы не было бликов;

- правильное распределение основного освещения создает комбинация света от осветительных приборов, направленных вверх, со светом, отраженным от светлого потолка;

- открытые в верхней части осветительные приборы способствуют меньшему скоплению грязи, чем приборы с закрытым верхом;

- работа за компьютером в темном или полутемном помещении запрещается.

Заключение

Удовлетворенный окружающей обстановкой человек трудится продуктивнее и дольше, чем отвлекающийся на неудобства. Очевидно, что создание комфортных условий для работы – это инвестиции, а не затраты. Грамотная эргономика рабочего места дает руководителю весомый ресурс для эффективной деятельности.

Законы Республики Беларусь

Закон Республики Беларусь от 29.11.2024 № 38-3

«О ратификации Протокола о внесении изменений в Соглашение о принципах и подходах осуществления государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов Евразийского экономического союза в целях гармонизации законодательства государств – членов Евразийского экономического союза в указанной сфере от 16 февраля 2021 года»

Ратифицирован Протокол о внесении изменений в Соглашение о принципах и подходах осуществления государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов Евразийского экономического союза в целях гармонизации законодательства государств – членов Евразийского экономического союза в указанной сфере от 16 февраля 2021 года, подписанный в г. Москве 8 мая 2024 года.

В ст. 8 Соглашения слова «опасная продукция» заменены словами «продукция, не соответствующая требованиям технических регламентов Союза».

Указы Президента Республики Беларусь

Указ Президента Республики Беларусь от 02.12.2024 № 439

«О преобразовании особо охраняемых природных территорий»

Документом уточнены границы, площади и состав земель Березинского биосферного заповедника, национальных парков «Браславские озера» и «Припятский» в связи с изменением границ районов и областей.

Из состава особо охраняемых природных территорий исключены земли, специальное назначение которых не отвечает природоохранным целям. Это земли населенных пунктов, земли под транспортными коммуникациями (нефтепроводы, линии электропередачи и связи, дороги общего пользования).

Постановления Совета Министров Республики Беларусь

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29.10.2024 № 795

«О реализации пилотного проекта по обеспечению электротранспортом»

Постановлением предусмотрена реализация в 2024–2025 годах пилотного проекта по обеспечению электротранспортом г. Новополоцка с развитием зарядной инфраструктуры.

В рамках проекта в городе планируется установка зарядных станций суммарной электрической мощностью до 2 880 кВт на территориях:

– филиала «Автотранспортное предприятие № 6 г. Новополоцка» ОАО «Витебскоблавтотранс» по ул. Промышленной, 2;

– автовокзала по ул. Блохина, 8

– автобусной диспетчерской станции по ул. Молодежной, 253.

Реализацию проекта обеспечивают Минэнерго, Минпром, Минтранс и Витебский облисполком.

Постановление вступило в силу с 2 ноября 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29.10.2024 № 798

«Об одобрении Комплексного прогноза научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2026–2030 годы и на период до 2045 года»

Одобен Комплексный прогноз научно-технического прогресса Республики Беларусь на 2026–2030 годы и на период до 2045 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 05.11.2024 № 816

«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 10 октября 2018 г. № 731»

Изложена в новой редакции программа создания государственной зарядной сети для зарядки электромобилей, утвержденная постановлением Совмина от 10.10.2018 № 731.

Городская модель предполагает установку двух типов ЭЗС (Mode 3 и Mode 4), а также строительство супербыстрых электроразрядных комплексов.

Установка ЭЗС типа Mode 3 предусматривается в общественных местах, где физические лица проводят значительный промежуток времени (на стоянках бизнес-центров, офисных зданий, гостиниц, вблизи парков, историко-культурных объектов и др.).

Установка ЭЗС типа Mode 4 планируется в общественных местах, где пребывание физических лиц не превышает одного часа (крупные торговые центры, АЗС в черте города), на стоянках такси возле железнодорожных вокзалов и аэропортов для оказания услуг по зарядке электромобилей, а также по маршрутам движения городского пассажирского транспорта для зарядки электротранспорта.

Трассовая модель предполагает установку ЭЗС типа Mode 4 на АЗС РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», расположенных вдоль основных автомагистралей Республики Беларусь, а также вблизи пограничных переходов. При этом расстояние между ЭЗС должно составлять не более 50–70 км.

