

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

№ 1 (97) январь–февраль 2024



## НА ПУТИ К ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОМУ БУДУЩЕМУ

читайте  
на стр. **9**

**18** стр. Искусственный интеллект. Освоение новых горизонтов с технологией GPT

**30** стр. Обеспечение водородной взрывозащиты на Белорусской АЭС

**48** стр. Приверженность безопасности как элемент культуры безопасности

ISSN 2310 - 6735



9 772310 673007

С праздником,  
дорогие  
женщины!



марта



## 28 ЯНВАРЯ – ДЕНЬ БЕЛОРУССКОЙ НАУКИ

«Именно ученые определяют стремительную динамику современной эпохи... Разработки отечественной науки были и остаются залогом качества нашей жизни, а обновление технологий и внедрение инноваций во все сферы деятельности способствуют социально-экономическому развитию Беларуси»

Из поздравления Главы государства  
с Днем белорусской науки



Учредитель  
**МИНИСТЕРСТВО  
ЭНЕРГЕТИКИ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

#### Редакционная коллегия:

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

Издатель: открытое акционерное общество «Экономэнерго»

#### Редакция:

Главный редактор	Федосеенко Н.В.
Зам. главного редактора	Гончар О.В.
Выпускающий редактор	Моисеева Е.Н.
Редактор	Лемехова Д.Д.
Компьютерный дизайн и верстка	Данюкова А.В., Ященко О.А.
Дизайн обложки	Кошель М.В.
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 3991 104,  
+375 33 3191 104  
e-mail: oao@economenergo.datacenter.by, 2934682@mail.ru  
www.energystategy.by

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

Отпечатано в ООО «Альтиора Форте».  
Свид. о ГРИИРПИ № 02330/471 от 29.12.2014.  
Республика Беларусь, 220072, Минск, ул. Сурганова, д. 11.  
Подписано в печать 21.02.2024 г., формат 60х90/4, тираж 1370 экз.,  
заказ № 348.

© ОАО «Экономэнерго», 2024



## НОВОСТИ

- 2 Государство и общество
- 3 ТЭК Беларуси
- 6 Авторы и консультанты журнала «Энергетическая стратегия» отмечены Благодарностью Министра энергетики
- 7 Мировая энергетика

## ПРИОРИТЕТЫ

- 9 На пути к экологически чистому будущему

## ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

- 13 Об импульсных излучаемых помехах в цепях вторичной коммутации объектов электроэнергетики  
*А.В. Горош, М.А. Драко, О.А. Мойсеенко*

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 18 Великий и Ужасный Искусственный Интеллект. Освоение новых горизонтов с технологией GPT  
*А.В. Кабанов*

## МНЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТА

- 23 Перспективные направления белорусско-российского научного сотрудничества в энергетике, экологии и экономике  
*Э.Р. Зверева, А.Н. Тугов, Над.Вл. Грунтович, Ник.Вас. Грунтович, Г.Е. Марьин*

## ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГОГАЗНАДЗОР

В БЛОКНОТ ГЛАВНОГО ЭНЕРГЕТИКА

- 27 Роль знаков безопасности в предупреждении несчастных случаев на теплоустановках и тепловых сетях  
*С.Б. Сункуев*

## НАУКА – ЭНЕРГЕТИКЕ

- 30 Обеспечение водородной взрывозащиты на Белорусской АЭС при тяжелых авариях  
*Часть 2*  
*П.К. Нагула, Д.Л. Третинников, А.В. Дойникова*
- 33 Сравнительный анализ методик оценки технического состояния подземных газопроводов  
*В.А. Седнин, А.А. Абразовский, А.Я. Савастиенок, С.Ф. Гориченко*
- 38 Диагностика асинхронных электродвигателей с применением виброанализатора и сверточной нейронной сети  
*А.В. Дробов, Д.В. Мирош, В.Н. Галушко*

## МИРОВОЙ ОПЫТ

- 42 Мировые ресурсы торфа: запасы, добыча и использование  
*А.В. Осипов*

## БЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА

- 45 Пожарная безопасность трансформаторных подстанций  
*В.И. Поляков, О.Е. Полякова*
- 48 Приверженность безопасности как элемент культуры безопасности  
*О.М. Тимошенко*

## ПОДГОТОВКА КАДРОВ

- 52 Психологически незрелый работник: рекомендации руководителю  
*С.А. Высоцкая*

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ И ПРАВО

- 55 Об изменениях в Правилах расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний  
*В.П. Семич*
- 58 Установлены новые нормы технологического проектирования ВЛ 35 кВ и выше  
*А.М. Нореико*
- 59 Введены новые требования к проверке исправности высокочастотных каналов РЗА  
*Н.П. Пашкович, А.Н. Мешкова*
- 60 Усовершенствованы требования к выполнению заземляющих устройств сетей 0,38–20 кВ и их измерению  
*О.Е. Ямный, Н.А. Хилько*
- 62 Установлены новые нормы в области водоподготовки  
*Д.К. Пронько*
- 63 Введена инструкция по эксплуатации башенных и вентиляторных градирен  
*А.А. Романовский*
- 64 Изменились требования к ведению технической документации по электростанциям, районным котельным и подстанциям 35 кВ и выше  
*В.Г. Петкевич*
- 66 Новости законодательства (январь–февраль)
- 68 Женский образ энергетики по мотивам творчества величайших художников мира

В соответствии с приказом ВАК Республики Беларусь от 20 марта 2015 года № 81 научно-практический журнал Министерства энергетики Республики Беларусь «Энергетическая стратегия» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований.

Публикуемые материалы отражают мнение их авторов. Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Перепечатка информации допускается только с разрешения редакции.

# ГОСУДАРСТВО И ОБЩЕСТВО

## Беларусь присоединилась к 11 договорам в рамках ШОС

29 декабря 2023 года Совет Министров Беларуси принял постановление № 976 «О присоединении Республики Беларусь к международным договорам и реализации международных обязательств в рамках Шанхайской организации сотрудничества». В документе перечислены 11 договоров, к которым Беларусь присоединяется в рамках ШОС. В их числе Меморандум между Правительствами государств – участников ШОС об основных целях и направлениях регионального экономического сотрудничества и запуске процесса по созданию благоприятных условий в области торговли и инвестиций и Протокол к нему, Соглашение о технической защите информации в Региональной антитеррористической структуре ШОС, соглашения о сотрудничестве в области культуры, сельского хозяйства, здравоохранения, СМИ и ряд других.



## 2024 год объявлен Годом качества

Глава государства своим указом объявил 2024 год Годом качества. Решение принято в целях дальнейшего повышения качества жизни белорусского народа, обеспечения конкурентоспособности национальной экономики на мировой арене, формирования в обществе чувства сопричастности к будущему страны.

В рамках Года качества будет сделан акцент на бережном и продуманном отношении к ресурсам, реализации высокотехнологичных и энергоемких проектов, приоритете качественных, а не количественных показателей. Усилия будут сосредоточены на стимулировании инициативы, внедрении рационализаторских идей, укреплении социального оптимизма и стремления к созиданию на общее благо. Основное внимание планируется уделить формированию



у граждан личной ответственности за результаты своего труда и достижение высокого качества жизни (достаточный уровень дохода, своевременная диспансеризация, здоровое питание, хорошее образование, культурный досуг).

В республике также учрежден Государственный знак качества. Соответствующий указ подписан Президентом Республики Беларусь 18 января 2024 года.

## Утверждены Основные направления реализации положений Договора о создании Союзного государства на 2024–2026 годы



На заседании Высшего Государственного Совета Союзного государства, которое состоялось 29 января в Санкт-Петербурге, утверждены Основные направления реализации положений Договора о создании Союзного государства на 2024–2026 годы.