Строительство супербыстрых электроразрядных комплексов на основных автомагистралях планируется осуществлять в местах высокого электромобильного трафика по результатам детальной проработки проектов, а также вблизи существующих объектов придорожного сервиса.

Постановление вступило в силу с 8 ноября 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25.11.2024 № 866

«Об изменении постановлений Совета Министров Республики Беларусь»



Ряд нормативных документов приведен в соответствие с Указом Президента Республики Беларусь от 16.02.2024 № 55 «Об изменении указов Президента Республики Беларусь», в том числе:

- Правила электроснабжения, утвержденные постановлением Совмина от 17.10.2011 № 1394 «Об утверждении Правил электроснабжения»;
- Правила теплоснабжения, утвержденные постановлением Совмина от 11.09.2019 № 609 «О вопросах в области теплоснабжения»;
- Положение о порядке обеспечения населения твердыми видами топлива и возмещения разницы в ценах на твердые виды топлива, реализуемые населению по фиксированным розничным ценам, утвержденное постановлением Совмина от 09.11.2012 № 1028 «Об обеспечении населения твердыми видами топлива».

Постановление вступило в силу с 29 ноября 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29.11.2024 № 886

[«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 31 декабря 2010 г. № 1932»](#)

Внесены изменения в постановление от 31.12.2010 № 1932 «Об установлении ставок вывозных таможенных пошлин в отношении нефти сырой и отдельных категорий товаров, выработанных из нефти».

Установлены следующие ставки вывозных таможенных пошлин на товары, вывозимые с территории Республики Беларусь за пределы таможенной территории ЕАЭС (за 1 т):

- сжиженные углеводородные газы – 61,7 долл. США (ранее – 49,7 долл. США);
- этан, бутан, изобутан – 55,5 долл. США (ранее – 44,7 долл. США).

Пошлины на сырую нефть, прямогонный бензин, тримеры и тетрамеры пропилена, легкие и средние дистилляты, дизельное топливо, товарные бензины, бензол, толуол, ксилолы, мазут, смазочные и прочие масла, отработанные нефтепродукты, вазелин и парафин, нефтяные кокс и битум не вводились.

Постановление вступило в силу с 1 декабря 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 05.12.2024 № 903

[«Об изменении постановлений Совета Министров Республики Беларусь от 1 марта 2016 г. № 169 и от 18 января 2019 г. № 32»](#)

Изложен в новой редакции межотраслевой комплекс мер по увеличению потребления электроэнергии до 2030 года, утвержденный постановлением Совмина от 01.03.2016 № 169.

Из перечня инвестиционных проектов по строительству пиково-резервных энергоисточников и установке электродкотлов, утвержденного постановлением Совмина от 18.01.2019 № 32, исключена реконструкция котельной в д. Орехово.

Постановление вступило в силу с 8 декабря 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 05.12.2024 № 904

[«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 25 января 2021 г. № 37»](#)

Внесены изменения в постановление от 25.01.2021 № 37 «Об утверждении гигиенических нормативов».

Скорректирован ряд гигиенических нормативов:

- Показатели безопасности и безвредности атмосферного воздуха;
- Показатели безопасности и безвредности шумового воздействия на человека;
- Показатели безопасности и безвредности вибрационного воздействия на человека;
- Показатели безопасности и безвредности воздействия лазерного излучения на человека;
- Показатели безопасности для человека световой среды помещений производственных, общественных и жилых зданий;
- Показатели безопасности и безвредности микроорганизмов-продуцентов, микробных препаратов и их компонентов, вредных веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работающих;
- Показатели безопасности и безвредности факторов производственной среды и трудового процесса при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами.

Постановление вступило в силу с 12 декабря 2024 года, за исключением положений, вступающих в силу с 12 января 2025 года.

Постановления Министерства энергетики Республики Беларусь

Постановление Министерства энергетики Республики Беларусь от 22.11.2024 № 40

[«Об изменении постановления Министерства энергетики Республики Беларусь от 16 июня 2016 г. № 18»](#)

Внесены изменения в постановление Минэнерго от 16.06.2016 № 18 «Об установлении перечня случаев и (или) жилых помещений, в которых установка приборов индивидуального учета расхода газа экономически нецелесообразна либо технически невозможна». В частности, в новой редакции изложены пункты 2 и 3 перечня.

Постановление вступило в силу с 13 декабря 2024 года, за исключением положений, вступающих в силу с 1 января 2025 года.

Постановления Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 28.08.2024 № 60

[«Об утверждении норм и правил по обеспечению ядерной и радиационной безопасности»](#)

Утверждены следующие нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности, устанавливающие требования к безопасному использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения:

1) «Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок». Документ устанавливает требования при изготовлении, монтаже и ремонте оборудования и трубопроводов атомных энергоустановок, в частности: к выполнению сварки и наплавки (в том числе к сварочным материалам и оборудованию, подготовке и сборке под сварку, типам сварных соединений, термической обработке сварных соединений и наплавленных

деталей); к контролю качества сварочных и наплавочных материалов; к исправлению дефектов и его контролю;

2) «Правила контроля металла оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок при изготовлении и монтаже». Правила устанавливают требования к контролю (порядок проведения, виды, объемы, методы, нормы оценки качества по результатам контроля) состояния основного металла, металла сварных соединений и наплавленных поверхностей при конструировании, проектировании, изготовлении и монтаже оборудования и трубопроводов атомных энергоустановок.

Постановление вступило в силу с 1 декабря 2024 года.

Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 28.08.2024 № 61

[«О признании утратившими силу постановлений Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»](#)

Признано утратившим силу постановление МЧС от 12.06.2017 № 26 «Об утверждении норм и правил по обеспечению ядерной и радиационной безопасности».

Постановление вступило в силу с 1 декабря 2024 года.

Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 05.11.2024 № 73

[«О признании утратившим силу нормативного правового акта»](#)

Признан утратившим силу приказ Госкомитета по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и атомной энергетике от 06.05.1994 № 34 «Об утверждении и введении в действие Положения по обеспечению физической защиты ядерных материалов при их использовании, хранении и транспортировании».

Постановление вступило в силу с 20 ноября 2024 года.

Постановления Министерства строительства и архитектуры Республики Беларусь

Постановление Министерства строительства и архитектуры Республики Беларусь от 22.07.2024 № 81

[«Об изменении постановлений Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 4 августа 2020 г. № 39 и от 30 июня 2022 г. № 66»](#)

Внесены изменения в:

– Инструкцию о порядке осуществления авторского надзора за строительством, утвержденную ведомственным постановлением от 04.08.2020 № 39;

– Инструкцию о порядке определения вида строительной деятельности и наименования объекта строительства, утвержденную ведомственным постановлением от 30.06.2022 № 66.

В частности, документом установлено, что под представителем авторского надзора понимается работник генерального проектировщика, субподрядчика при разработке проектной документации, а также иные лица, на которых возлагается ведение авторского надзора.

Уточнено также, что отнесение работ к виду строительной деятельности – возведению, реконструкции, модернизации, технической модернизации, капитальному ремонту осуществляется заказчиком на стадии разработки предпроектной (предынвестиционной) документации с привлечением проектной организации (при необходимости).

Скорректирован перечень технико-экономических показателей и параметров, изменение которых является признаком реконструкции.

Изменены квалификационные признаки технической модернизации объекта.

Постановление вступило в силу с 21 ноября 2024 года.

Постановление Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 20.09.2024 № 106

[«Об утверждении и введении в действие изменения к строительным нормам СН 4.04.03-2020»](#)

Постановлением утверждено Изменение № 1 к СН 4.04.03-2020 «Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций». В частности, заменены ссылки на некоторые ТНПА, а ряд норм изложены в новой редакции. Изменения коснулись разделов «Нормативные ссылки», «Термины и определения», «Оценка риска», «Защита от прямых ударов молнии», «Защита от электромагнитного воздействия молнии», «Молниезащита объектов электроэнергетики».

Изменение № 1 вводится в действие с 30 января 2025 года – через 60 календарных дней после официального опубликования.

Постановление вступило в силу с 1 декабря 2024 года.

Постановление Министерства строительства и архитектуры от 20.09.2024 № 107

[«Об утверждении и введении в действие изменения к строительным нормам СН 4.02.03-2019»](#)

Утверждено изменение № 1 к СН 4.02.03-2019 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». Изменения коснулись всех разделов строительных норм, кроме раздела 9 «Выбросы воздуха».

Изменение № 1 вводится в действие с 12 февраля 2025 года – через 60 календарных дней после официального опубликования.