Основные направления на новый трехлетний период содержат 11 разделов, в том числе о проведении согласованной политики в макроэкономической, налоговой, таможенной, промышленной, торговой и аграрной сферах, создании общего финансового и объединенных энергетических рынков, обеспечении надежной и безопасной эксплуатации объектов использования атомной энергии, функционировании транспортной системы, сотрудничестве в сфере статистики. Предусмотрено формирование общего информационного, культурно-гуманитарного, научно-технологического и правового пространства.

Принятие документа направлено на дальнейшее совместное развитие экономического потенциала двух стран, отраслевое взаимодействие в различных областях, а также на реализацию конкретных проектов по всем значимым направлениям, включая социально-трудовые отношения, образование, спорт и туризм, здравоохранение и молодежную политику.

# ТЭК БЕЛАРУСИ

## Общий рынок электроэнергии Союзного государства готов к первому этапу работы

14 февраля на базе УП «Витебскоблгаз» состоялось заседание комиссии Парламентского Собрания Союза Беларуси и России по энергетике. В мероприятии принял участие Министр энергетики Республики Беларусь В.М. Каранкевич. Участники заседания обсудили вопросы реализации союзных программ по формированию объединенных рынков электроэнергии и газа, а также определили векторы дальнейшего взаимодействия.

В.М. Каранкевич отметил, что правительствами и профильными министерствами Беларуси и России проведена масштабная работа по формированию нормативно-правовой базы и созданию необходимых условий для запуска объединенного рынка электроэнергии Союзного государства. Согласован и прошел внутригосударственные процедуры проект межгосударственного договора о его формировании, которым определяются полномочия органов государственного управления, участники рынка и инфраструктурные организации, а также принципы трансграничной торговли. В развитие договора будут утверждены правила функционирования рынка – работа по их подготовке практически завершена.

«Фактически можем говорить о готовности общего рынка электроэнергии к первому этапу работы», – заявил Министр. Он пояснил, что на данном этапе будет организована торговля электроэнергией между уполномоченными юридическими лицами. С белорусской стороны это будет ГПО «Белэнерго». На втором этапе с учетом работы по созданию объединенного рынка газа предусматривается более глубокая интеграция в электроэнергетике с расширением субъектного состава участников рынка и организацией единого технологического процесса оперативно-диспетчерского управления.

В дальнейшем работа объединенного рынка электроэнергии Союзного государства должна быть синхронизирована с работой общего электроэнергетического рынка Евразийского экономического союза.

## Государством созданы максимально благоприятные условия для перехода граждан на электроотопление

В феврале завершена реализация проекта по переводу на электроотопление аг. Великий Бор Хойникского района. Министр энергетики В.М. Каранкевич отметил, что это первый пилотный проект, своего рода отправная точка для дальнейшего тиражирования в других населенных пунктах Гомельской области. Финансирование работ осуществлялось в рамках Госпрограммы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 годы.

Министр сообщил, что для обеспечения необходимой пропускной способности электросетевой инфраструктуры

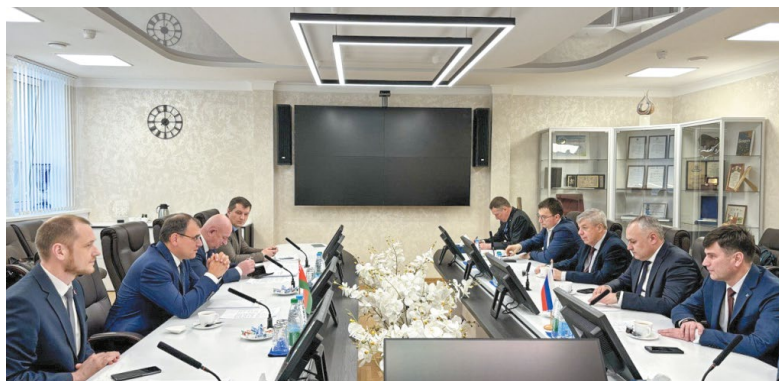


в населенном пункте реконструировано около 19 км электросетей, заменено устаревшее оборудование. На электроотопление уже переведено большинство жителей – более 240 абонентов, проживающих в многоквартирных и индивидуальных жилых домах. В январе 2024 года электропотребление в агрогородке составило 386,2 тыс. кВт·ч, что в 6 раз превышает показатель за тот же период 2023 года и почти в 10 раз – 2022-го.

За последние два года объемы реконструкции и строительства электросетей в стране нарастили практически вдвое, сообщил Министр. Он подчеркнул, что с учетом строительства и ввода БелАЭС государством созданы максимально благоприятные условия для перехода граждан на электроотопление. За 2019–2023 годы в энергоснабжающие организации поступило 103,9 тыс. обращений о выдаче технических условий на присоединение электроустановок многоквартирных жилых домов к электросетям для указанных целей. Удовлетворено почти 89 %. За 2023 год поступило 25,2 тыс. обращений, по 95 % получен положительный ответ.

## Беларусь и Башкортостан планируют развивать сотрудничество в сфере энергетики

Перспективы партнерства Беларуси и Башкортостана в энергетической сфере обсуждались 8 февраля в Минске на встрече Министра энергетики Республики Беларусь В.М. Каранкевича с делегацией российского региона во главе с заместителем Премьер-министра Правительства – Министром промышленности, энергетики и инноваций Республики Башкортостан А.Н. Шельдяевым.



## КАДРОВЫЕ НАЗНАЧЕНИЯ

**4 января Глава государства согласовал на должность генерального директора ГП «Белорусская АЭС» Сергея Олеговича Бобовича.**

Сергей Олегович Бобович родился 24 мая 1972 года в г. Гомеле. В 1996 году окончил Гомельский политехнический институт по специальности «Промышленная теплоэнергетика», в 2007-м – Академию управления при Президенте Республики Беларусь по специальности «Экономика и управление на предприятии промышленности».

С 1996 года С.О. Бобович работал в Гомельской энергосистеме, где прошел путь от инженера до генерального директора РУП «Гомельэнерго». В 2020-м назначен заместителем генерального директора ГПО «Белэнерго». На этой должности курировал строительство БелАЭС. 4 января 2024 года возглавил РУП «Белорусская атомная электростанция».

Представляя коллективу БелАЭС нового генерального директора, Министр энергетики В.М. Каранкевич отметил, что атомная станция – уникальный, масштабный, высокотехнологичный объект, и выразил уверенность в том, что опыт и знания нового руководителя позволят организовать коллектив на эффективное выполнение важнейших государственных и отраслевых задач.



Стороны рассмотрели перспективы взаимодействия в сфере модернизации электросетевой инфраструктуры, включая автоматизацию распределительных сетей, оснащение подстанций современным электротехническим оборудованием. Обсуждалась также возможность участия организаций Башкортостана в сервисном обслуживании трансформаторного и реакторного оборудования на белорусских энергообъектах. Особое внимание уделено вопросам импортозамещения.

Делегация Башкортостана также выразила заинтересованность в привлечении белорусского персонала к проектированию и строительно-монтажным работам на электроэнергетических объектах республики.

9 февраля представители ГПО «Белэнерго» приняли участие в пленарном заседании в рамках Международного бизнес-форума «Беларусь – Башкортостан». В ходе встреч в формате B2B подписано соглашение о сотрудничестве между РУП «Белэнергосетьпроект» и ООО «БЭСК Инжиниринг» (дочерняя компания АО «БЭСК»).

### БелАЭС стимулирует инновационное развитие экономики

На фоне трансформации глобальных энергетических рынков спрос на атомную энергию в мире растет. По прогнозам МАГАТЭ, к 2050 году мощность АЭС увеличится более чем вдвое и достигнет 890 ГВт. Об этом сообщил заместитель Министра энергетики Д.Р. Мороз на встрече с молодежным активом Минского государственного энергетического колледжа, которая состоялась 11 января.

Оба энергоблока БелАЭС уже работают на полной мощности. «Атомная станция – это обеспечение безопасности и стабильности экономики, инновационное развитие различных ее отраслей, таких как ядерная медицина, электротранспорт, производство и внедрение новых технологий в промышленности и энергетике», – отметил заместитель Министра.