Постановление вступило в силу с 14 декабря 2024 года.

Постановления Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь

Постановление Министерства лесного хозяйства от 15.10.2024 № 36

[«Об изменении постановления Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 1 августа 2024 г. № 33»](#)

Документом установлены фиксированные розничные цены на топливные гранулы (пеллеты) при реализации населению, сформированные на условиях:

- франко-склад изготовителя – 240 руб. за 1 т;
- франко-склад продавца – 282 руб. за 1 т.

Исключение – древесные топливные гранулы, фиксированные розничные цены на которые в пределах норм отпуска, определенных постановлением Совмина от 09.11.2012 № 1028, устанавливаются областными и Минским городским исполкомами.

Для организаций системы ЖКХ, Минстройархитектуры и Минэнерго цена на пеллеты осталась на прежнем уровне – 160 руб. за 1 т без НДС.

При реализации топливных гранул иным потребителям цена, сформированная на условиях франко-склад изготовителя, установлена в размере 200 руб. за 1 т без НДС.

Постановление вступило в силу с 1 ноября 2024 года.



ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2024 ГОДУ

НОВОСТИ		
Государство и общество	№ 1 № 2 № 3 № 4 № 5 № 6	2 2 2–3 4–9 2–3 4–6
ТЭК Беларуси	№ 1 № 2 № 3 № 4 № 5 № 6	3–6 3–5 4–6 13–15 10–12 6–8
Авторы и консультанты журнала «Энергетическая стратегия» отмечены Благодарностью Министра энергетики	№ 1	6
Создавая будущее вместе <i>По итогам XIII Международного форума «Атомэкспо-2024»</i>	№ 2	6–8
Газовикам и торфяникам Беларуси есть чем гордиться <i>К Дню работников нефтяной, газовой и топливной промышленности</i>	№ 4	10–12
Технические мероприятия по интеграции БелАЭС в энергосистему завершены	№ 4	16–17
Энергетика в многополярном мире: в поисках баланса <i>По итогам Российской энергетической недели – 2024</i>	№ 5	4–5
Алексей Кушнаренко: «Нельзя останавливаться на достигнутом» <i>По итогам пресс-тура по объектам газовой и торфяной отраслей</i>	№ 5	6–7
Беларусь планирует расширять сотрудничество с МАГАТЭ	№ 5	8
Парламентарии Союзного государства обсудили перспективы рынка газомоторного топлива	№ 5	9
Подготовка к отопительному сезону 2024/2025 года завершена <i>П.А. Шкурко</i>	№ 5	13–14
Белорусская АЭС – самый масштабный совместный проект Беларуси и России <i>По итогам пресс-тура, посвященного юбилею создания Союзного государства</i>	№ 6	9–11
Определены победители X республиканского конкурса «Лидер энергоэффективности Республики Беларусь – 2024»	№ 6	12–13
Мировая энергетика	№ 1 № 2 № 3 № 4 № 5 № 6	7–8 9–11 7–9 18–20 15–17 14–16
ПРИОРИТЕТЫ		
На пути к экологически чистому будущему	№ 1	9–12
Виктор Каранкевич: «Ядерная и радиационная безопасность остаются безусловным приоритетом»	№ 3	10–11
ПМЭФ-2024: формирование новых точек роста <i>По итогам XXVII Петербургского международного экономического форума</i>	№ 3	12–14
Мы заинтересованы в развитии всестороннего сотрудничества с регионами России <i>Интервью заместителя Министра Д.Р. Мороза</i>	№ 4	21–24
Электроэнергетический рынок ЕАЭС – флагман Евразийской интеграции <i>А.П.Шершень</i>	№ 6	17–20
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА		
Об импульсных излучаемых помехах в цепях вторичной коммутации объектов электроэнергетики <i>А.В. Горош, М.А. Драко, О.А. Мойсеенко</i>	№ 1	13–17
Брестская энергосистема: 70 лет на службе энергобезопасности <i>Н.В. Водич</i>	№ 2	26–28
Вибромониторинг турбоагрегатов в ОЭС Беларуси. Итоги и перспективы <i>Е.А. Пантелей, А.М. Таращук, В.Н. Лапатин</i>	№ 2	29–32
Повышение надежности распределительных электросетей в сельской местности. Технические решения <i>С.А. Посохов, Л.Г. Изоитко, В.М. Станкевич</i>	№ 2	33–35
Разъединитель РГ(Н)-СВЭЛ-110: особенности конструкции	№ 2	36–39
Применение ВЛ с изолированными проводниками в условиях лесных массивов <i>И.В. Цуран</i>	№ 3	15–16
Особенности использования силового кабеля с монолитной жилой <i>С.С. Красновский, В.П. Кубарко</i>	№ 3	17–20
Несовершенство методики вибродиагностирования подшипников качения <i>Н.В. Грунтович, С.В. Короткевич, И.В. Петров</i>	№ 3	21–26
БЭРН. Нарастиваем экспортный потенциал	№ 3	27–29
Дорога длиной в 80 лет <i>К юбилею Борисовских электросетей</i>	№ 3	30–31

О методике расчета стоимости хранения электроэнергии в системах накопления, работающих в буферном режиме <i>К.В. Доброго, В.Л. Червинский, Д.Н. Гулькевич</i>	№ 4	25–28
Основные аспекты сервисного обслуживания энергетического оборудования иностранного производства <i>О.Ю. Морозов, Д.С. Полюхович, А.И. Журавлев</i>	№ 4	29–30
Показатели качества электроэнергии в сетях. Измерение, анализ и выявление виновников их несоответствия нормам. Часть 1 <i>В.Р. Колик, М.А. Драко, О.А. Мойсеевко</i>	№ 5	18–22
Методология двухставочно-дифференцированного по зонам суток тарифа на электрическую энергию <i>Б.В. Пекелис</i>	№ 5	23–27
ООО «Миртек-инжиниринг». Изобретаем будущее	№ 5	28–29
Показатели качества электроэнергии в сетях. Измерение, анализ и выявление виновников их несоответствия нормам. Часть 2 <i>В.Р. Колик, М.А. Драко, О.А. Мойсеевко</i>	№ 6	21–26
Сравнение функциональных параметров систем возбуждения синхронных машин <i>Е.Л. Телюк</i>	№ 6	27–29
Удовлетворенность потребителя – главная цель ОАО «Белэнергоремналадка» <i>С.В. Прилуцкий, О.С. Солодуха</i>	№ 6	30–32
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ		
Великий и Ужасный Искусственный Интеллект. Освоение новых горизонтов с технологией GPT <i>А.В. Кабанов</i>	№ 1	18–22
Кибербезопасность больших систем: ищем «самое слабое звено» <i>А.В. Кабанов</i>	№ 4	31–35
Основы построения топологически связанных моделей в семантике CIM <i>П.А. Сазонов</i>	№ 4	36–39
Кибератаки на критически важные объекты энергетики как источник угроз национальной безопасности <i>С.Ю. Воробьев, Е.А. Ханчевский</i>	№ 6	33–35
МНЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТА		
Перспективные направления белорусско-российского научного сотрудничества в энергетике, экологии и экономике. Часть 1 <i>Э.Р. Зверева, А.Н. Тугов, Над.Вл. Грунтович, Ник.Вас. Грунтович, Г.Е. Марьин</i>	№ 1	23–26
Перспективные направления белорусско-российского научного сотрудничества в энергетике, экологии и экономике. Часть 2 <i>Э.Р. Зверева, А.Н. Тугов, Над.Вл. Грунтович, Ник.Вас. Грунтович, Г.Е. Марьин</i>	№ 2	40–42
Единая терминология – основа решения проблемы машинного понимания в системах искусственного интеллекта <i>А.Я. Савастиенок</i>	№ 3	34–36
О целесообразности ввода новых ядерных энергоблоков в энергосистему Республики Беларусь. Часть 1 <i>Б.И. Попов</i>	№ 5	32–36
О целесообразности ввода новых ядерных энергоблоков в энергосистему Республики Беларусь. Часть 2 <i>Б.И. Попов</i>	№ 6	36–40
ГАЗОСНАБЖЕНИЕ		
Исследование ресурса эксплуатации подземных полиэтиленовых газопроводов <i>В.И. Поляков, А.А. Абрамовский, А.А. Чухнов</i>	№ 5	40–43
ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ		
Основополагающие принципы обеспечения ядерной и радиационной безопасности <i>О.М. Луговская</i>	№ 2	18–21
Культура физической ядерной безопасности. Часть 1 <i>О.Б. Гурко, Т.Н. Корбут, М.А. Козел, Л.Г. Лукашевич, И.А. Рымарчик</i>	№ 2	22–25
ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА		
Методы неразрушающего анализа ядерного материала, применяемые в процедурах его учета и контроля <i>Е.И. Шурпо, О.Б. Гурко</i>	№ 4	40–43
Опыт проведения планово-предупредительных ремонтов энергоблока № 1 Белорусской АЭС <i>В.Н. Масензов, Д.А. Барановский, Д.М. Игнатенко</i>	№ 4	44–45
Развитие системы захоронения радиоактивных отходов в Республике Беларусь <i>М.Е. Холопович</i>	№ 5	30–31
Основы эффективного управления ресурсом оборудования АЭС. Часть 1 <i>П.К. Нагула, Е.В. Жилинская</i>	№ 6	41–43
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГОГАЗНАДЗОР		
Госэнергогазнадзор: пять лет плодотворной деятельности <i>Интервью генерального директора Госэнергогазнадзора А.А. Озерца</i>	№ 2	44–46
Изменился порядок подготовки жилищного фонда к работе в осенне-зимний период <i>Н.С. Кочергин</i>	№ 2	47–49
Реализация пилотного проекта по переводу потребителей на электроотопление <i>Д.Е. Мастепанов, Н.Н. Киселев</i>	№ 3	37–38