В стране активно ведется электрификация жилищного фонда: строятся современные много-

этажные электродома, на использование электроэнергии для отопления и горячего водоснабжения переводится индивидуальное жилье. Растут объемы электропотребления промышленных предприятий. Для энергоемких производств действуют специальные стимулирующие тарифы, внедренные по принципу «чем больше потребляешь – тем меньше платишь».

В целом за 2023 год общий объем электропотребления в стране превысил 41 млрд кВт·ч и достиг максимального значения за всю историю независимой Беларуси, подчеркнул заместитель Министра.

### Достигнута договоренность о синхронизации информационных моделей белорусской и российской энергосистем

На полях четвертой общепрофессиональной конференции «СІМ в России и мире» представителями Беларуси достигнута базовая договоренность с АО «Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС») о синхронизации информационных моделей энергосистем и начале работы по подготовке соглашения, регламентирующего информационный обмен в формате СІМ (Общей Информационной Модели), что позволит создать общее информационное пространство.



Конференция, посвященная унификации информационного обмена в электроэнергетике, состоялась 8–9 февраля в г. Сочи. Белорусскую делегацию возглавлял заместитель генерального директора по оперативной работе – главный диспетчер ГПО «Белэнерго» Д.В. Ковалев.

На мероприятии обсуждались вопросы стандартизации информационного обмена в электроэнергетике и совершенствования нормативно-правовой базы в этой сфере, в том числе инициативы АО «СО ЕЭС» как основного центра компетенций по внедрению СИМ в России. Были представлены лучшие практики внедрения технологий на основе СИМ для решения актуальных задач оперативно-диспетчерского управления и ряд других достижений.

Белорусская делегация представила доклады о ходе цифровой трансформации бизнес-процессов оперативно-диспетчерского управления Белорусской энергосистемой, а также о внедрении программно-технического комплекса автоматизированной системы диспетчерско-технологического управления на основе единого информационного пространства в РУП «Брестэнерго».

### Беларусь принимает участие в программе социальной догазификации Смоленской области



В рамках сотрудничества АО «Газпром газораспределение Смоленск» и «БЕЛГАЗСТРОЙ холдинга», входящего в состав ГПО «Белтопгаз», в Смоленской области ведется строительство внутригородских и внутрипоселковых газораспределительных сетей. Для этого в России открыт филиал холдинга, проведены работы по аттестации персонала, оборудования и технологий.

В 2023 году белорусские газовики построили на Смоленщине около 20 км газопроводов, выполнили более 220 подводов газа к участкам домовладений. Работы велись на территории Гагаринского, Вяземского и Смоленского районов.

В конце января в торжественной обстановке голубое топливо было пущено в селе Богородицком Вяземского района. Как отметил на церемонии генеральный директор ГПО «Белтопгаз» А.И. Кушнаренко, проект является хорошим примером белорусско-российского взаимодействия в сфере газификации. В рамках его реализации проложено почти 4 км сетей, газ подан к 18 жилым домам и 27 участкам домовладений.

Работы по строительству белорусским персоналом газопроводов на Смоленщине будут продолжены. В рамках подписанных контрактов планируется проложить еще более 40 км сетей, выполнить свыше 550 подводов газа к домовладениям.

### ГПО «Белтопгаз» подписало меморандум о новых поставках торфопродукции в Турцию

В ходе Международной выставки сельского хозяйства, растениеводства и животноводства AGROEXPO 2024, проходившей в г. Измире с 30 января по 3 февраля, делегация ГПО «Белтопгаз» подписала меморандум о сотрудничестве с турецкой компанией GLS Grup.

Документ предусматривает заключение контрактов на поставки в Турцию кипованного сепарированного торфа и питательных торфяных грунтов для использования в сельском хозяйстве – выращивания цветов, овощных культур, саженцев деревьев и кустарников. Планируется, что первые партии торфпродукции из Беларуси будут отгружены заказчику в этом году.

### Торфозаводы Беларуси увеличили производство топливной продукции

В прошлом году организациями торфяной отрасли произведено 969,5 тыс. т топливных брикетов и сушенки. Потребности реального сектора экономики и населения в торфяном топливе удовлетворены полностью. При этом около 45 % от общего объема произведенной продукции отгружено на цементные заводы. Продолжались поставки торфа и на котельные ЖКХ.

Для динамичного развития отрасли реализован ряд важных инвестпроектов по модернизации основных производственных фондов торфозаводов. Так, была проведена реконструкция технологического оборудования и сооружений ТБЗ «Гатча-Осовский» и ТП «Днепровское», установлен твердотопливный котел производительностью 10 т/ч на ТБЗ «Лидский».



Ежегодно организациями торфяной промышленности Минэнерго добывается порядка 2 млн т торфа, из которого производится около 1 млн т продукции топливной группы и более 100 тыс. т нетопливной.

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



## Авторы и консультанты журнала «Энергетическая стратегия» отмечены Благодарностью Министра энергетики

**17** января под председательством заместителя Министра энергетики Д.Р. Мороза прошло заседание редакционной коллегии научно-практического журнала «Энергетическая стратегия», посвященное итогам деятельности отраслевого издания и его задачам на 2024 год.

В заседании приняли участие заместители руководителей ГПО «Белэнерго» и ГПО «Белтопгаз», ведущие ученые НАН Беларуси, представители крупнейших профильных вузов республики, ОАО «Газпром трансгаз Беларусь», Департамента по ядерной и радиационной безопасности МЧС и др.

Были заслушаны доклады об итогах работы журнала, освещении на его страницах достижений электроэнергетики, инновационного развития газоснабжения и торфяной промышленности, сотрудничестве журнала с научным сообществом Беларуси и России.

Среди задач, поставленных перед изданием, – углубленное освещение государственной политики по повышению энергобезопасности страны и развитию

энергоинтеграции в рамках Союзного государства, ЕАЭС и СНГ, привлечение к сотрудничеству специалистов и ученых стран ЕАЭС, прежде всего России как стратегического партнера, повышение цитируемости и узнаваемости журнала. В фокусе внимания редакции будут находиться также вопросы цифровой трансформации и внедрения IT-технологий, ход реализации государственных и отраслевых программ, обновление нормативной базы, техническое переоснащение Белорусской энергосистемы и планы ее модернизации на ближайшую пятилетку. В связи с объявлением 2024 года Годом качества планируется уделять особое внимание вопросам повышения качества в отрасли.

В завершение мероприятия Д.Р. Мороз вручил авторам и консультантам издания благодарности Министра энергетики за популяризацию достижений ТЭК Республики Беларусь, активное сотрудничество с научно-практическим журналом «Энергетическая стратегия».

**Благодарности Министра энергетики Республики Беларусь удостоены:**

**Гурко О.Б.**,  
ведущий научный сотрудник  
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны»  
НАН Беларуси;

**Луговская О.М.**,  
начальник Департамента по ядерной  
и радиационной безопасности МЧС;

**Осипов А.В.**,  
заместитель директора –  
начальник управления торфяного  
проектирования  
ГП «НИИ Белгипротопгаз»;

**Седин В.А.**,  
заведующий кафедрой  
«Промышленная теплоэнергетика  
и теплотехника» БНТУ.

**Редакция поздравляет награжденных с высокой оценкой их вклада в развитие отраслевого издания!**



# МИРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

## Саудовская Аравия отказалась от планов увеличить нефтедобычу

Министерство энергетики Саудовской Аравии отменило поручение государственной компании Saudi Aramco об увеличении нефтедобычи к 2027 году до 13 млн б/с. Вместо этого потенциальное производство должно сохраниться на уровне 12 млн б/с. Так Эр-Рияд пытается диверсифицировать источники дохода, чтобы снизить зависимость от продажи углеводородов. В Saudi Aramco отметили, что максимальная удерживаемая мощность нефтедобычи не зависит от компании и устанавливается руководством страны.