Эксплуатация электросварочных установок. Основные нарушения, выявляемые при обследованиях <i>А.М. Голубенок</i>	№ 4	46–48
Подготовка инспекторов энергогазинспекций <i>А.М. Малиновский</i>	№ 6	44–47
Основная и дополнительные системы уравнивания потенциалов в многоквартирных домах <i>А.И. Герман</i>	№ 6	48–50
В БЛОКНОТ ГЛАВНОГО ЭНЕРГЕТИКА		
Роль знаков безопасности в предупреждении несчастных случаев на теплоустановках и тепловых сетях <i>С.Б. Сункуев</i>	№ 1	27–29
НАУКА – ЭНЕРГЕТИКЕ		
Обеспечение водородной взрывозащиты на Белорусской АЭС при тяжелых авариях. Часть 2 <i>П.К. Нагула, Д.Л. Третинников, А.В. Дойникова</i>	№ 1	30–32
Сравнительный анализ методик оценки технического состояния подземных газопроводов <i>В.А. Седнин, А.А. Абразовский, А.Я. Савастиенко, С.Ф. Гориченко</i>	№ 1	33–37
Диагностика асинхронных электродвигателей с применением вибронализатора и сверточной нейронной сети <i>А.В. Дробов, Д.В. Мирош, В.Н. Галушко</i>	№ 1	38–41
Обеспечение водородной взрывозащиты на Белорусской АЭС при тяжелых авариях. Часть 3 <i>П.К. Нагула, Д.Л. Третинников, А.В. Дойникова</i>	№ 2	50–53
Прогнозирование остаточного ресурса битумных покрытий газопроводов по изменению их механических характеристик при термоокислительном старении <i>А.П. Крень, С.Ф. Гориченко, А.В. Никифоров, М.Н. Делендик, О.В. Мацулевич</i>	№ 2	54–59
Использование алюмосиликатных сорбентов для очистки модельных растворов, имитирующих жидкие радиоактивные отходы АЭС <i>Т.Г. Леонтьева, Л.Н. Москальчук, А.А. Баклай</i>	№ 3	39–43
Модель схемы замещения трансформатора при межвитковых замыканиях <i>А.В. Дробов, В.Н. Галушко, И.Л. Громыко</i>	№ 3	44–48
Об обращении с радиоактивными отходами очень низкой активности на Белорусской АЭС <i>М.Л. Жемжуров, А.В. Песцова, А.М. Жемжуров</i>	№ 4	49–53
Изучение миграции радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в глине месторождения Марковское для обоснования возможности ее использования при изоляции радиоактивных отходов <i>Н.А. Маковская, А.А. Баклай, Т.Г. Леонтьева, Д.А. Кузьмук</i>	№ 4	54–57
Исследование ресурса эксплуатации защитных мастичных покрытий подземных газопроводов по энергии активации термоокислительной деструкции <i>Н.Р. Прокопчук, В.А. Седнин, А.А. Абразовский, Н.В. Струцкий, С.Ф. Гориченко</i>	№ 4	58–62
Разработка технической концепции сооружений приповерхностного захоронения радиоактивных отходов Белорусской АЭС. Часть 1. Актуальность и нормативные требования <i>М.Л. Жемжуров, Д.И. Павлов, А.М. Жемжуров</i>	№ 5	44–47
Оценка ресурса эксплуатации мастичных защитных покрытий подземных газопроводов по результатам измерения переходного электрического сопротивления <i>В.А. Седнин, А.А. Абразовский, Н.В. Струцкий, С.Ф. Гориченко</i>	№ 5	48–51
Применение научного подхода к перспективному планированию объемов технического обследования стальных подземных газопроводов <i>Н.В. Струцкий, В.Н. Романюк</i>	№ 5	52–55
Разработка технической концепции сооружений приповерхностного захоронения радиоактивных отходов Белорусской АЭС. Часть 2. Зарубежный опыт и возможные концептуальные решения для Беларуси <i>М.Л. Жемжуров, Д.И. Павлов, А.М. Жемжуров</i>	№ 6	51–55
Исследование электромагнитных и тепловых процессов трансформаторов с помощью 3D-моделирования <i>А.В. Дробов, И.Л. Громыко, В.Н. Галушко, Д.В. Ермоленко</i>	№ 6	56–58
МИРОВОЙ ОПЫТ		
Мировые ресурсы торфа: запасы, добыча и использование <i>А.В. Осипов</i>	№ 1	42–44
Государственное регулирование электроэнергетической отрасли Казахстана <i>Е.Н. Кришеник</i>	№ 5	56–59
ПОДГОТОВКА КАДРОВ		
Психологически незрелый работник: рекомендации руководителю <i>С.А. Высоцкая</i>	№ 1	52–54
Развитие профессиональных компетенций мастера. Новые подходы <i>Ю.А. Шмаков, И.Ф. Курилович</i>	№ 2	60–63
Практика применения коррекционно-обучающего тренинга эмоциональной устойчивости методом биологической обратной связи <i>И.Ф. Курилович, В.А. Гончар</i>	№ 3	57–59
Факторы повышения качества непрерывного профессионального образования в условиях производства <i>И.Ф. Курилович</i>	№ 4	67–70
Психологические основы целевого инструктажа при допуске персонала к производству работ в электроустановках <i>В.А. Гончар</i>	№ 5	66–68