Таким образом, саудиты пересмотрели свои многомиллиардные планы по развитию нефтяной отрасли на фоне решений большинства конкурентов сократить инвестиции в добычу. Такую стратегию связывают с неопределенностью перспектив спроса на нефть, а также с экологическими факторами, которые влияют на инвесторов.

Саудовская Аравия является крупнейшим мировым экспортером нефти, однако по добыче все больше отстает от США. Даже если отменить все добровольные ограничения, на которые королевство идет в рамках стратегии ОПЕК+ по стабилизации мирового нефтяного рынка, американские компании добывают на миллион баррелей в сутки больше.

## Германия планирует строить газовые электростанции

5 февраля правительство ФРГ представило стратегию страны в сфере электроэнергетики. Ставка сделана на возобновляемые источники энергии и природный газ, а в будущем – на зеленый или голубой водород.

Энергопереход – это доминирование ВИЭ (энергия ветра и солнца). Их дополняют и «подстраховывают» газовые электростанции, которые со временем перейдут на водород. К такой формуле можно свести представленную в Берлине стратегию правительства.



Полная версия документа должна быть окончательно принята не позднее лета этого года. Цель стратегии – в ближайшие 20 лет обеспечить достижение климатической нейтральности при производстве электроэнергии, то есть свести к нулю выбросы парниковых газов.

Ключевая цифра стратегии – 10 ГВт. Такова суммарная мощность новых газовых электростанций, на строительство которых власти Германии скоро объявят тендеры. Это сопоставимо с 8–10 энергоблоками АЭС, но газовые станции сооружаются быстрее и стоят гораздо дешевле. Главное, чтобы все они изначально конструктивно были готовы перейти с газа на водородное топливо. Это должно произойти в период с 2035 по 2040 год. Когда именно – будет решено в 2032 году.

Германия добивается, чтобы уже в 2030 году 80 % электроэнергии вырабатывалось с использованием ВИЭ. По итогам 2023 года этот показатель составил 56 %.

## Европе предрекли многолетний период высоких цен на газ

В долгосрочной перспективе цены на газ для европейских промышленных предприятий и рядовых граждан останутся высокими как минимум до 2031 года. Такой прогноз дали аналитики рейтингового агентства Moody's. Эксперты считают, что из-за влияния ряда факторов, включая усиление геополитической напряженности, цены на газ в Европе не снизятся, несмотря на рекордные запасы топлива в подземных хранилищах газа (ПХГ) в 2023 году.

В разгар отопительного сезона темпы отбора топлива из европейских ПХГ выросли почти в два раза. Значительное увеличение объемов газа, отбираемых в сутки, эксперты Ассоциации операторов газовой инфраструктуры Европы зафиксировали во Франции и Италии (примерно по 100 млн м<sup>3</sup>), а также в Нидерландах (около 60 млн м<sup>3</sup>) и Германии (около 40 млн м<sup>3</sup>).

## В США приостановлена процедура одобрения новых контрактов на экспорт СПГ

26 января президент США Джо Байден объявил о приостановке процедуры одобрения новых контрактов на экспорт сжиженного газа. Такой шаг он объяснил ситуацией с климатическими изменениями. Американское издание The Wall Street Journal считает это решение победой групп экологов, которые требовали остановить строительство новых СПГ-терминалов на побережье Мексиканского залива.

Между тем замминистра энергетики Соединенных Штатов Дэвид Турк заявил, что пауза в экспорте СПГ из США не повлияет на нынешние поставки или иные проекты, которые уже согласованы или находятся на стадии реализации.

## На АЭС «Фукусима-1» произошла утечка радиоактивной воды

В начале февраля на аварийной японской АЭС «Фукусима-1» из оборудования по очистке радиоактивной жидкости произошла утечка воды, содержащей в том числе радионуклиды цезия и стронция.



Содержание радиоактивных веществ оценивается примерно в 22 млрд Бк. Объем вытекшей воды равен 5,5 т. Предполагается, что значительная ее часть впиталась в почву. При этом в точке мониторинга, находящейся рядом со сточным каналом, изменений фона не фиксируется. По данным компании TEPCO, оператора АЭС «Фукусима-1», утечка произошла в зоне отселения. Почву, в которую впиталась вода, планируется изъять.

Радиоактивная вода на территории станции хранится в гигантских резервуарах, всего их около тысячи. Каждый день в них прибавляется порядка 140 т воды. Правительство Японии приняло решение о поэтапном сбросе воды с АЭС начиная с августа 2023 года. Предварительно вода проходит очистку через систему ALPS, что позволяет удалить 62 вида радионуклидов (за исключением трития). Затем она смешивается с морской водой.

TEPCO и японские власти утверждают, что сбросы, как и инцидент с утечкой, не представляют угрозы окружающей среде и людям. Всего в 2024 финансовом году планируется вернуть в океан 54,6 тыс. т слаборадиоактивной воды.

## Россия увеличила поставки нефти в Азию

Геополитический конфликт с Западом, обострившийся на фоне боевых действий на Украине, заставил Россию активно менять рынки сбыта своих энергоресурсов. На смену Европе пришли азиатские страны, в первую очередь Китай и Индия. По итогам 2023 года эти государства приобрели рекордные объемы российской нефти. На КНР пришлось порядка 100 млн т сырья, на Индию – около 70 млн т. В январе Bloomberg оценил поставки нефти за год в Китай в рекордные 107 млн т, что на четверть больше показателя 2022 года.

Доля Китая в структуре российского экспорта нефти и нефтепродуктов составила 45–50 %, на индийский рынок пришлось около 40 %. Доля экспорта сырья из России в Европу, напротив, резко сократилась – с 40–45 % до 4–5 %. Согласно оценке Международного энергетического агентства (МЭА), суммарный экспорт российской нефти за границу в прошлом году составил 4,9 млн б/с, что в целом

соответствует показателю 2022 года. Доходы же от продажи сырья в Китай оказались сопоставимыми с выручкой от экспорта в ЕС в докризисном 2021 году.

## В Египте дан старт строительству четвертого энергоблока АЭС

23 января президенты России и Египта Владимир Путин и Абдель Фаттах ас-Сиси приняли участие в церемонии заливки бетона в основание четвертого энергоблока строящейся АЭС «Эд-Дабаа». Ее возведением в Египте занимается Госкорпорация «Росатом». Проект предполагает одновременное строительство всех четырех энергоблоков АЭС. Закладка фундамента и первых блоков началась в 2022 году.

Станция «Эль-Дабаа» находится в регионе Матрух на побережье Средиземного моря. Она станет не только первой египетской АЭС, но и первым крупным российским проектом на африканском континенте.



## Венгрия, Сербия и Словения создают совместную биржу электроэнергии

Совместная биржа Венгрии, Сербии и Словении для торговли электроэнергией начнет свою работу до середины 2024 года. Об этом заявил венгерский министр иностранных дел и внешнеэкономических связей Петер Сийярто. Министр считает, что создание биржи отражает важность тесного энергетического сотрудничества между странами в свете обострившихся проблем с энергобезопасностью в Европе.

Данная инициатива является важным шагом в создании крупнейшей интегрированной биржи электроэнергии в Центральной Европе. Венгрия активно взаимодействует с соседними странами в сфере энергетики как экспортер и импортер, обеспечивая стабильность энергоснабжения региона.

На данный момент Венгрия импортирует около 25 % потребляемой электроэнергии. Ожидается, что страна сможет почти полностью обеспечить свои потребности после запуска двух новых энергоблоков АЭС «Пакш», строящихся при участии компании «Росатом».