Профориентационная работа с молодежью: путь в профессию энергетика <i>В.В. Саранцев, Ю.С. Сычева, М.И. Калмыкова</i>	№ 6	59–62
Эргономика в работе руководителя <i>С.А. Высоцкая</i>	№ 6	63–65
БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА		
Пожарная безопасность трансформаторных подстанций <i>В.И. Поляков, О.Е. Полякова</i>	№ 1	45–47
Приверженность безопасности как элемент культуры безопасности <i>О.М. Тимошенко</i>	№ 1	48–51
Руководитель среднего звена – основной проводник идей безопасности <i>Д.Р. Мороз</i>	№ 2	12–14
Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности <i>В.А. Гончар</i>	№ 2	15–17
Культура физической ядерной безопасности. Часть 2 <i>О.Б. Гурко, Т.Н. Корбут, М.А. Козел, Л.Г. Лукашевич, И.А. Рымарчик</i>	№ 3	49–52
Инструменты предотвращения ошибок персонала Белорусской АЭС <i>А.С. Гаев</i>	№ 3	53–56
Меры физической ядерной безопасности на этапах жизненного цикла ядерных установок <i>О.Б. Гурко, М.А. Козел, Л.Г. Лукашевич, И.А. Рымарчик</i>	№ 4	63–66
Практическая подготовка персонала в области обеспечения пожарной безопасности <i>В.В. Саранцев, С.С. Давыдовский</i>	№ 5	60–62
О концепции «Нулевой травматизм» в контексте действующего законодательства и практики работы по охране труда <i>В.П. Семич</i>	№ 5	63–65
СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ПРАВО		
Национальный фонд ТНПА – энергетике	№ 2	66
Об изменениях в Правилах расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний <i>В.П. Семич</i>	№ 1	55–58
Установлены новые нормы технологического проектирования ВЛ 35 кВ и выше <i>А.М. Норейко</i>	№ 1	58–59
Введены новые требования к проверке исправности высокочастотных каналов РЗА <i>Н.П. Пашкович, А.Н. Мешкова</i>	№ 1	59–60
Усовершенствованы требования к выполнению заземляющих устройств сетей 0,38–20 кВ и их измерению <i>О.Е. Ямный, Н.А. Хилько</i>	№ 1	60–61
Установлены новые нормы в области водоподготовки <i>Д.К. Пронько</i>	№ 1	62
Введена инструкция по эксплуатации башенных и вентиляторных градирен <i>А.А. Романовский</i>	№ 1	63–64
Изменились требования к ведению технической документации по электростанциям, районным котельным и подстанциям 35 кВ и выше <i>В.Г. Петкевич</i>	№ 1	64–65
Требования промышленной безопасности к средствам измерений на объектах газораспределительной системы и газопотребления <i>В.И. Поляков, О.Е. Полякова, А.Г. Радовня</i>	№ 3	60–63
Введены новые правила технического обслуживания устройств РЗА электростанций и подстанций 110–750 кВ <i>Н.П. Пашкович, А.Н. Мешкова</i>	№ 3	64–65
Введены новые требования к организации противоаварийного управления в энергосистеме <i>Г.Р. Ширма</i>	№ 5	69
Новости законодательства	№ 1 № 2 № 3 № 4 № 5 № 6	65–67 64–65 66–68 71–72 70–72 66–68
ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ		
ТИБО-2024: цифровое будущее начинается сегодня	№ 3	32–33
EnergyExpo-2024: цифровизация, безопасность, научно-техническое партнерство <i>По итогам XXVIII Белорусского энергетического и экологического форума</i>	№ 5	37–39
ПАМЯТИ УШЕДШИХ		
Его запомнят как человека, беззаветно преданного делу <i>Памяти Андрея Михайловича Зорича</i>	№ 2	67–68
ПРОЧЕЕ		
Женский образ энергетика по мотивам творчества величайших художников мира	№ 1	68