*Подготовлено по материалам международных энергетических агентств, информационных порталов*



## НА ПУТИ К ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОМУ БУДУЩЕМУ

*26 января мировая общественность впервые отметила Международный день чистой энергии, который был учрежден решением Генеральной Ассамблеи ООН и приурочен к 15-летию Международного агентства по возобновляемой энергии (IRENA). Целью его проведения является повышение осведомленности о снижении воздействия ископаемого топлива на окружающую среду и содействие переходу стран к экологически чистым источникам энергии. В 2016 году Беларусь одной из первых официально взяла на себя международные обязательства по сокращению выбросов парниковых газов, подписав Парижское соглашение к Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Выступая на Всемирном климатическом саммите, Президент Республики Беларусь отметил, что по Парижскому соглашению страна в полной мере выполняет взятые на себя обязательства и даже перевыполняет их.*

*О том, какой вклад вносит Беларусь в решение мировой проблемы изменения климата, рассказали участники пресс-конференции «Энергия будущего: развитие чистой энергетики в Республике Беларусь. Перспективные направления», которая состоялась в январе в Мультимедийном пресс-центре Sputnik Беларусь.*

**Прудникова Ольга Филипповна,  
заместитель Министра энергетики Республики Беларусь**

## Мощность установок ВИЭ в республике выросла более чем в шесть раз

Беларусь реализует последовательную политику по развитию низкоуглеродной энергетики, одним из направлений которой является использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). На основе обобщения лучших мировых практик в республике создана соответствующая законодательная база, предусматривающая меры по развитию возобновляемой энергетики.

По сравнению с 2014 годом мощность установок ВИЭ в республике выросла более чем в шесть раз – с 93 до 608 МВт. Это источники, которые используют энергию солнца, воздуха, воды, биогазовые установки, установки, работающие на биомассе.

В стране эксплуатируются 53 гидроэлектростанции суммарной мощностью около 96 МВт. Крупнейшие из них – Витебская и Полоцкая ГЭС. В прошедшем году все ГЭС выработали более 300 млн кВт·ч электроэнергии. Это позволило заместить 32,6 млн м<sup>3</sup> природного газа. Помимо гидроэлектростанций в республике работают ветроустановки. В частности, в энергосистему страны включен Новогрудский ветропарк суммарной мощностью 9 МВт.

В 2023 году суммарная выработка электроэнергии установками ВИЭ составила более 1,2 млрд кВт·ч, в том числе 359,4 млн кВт·ч выработано организациями ГПО «Белэнерго», 842,0 млн кВт·ч – юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

По итогам прошлого года показатель отношения объема производства (добычи) первичной энергии из ВИЭ к объему валового потребления ТЭР составил 7,2 % при установленном Концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь целевом индикаторе в 2030 году 8 %.

## Вклад БелАЭС в чистую энергетику

Экологические преимущества атомной генерации обусловлены тем,

что она имеет нулевые прямые выбросы CO<sub>2</sub>, а совокупные выбросы парниковых газов на всем жизненном цикле минимальны и сопоставимы с выбросами ветроэлектростанций. Согласно последним исследованиям, этот показатель у АЭС является самым низким из всех видов энергоисточников.

Наиболее весомый вклад в чистую энергетику в нашей стране внесла БелАЭС. Она была введена в эксплуатацию в прошлом году: первый энергоблок в июне 2021-го, второй – в ноябре 2023-го. До ввода первого энергоблока в структуре топливного баланса Белорусской энергосистемы доля природного газа составляла 95 %. В настоящее время она существенно снизилась.

По состоянию на 24 января текущего года БелАЭС выработала 23,8 млрд кВт·ч электроэнергии, что позволило заместить порядка 6,4 млрд м<sup>3</sup> импортируемого природного газа и уменьшить выбросы парниковых газов в атмосферный воздух на 12,1 млн т эквивалента CO<sub>2</sub>.

Ожидается, что станция ежегодно будет генерировать около 18,5 млрд кВт·ч. Это позволит удовлетворять более 40 % внутренних потребностей страны в электроэнергии и замещать около 4,5 млрд м<sup>3</sup> газа в год.

Потенциал атомной отрасли огромен. Она является одной из самых экологически чистых, обеспечивает надежность производства электроэнергии независимо от природных и климатических факторов и обладает несомненными преимуществами по сравнению с генерирующими источниками на органическом топливе и ВИЭ.

## Энергоэффективность и цифровая трансформация отрасли

Одним из инструментов развития чистой энергетики является повышение энергоэффективности и переход на эффективные ресурсосберегающие и экологичные технологии.

В целях выполнения мероприятий Государственной программы «Энергосбережение» на 2021–2025 годы,



утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24 февраля 2021 года № 103, подведомственными организациями Минэнерго ежегодно реализуются планы по внедрению передовых эффективных технологий, снижению потерь в электрических и тепловых сетях, энергоэффективной модернизации систем горячего водоснабжения и отопления.

Современные реалии стимулируют не только использование высокотехнологичного и инновационного энергетического оборудования, но и внедрение в отрасли цифровых технологий, создающих условия для повышения надежности, технологической, экономической и организационно-структурной эффективности функционирования энергетики.

Важнейшим элементом укрепления конкурентоспособности энергокомплекса сегодня является цифровая трансформация. Передовые IT-решения обеспечивают существенное снижение материальных издержек, оперативность управления технологическими процессами и самое главное – повышают надежность энергоснабжения.

Беларусь следует мировым трендам цифровизации энергетики. В отрасли реализуются проекты по внедрению современных IT-технологий. Они охватывают различные направления – от создания «умных» распределительных сетей до предоставления качественно новых услуг потребителям. Результаты этой работы являются весомым вкладом в устойчивое развитие экономики, повышение качества жизни людей.

**Полещук Леонид Леонидович,**  
заместитель директора Департамента  
по энергоэффективности Государственного комитета  
по стандартизации Республики Беларусь



## Мировая политика по осуществлению энергетического перехода

26 января в этом году впервые отмечается Международный день чистой энергии. В этот день 15 лет назад было основано Международное агентство по возобновляемой энергии (IRENA), к которому Республика Беларусь присоединилась 11 февраля 2009 года, подписав Устав агентства.

Согласно докладу 26-го заседания Совета IRENA, в 2022 году в мире 83 % новых энергетических мощностей приходилось на ВИЭ, 17 % – на ископаемое топливо и атомную энергетику. Электрификация и энергоэффективность, подкрепленные ВИЭ, технологиями использования чистого водорода и устойчивой биомассы, остаются наиболее реалистичным путем для удержания странами роста глобальной средней температуры в соответствии с целями Парижского соглашения.

В 2022 году мировая установленная электрическая мощность ВИЭ составила 3372 ГВт, инвестиции в возобновляемую энергетику достигли рекордного уровня в \$ 0,5 трлн. Несмотря на инфляцию затрат, конкурентоспособность ВИЭ увеличивается. Около 86 % всех введенных в 2022 году возобновляемых мощностей имели более низкие затраты на производство электроэнергии, чем энергообъекты, работающие на ископаемом топливе.

Участники 28-й сессии Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата, которая состоялась в декабре 2023 года в г. Дубае (ОАЭ), договорились утроить мощности ВИЭ и удвоить энергоэффективность к 2030 году. Они также одобрили дорожную карту по «переходу от ископаемого топлива». Переговоры завершились компромиссом: хотя в итоговом документе и упоминается ископаемое топливо, он не содержит требования отказаться от нефти, угля и газа.

## Достижение Цели устойчивого развития № 7 в Беларуси

Международный день чистой энергии неразрывно связан с достижением Цели устойчивого развития № 7 «Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех». Для реализации этого направления в Республике Беларусь выстроена планомерная и последовательная работа, основанная на усовершенствовании законодательства, реализации уже шестой по счету Государственной программы «Энергосбережение» на 2021–2025 годы, внедрении научных разработок и инновационных технологий возобновляемой энергетики, международном сотрудничестве.

С учетом уже реализованных крупных энергосберегающих проектов и внедрения ВИЭ в рамках действующей Госпрограммы ежегодно в Республике Беларусь экономится порядка 500 тыс. т у.т., что является нашим вкладом в предотвращение глобального изменения климата и учитывается Минприроды при подготовке Определяемого на национальном уровне вклада в выполнение обязательств по Парижскому соглашению.

В Беларуси основной упор сделан на расширение использования древесного топлива. Реализация этого направления связана с наименьшими объемами капиталовложений и небольшими сроками окупаемости в сравнении с другими видами ВИЭ. В структуре ВИЭ республики почти 97 % занимает биомасса, в основном древесное топливо, и чуть более 3 % – энергия воды, ветра и солнца. Фактическая электрогенерирующая мощность установок ВИЭ в стране с 2009 года (год основания IRENA) выросла в 14 раз и на начало 2024 года превысила 600 МВт.

Основным возобновляемым источником для производства тепловой

энергии является биомасса. Древесными ресурсами располагают все без исключения области, что делает этот источник доступным для широкого круга потребителей. В системе ЖКХ насчитывается порядка 3800 котельных, из которых 73 % используют биотопливо. Расширению области его применения способствует и развитие современных технологий переработки древесины в более удобные для использования формы – древесную щепу, гранулы, пеллеты.

Перспективным направлением стали древесные топливные гранулы (пеллеты). Их преимуществом является экологичность, отличная теплотворная способность, которая обусловлена минимальным наличием влаги, низкая зольность, позволяющая минимизировать процедуры чистки котельного оборудования, безопасность и удобство транспортировки и хранения. Пеллеты отличаются высокой плотностью и имеют низкий риск самовоспламенения, могут быть использованы в котлах любой мощности. КПД котельных на пеллетах превышает 90 %. При этом существует возможность автоматизации технологического процесса и дистанционного управления работой котельного оборудования.

В Беларуси имеется 64 производства по изготовлению древесных топливных гранул (пеллет) с мощностью порядка 894 тыс. т в год, и страна готова поставлять их на экспорт.

**Мельникович Оксана Васильевна, заместитель начальника управления регулирования воздействий на атмосферный воздух, изменение климата и экспертизы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь**



## Беларусь опережает план по снижению выбросов парниковых газов

Беларусь является стороной Парижского соглашения с 2016 года. Тогда страна обязалась до 2030 года сократить объем выбросов CO<sub>2</sub> на 28 % к уровню 1990 года. Для осуществления мер в области климата был принят план мероприятий по реализации положений Парижского соглашения к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, утвержденный заместителем Премьер-министра Республики Беларусь 13 марта 2019 года.

В сентябре 2021 года Правительство Республики Беларусь утвердило очередной Определяемый на национальном уровне вклад, в соответствии с которым Беларусь взяла более амбициозное обязательство – к 2030 году сократить выбросы парниковых газов в общеэкономическом масштабе на 35 %. Согласно предварительным данным государственного кадастра выбросов и поглощения парниковых газов, Беларусь уже сократила выбросы на 40 % от уровня 1990 года, а с учетом сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» – на 62,4 %. То есть республика выполняет в полном объеме и даже перевыполняет взятые на себя обязательства.

Важное значение в стране придается вопросу преодоления климатических проблем. Об этом свидетельствует участие делегации Республики Беларусь в 28-й сессии Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата (COP28) в Дубае с 30 ноября по 12 декабря 2023 года, а также во Всемирном климатическом саммите 1 декабря, в котором принял участие Президент Беларуси.

Основным итогом COP28 стало принятие документа о результатах первого Глобального подведения итогов (Global Stocktake), который посвящен анализу прогресса по достижению целей Парижского соглашения. Документ представляет собой план вы-

сокого уровня для руководства по достижению климатических целей, в том числе удержанию роста среднегодовой температуры в пределах 1,5 °С.

В документе содержится призыв к сторонам конвенции представить свои следующие определяемые на национальном уровне вклады в виде амбициозных целевых показателей сокращения выбросов в масштабах всей экономики, охватывающих все парниковые газы, секторы и категории, с целью ограничения глобального потепления, утроить объем производства возобновляемой энергии и удвоить среднегодовые темпы повышения энергоэффективности в мире к 2030 году, а также ускорить внедрение технологий с нулевым и низким уровнем выбросов, включая ВИЭ, ядерную энергетику, технологии борьбы с выбросами и их поглощения.

## Беларусь присоединилась к заявлению МАГАТЭ по вопросу ядерной энергетики

Достижение устойчивого экономического развития и предотвращение разрушительных последствий неконтролируемого изменения климата требуют использования всех низкоуглеродных источников энергии. Один из путей снижения выбросов – развитие атомной энергетики, и Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) выступило на COP28 с заявлением по вопросу ядерной энергетики, к которому присоединилась и Республика Беларусь.

МАГАТЭ и межправительственная группа экспертов по изменению климата рассматривают ядерную энергетику как важную часть решения проблемы изменения климата и обеспечения энергетической безопасности. Сегодня эта отрасль обеспечивает четверть чистой электроэнергии в мире. МАГАТЭ продолжит продвигать преимущества мирного использования ядерной энергии, признавая, что все

имеющиеся технологии с низким уровнем выбросов должны активно поддерживаться.

## Перспективы мировой возобновляемой энергетики

Согласно отчету Международного энергетического агентства (МЭА) доля ВИЭ в мировом производстве электроэнергии должна превысить треть к 2024 году. В зависимости от погодных условий текущий год может стать первым годом, когда из ВИЭ будет вырабатываться больше электроэнергии, чем из угля.

В целом в 2022 году выработка энергии из возобновляемых источников в мире выросла на 7,8 %, что является самым высоким показателем роста за последние 30 лет, отмечает МЭА. Агентство ожидает роста зеленой генерации на 11 % в 2024 году за счет расширения ветровых и солнечных мощностей и предполагаемого восстановления гидрогенерации в ряде регионов после сезона засухи и маловодья.

Также МЭА прогнозирует, что в 2050 году в мире на основе солнца и ветра будет вырабатываться от 54 % до 72 % электроэнергии в зависимости от сценария. Это будет происходить при значительном росте производства и потребления электроэнергии.

Тенденции, которые МЭА обозначило в своем прогнозе, окажут влияние в том числе на развитие зеленой энергетики Беларуси и снижение выбросов парниковых газов.

А.В. ГОРОШ,  
директор  
РУП «Белэнергосетьпроект»



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



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



# ОБ ИМПУЛЬСНЫХ ИЗЛУЧАЕМЫХ ПОМЕХАХ В ЦЕПЯХ ВТОРИЧНОЙ КОММУТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Во исполнение Распоряжения Президента Республики Беларусь от 1 июля 2020 года № 119рп «О дополнительных мерах по решению актуальных вопросов жизнедеятельности населения» Министерство энергетики утвердило Программу увеличения электропотребления для нужд отопления, горячего водоснабжения и пищеприготовления на 2021–2025 годы, которой предусмотрено суммарное увеличение электропотребления для этих нужд до 900 млн кВт·ч. В условиях роста электрической нагрузки потребителей особое значение приобретает надежность электросетевой инфраструктуры, обеспечиваемая в том числе за счет электромагнитной совместимости технических средств.

Увеличение использования электроэнергии для целей отопления, горячего водоснабжения, приготовления пищи и прочих бытовых нужд обуславливает значительный рост нагрузки непосредственно у потребителя, что влечет за собой необходимость масштабной реконструкции и строительства электрических сетей и подстанций всех классов напряжений. Реализация этой задачи предусмотрена Программой увеличения электропотребления для нужд отопления, горячего водоснабжения и пищеприготовления на 2021–2025 годы [1], а также Программой комплексной модернизации производств энергетической сферы на 2021–2025 годы [2].