*С профессиональным праздником –
Днем энергетика, наступающим
Новым годом и Рождеством!*

*Пусть грядущий 2025 год станет годом
мира и согласия, успешных начинаний
и профессиональных свершений.*

*Крепкого здоровья Вам, счастья
и благополучия!*

Редакционная коллегия,
редакция журнала «Энергетическая стратегия»

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
СТРАТЕГИЯ**
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ПОДПИСКА – 2025

Оформить подписку можно:

В редакции

по тел./факсу +375 17 286-08-28

электронная почта

2934682@mail.ru

oao@economenergo.datacenter.by

на сайте

energystrategy.by

**В любом
ПОЧТОВОМ
ОТДЕЛЕНИИ**

подписной
индекс
009382

Выставка «МОЯ БЕЛАРУСЬ»

Погрузитесь в мир достижений страны!



В декабре в Минске открылась одна из самых ярких и значимых выставок года – «МОЯ БЕЛАРУСЬ». Она будет проходить в Минском международном выставочном центре (ул. Павлины Меделки, 24) и станет настоящим праздником для всех, кто интересуется историей и будущим Беларуси.

В рамках выставки на огромной площади в 15 000 м² представлены ключевые достижения страны за последние 30 лет. Вы сможете узнать о новейших технологических разработках, инфраструктурных проектах, а также о социальных изменениях, которые укрепили независимость и конкурентоспособность Беларуси.

В кластере «Атомная энергия» под девизом «Мирная энергия Беларуси» представлена экспозиция Министерства энергетики Республики Беларусь, ориентированная на широкий круг посетителей – от детей и студентов до состоявшихся профессионалов.

Здесь можно ознакомиться с интересными фактами из истории развития энергетики и ее основными достижениями, узнать, как строилась Белорусская АЭС, поучаствовать в виртуальных экскурсиях на энергообъекты республики, попробовать свои силы на VR-тренажерах, пообщаться с роботом.

В тематических зонах экспозиции посетители могут увидеть разные виды торфопродукции, макеты энергообъектов, в том числе интерактивный макет БелАЭС, топливный элемент ядерного реактора (ТВЭЛ), отечественный электромобиль и зарядную станцию и многое другое.

«МОЯ БЕЛАРУСЬ» – это не просто выставка, а возможность для каждого заново открыть культуру, достижения и прогресс нашей страны. Приглашаем всех!