## Влияние помех на надежность электросетевой инфраструктуры

Техническое перевооружение электросетевой инфраструктуры Белорусской энергосистемы на современных принципах и современной элементной базе позволит существенно повысить надежность электроснабжения. При этом весьма важным является во-

прос устойчивого функционирования элементов высоковольтных электрических подстанций (ПС). Например, перерыв в электроснабжении потребителя в условиях низких температур приводит к потере источника тепла, что недопустимо.

Некоторые схемные решения по повышению надежности ПС 35–110 кВ проанализированы в [3, 4] и в настоящей статье не рассматриваются.

Работа электроэнергетических объектов во многом зависит от надежного и бесперебойного функционирования установленных на них технических средств (ТС), выполняющих функции защиты, автоматики, связи и т.д. Специфика этих объектов такова, что все установленное на них оборудование в той или иной степени подвергается воздействию помех – возмущений, создаваемых различными источниками или процессами. Помехи могут оказывать негативное влияние на работу оборудования (сбои в работе, кратковременные отказы, выход из строя). Наибольшую опасность они представляют для ТС, имеющих низкую помехоустойчивость

и работающих на базе микропроцессорных устройств.

Совокупность помех, влияющих на качество функционирования находящегося на энергообъекте оборудования, характеризует электромагнитную обстановку (ЭМО) данного объекта. Основанием для определения и анализа ЭМО на реконструируемых и вновь вводимых энергосетевых объектах является задание на проектирование, а также требования ТНПА [5–7]. Обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) устанавливаемых на них ТС также должно закладываться на уровне разработки проекта. Однако, по нашему мнению, корректные проектные решения по обеспечению ЭМС не могут быть разработаны без результатов натурного обследования ЭМО на объекте.

Одним из факторов, влияющих на качественное функционирование средств РЗА, установленных в помещениях общих пунктов управления электростанций и ПС высокого напряжения, являются импульсные помехи в цепях вторичной коммутации. В настоящей статье рассмотрен опыт

РУП «Белэнергосетьпроект» по измерению импульсных излучаемых помех в цепях вторичной коммутации ПС 35 кВ и выше. Отметим, что описывается только один из возможных способов измерения помех, имеющих различную природу возникновения и распространения.

### Основные принципы защиты ТС от воздействия помех

Защита ТС от влияния помех базируется на следующих основных принципах [7, 8]:

- защита вторичных цепей от импульсного потенциала;
- экранирование ТС при непосредственном воздействии высокочастотного электромагнитного поля;
- применение устройств ограничения перенапряжений от воздействия на ТС внешних и внутренних помех;
- использование глубинных заземлителей для снижения входного импульсного сопротивления в месте ввода в землю импульсных и высокочастотных токов;
- снижение сопротивления цепи заземления оборудования путем применения двух и более заземляющих проводников, прокладываемых в нескольких направлениях от оборудования.

В электросетевых филиалах энерго-снабжающих организаций ГПО «Белэнерго» зачастую возникают сложности с измерением величины помех собственными силами. Для этого могут быть использованы возможности сертифицированной испытательной лаборатории, оснащенной необходимыми метрологически обеспеченными сред-

### Результаты обследования электромагнитной обстановки на ПС 110 кВ

Кодовый номер ПС	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
Измеренное значение сопротивления ЗУ, Ом	0,66	0,99	0,63	0,76	0,60	0,89	1,33	2,60	0,63
<b>Выявленные нарушения ЭМО</b>									
Высокие амплитудные значения напряжения в цепях вторичной коммутации, вызванные импульсными излучаемыми помехами при КЗ и коммутациях в высоковольтной сети	+	-	+	-	-	-	-	+	-
Недопустимые амплитудные значения напряжения затухающих колебаний на заземлителе при протекании импульсного тока высокой частоты	+	+	-	-	+	-	+	+	+
Недопустимые значения напряжений промышленной частоты, воздействующих на изоляцию кабелей в цепях вторичной коммутации при КЗ на землю в цепях первичной коммутации	+	-	-	+	-	+	-	-	-

ствами измерений (СИ) и владеющей методиками выполнения измерений (МВИ), в том числе с использованием валидированного математического аппарата для обработки результатов.

### О роли заземляющего устройства электроустановки в обеспечении ЭМС

Одним из главных условий выполнения установленных требований в части ЭМС при эксплуатации и реконструкции ПС является своевременное выявление и устранение дефектов заземляющих устройств (ЗУ) и устройств молниезащиты [10]. Дефекты ЗУ значительно снижают электробезопасность обслуживающего персонала, а при воздействии коммутационных или внешних перенапряжений могут приводить к отключению ответственных электроустановок по-

требителей и значительному экономическому ущербу.

В [11, 12] проанализированы некоторые технические решения, позволяющие существенно снизить риск нарушений электроснабжения, обусловленных почвенным корродированием металла заземлителей. В частности, рассмотрен выбор геометрических параметров ЗУ с учетом коррозионной активности грунта.

В ходе выборочного обследования ЭМО на девяти ПС 110 кВ, выполненного в течение трех последних лет, было установлено несоответствие конфигурации и физического состояния ЗУ (их значений сопротивления) современным проектным решениям, приведенным в стандартах ГПО «Белэнерго» [13, 14]. Есть основания полагать, что этим несоответствием обусловлены следующие нарушения ЭМО, выявленные на обследованных ПС (см. таблицу):

- 1) высокие амплитудные значения напряжения в цепях вторичной коммутации, вызванные импульсными излучаемыми помехами при КЗ и коммутациях в высоковольтной сети;
- 2) недопустимые амплитудные значения напряжения затухающих колебаний на заземлителе при протекании импульсного тока высокой частоты;
- 3) недопустимые значения напряжений промышленной частоты, воздействующих на изоляцию кабелей в цепях вторичной коммутации при КЗ на землю в цепях первичной коммутации.

В [15] проанализированы случаи, когда применение чувствительных

### СПРАВОЧНО

*РУП «Белэнергосетьпроект» является одним из ведущих проектных предприятий Республики Беларусь в области электроэнергетики. Более 10 лет в составе предприятия функционирует электротехническая лаборатория (ЭТЛ), проводящая обследования ЭМО на энергообъектах, а также выполняющая нестандартные задачи в области помехозащищенности электросети. Лаборатория аккредитована ГП «БГЦА» на соответствие основополагающему стандарту ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 [9] как испытательная лаборатория.*

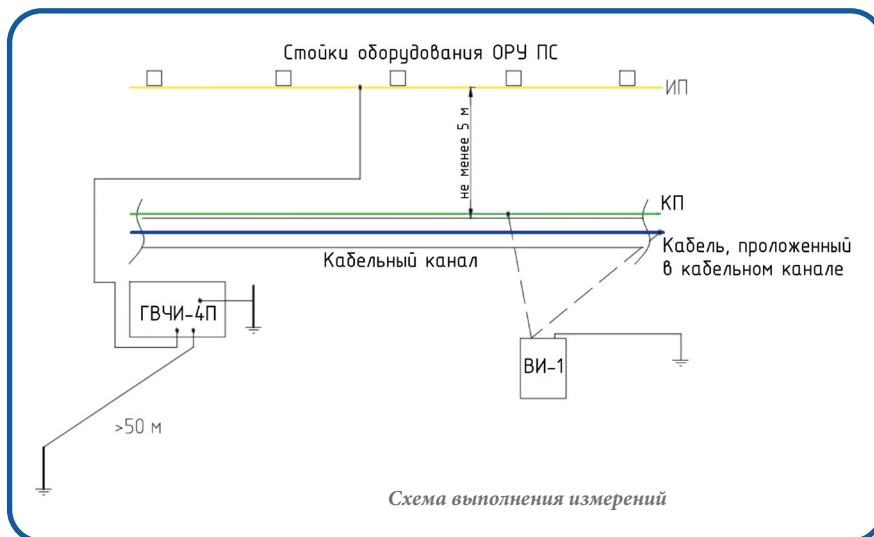
*На основании результатов измерений, выполняемых ЭТЛ, группа техники высоких напряжений отдела учета и качества электроэнергии РУП «Белэнергосетьпроект» разрабатывает раздел «Электромагнитная совместимость», предусмотренный в каждом проекте реконструкции или возведения ПС 35 кВ и выше.*

к помехам электронных устройств на длительно эксплуатируемых ПС, сооруженных по устаревшим нормам, приводило к ряду проблем. Так как в основе стандартных защитных мероприятий лежит принцип заземления всего оборудования и ТС, установленных на объекте, необходимо уделять особое внимание качественному монтажу и текущему состоянию ЗУ. Однако на практике ситуация выглядит иначе: объекты проектируются без достоверной исходной информации, качество работ при монтаже ЗУ в ряде случаев невысокое, приемо-сдаточные испытания проводятся не комплексно и не в полной мере. В итоге экономия средств и времени при сооружении ЗУ оборачивается гораздо большими затратами в процессе эксплуатации.

### Алгоритм измерения импульсных помех в цепях вторичной коммутации

При выполнении коммутаций на ПС вследствие переходных процессов в первичных цепях возникают импульсные токи. Через паразитные емкости от оборудования на землю по заземлителю начинает протекать высокочастотная составляющая тока ( $I_{вч}$ ), и возникает скачок потенциала. Импульсный потенциал, ослабленный железобетонными конструкциями кабельных каналов (лотков), экранами кабелей, проложенными рядом проводниками и т.д., передается по кабелям вторичной коммутации на кабельные порты установленного оборудования, создавая угрозу сбоев в работе и отказов.

Для измерения напряжения импульсных помех в цепях вторичной коммутации, возникающих в результате электромагнитного излучения при протекании токов КЗ и коммутационных переключениях в первичных цепях электростанций и ПС, специалистами РУП «Белэнергосетьпроект» была разработана и апробирована на ПС 35–750 кВ Белорусской энергосистемы МВИ 4707-2013 «Методика выполнения измерений напряжения импульсных помех в цепях вторичной коммутации, возникающих в результате электромагнитного излучения при протекании токов короткого замыкания и коммутационных переключениях в первичных цепях электрических



станций и подстанций высокого напряжения», прошедшая государственную метрологическую экспертизу.

Измерения выполняются измерительным комплексом ИКП-1, состоящим из генератора высокочастотных импульсов ГВЧИ-4П и импульсного вольтметра ВИ-1.

К основным исходным данным, необходимым для анализа и выбора корректных мест подключения генератора и вольтметра ИКП-1, относятся:

- оперативная электрическая схема электроустановки;
- план расположения силового оборудования с трассами прокладки кабелей;
- состав и расположение устройств релейной защиты и автоматики (РЗА) и автоматизированных систем управления (АСУ);
- электрические связи устройств РЗА и АСУ с силовым оборудованием;
- удельное сопротивление грунта;
- места заземления цепей напряжения и тока РЗА и АСУ.

Для подключения ИКП-1 к кабельным трассам открытого распределительного устройства (ОРУ) электроустановки выбираются главные участки трасс, по которым проходит основная часть кабелей. В дальнейшем эти участки используют для имитации воздействия электромагнитного поля с помощью излучающего провода. Если на ОРУ имеется несколько кабельных трасс (например, в виде тоннеля и кабельного лотка), для измерений предпочтительны магистральные участки каждой из этих трасс.

Из всех видов кабелей, проходящих по выбранному участку трассы, выбираются образцы наиболее длинных

кабелей каждой группы: с экраном, без экрана, в оболочке. Вопросы заземления экранов контрольных кабелей на электростанциях и ПС рассмотрены в [16]. Кабели подбираются таким образом, чтобы в них имелись либо свободные, либо рабочие жилы, у которых нагрузка со стороны устройств имеет сопротивление более 1 кОм.

Цикл подготовки к выполнению измерений включает следующие работы:

- проверка срока действия свидетельства о государственной поверке (калибровке) СИ;
- определение и регистрация значений влияющих величин;
- проверка надежности заземления СИ;
- подготовка СИ, входящих в ИКП-1, к использованию в соответствии с руководством по эксплуатации;
- укладка контрольного провода (КП) вдоль выбранных кабельных трасс. КП прокладывается по поверхности грунта рядом с каналом (лотком) таким образом, чтобы длина КП была примерно равна длине исследуемого кабеля;
- подвеска параллельно выбранному участку кабельной трассы провода – источника помех (ИП), имитирующего шину высокого напряжения. ИП подвешивается на расстоянии не менее 5 м от КП на высоте около 1,5 м;
- подключение генератора ГВЧИ-4П к средней части ИП.

Схема выполнения измерений представлена на рисунке.

Прямые измерения выполняются в следующем порядке:

1. На генераторе ГВЧИ-4П и вольтметре ВИ-1 задаются требуемые режимы работы.

2. Числовые значения результатов измерений регистрируются без округления.

3. Вольтметром измеряется амплитуда напряжения фоновых помех  $A_{\text{фп}}$  на контрольном проводе КП. При этом один выход вольтметра подключается к КП, а второй – к корпусу устройства АСУ, к которому проложены провода и кабели.

4. Вольтметром измеряется амплитуда напряжения фоновых помех  $A_{\text{фк}}$  на кабеле, проложенном в кабельном канале (лотке). При этом один выход вольтметра подключается к свободной жиле кабеля в шкафу зажимов выключателя (ШЗВ) или панели, а второй – к корпусу устройства АСУ, к которому проложены провода и кабели.

5. С помощью генератора воспроизводятся импульсы тока  $I_r$  амплитудой до 10 А и частотой колебаний 0,5; 1,0; 2,0 МГц.

6. Вольтметром измеряется амплитуда напряжения импульсных помех  $A_n$  на КП.

7. Вольтметром измеряется амплитуда напряжения импульсных помех  $A_k$  на свободной жиле кабеля в ШЗВ.

8. Результаты измерений обрабатываются и оформляются.

*Измерения по пунктам 3–4 проводятся при выключенном генераторе ГВЧИ-4П, а по пунктам 6–7 – при включенном. Число результатов наблюдений (измерений) по пунктам 3–7 должно составлять не менее пяти.*

Наибольшее значение напряжения импульсных помех, вызванных излучениями,  $A_n$  определяется методом косвенного измерения с использованием результатов прямых измерений по формуле

$$A_n = \frac{(A_n - A_{\text{фп}})}{K_3} \cdot I_r = \frac{(A_k - A_{\text{фк}})}{I_r} \cdot I_{\text{вч}}, \quad (1)$$

где  $I_{\text{вч}}$  – значение высокочастотной составляющей тока КЗ, А (выбирается в соответствии с функциональной зависимостью из таблицы 2 [17]);  $K_3$  – коэффициент экранирования, промежуточная величина, расчет которой производится с целью качественной оценки экранирования кабеля в соответствии с функциональной зависимостью

$$K_3 = \frac{A_n - A_{\text{фп}}}{A_k - A_{\text{фк}}}. \quad (2)$$

Модель измерения  $A_n$  имеет вид

$$A_n = \frac{(A_k - A_{\text{фк}}) \cdot (1 + \delta A_n)}{I_r \cdot (1 + \delta I_r)} \cdot I_{\text{вч}}, \quad (3)$$

$$K_3 = \frac{A_n - A_{\text{фп}}}{A_k - A_{\text{фк}}} \cdot (1 + \delta A_n), \quad (4)$$

где  $\delta A_n$  и  $\delta I_r$  – влияющие величины, обусловленные погрешностью вольтметра ВИ-1 и генератора ГВЧИ-4П соответственно при измерении импульсных помех, отн. ед.

Обработка результатов измерений с учетом неопределенности выполняется косвенным методом.

Вопросы расчета стандартных неопределенностей, коэффициентов чувствительности, вкладов в неопределенность, суммарной стандартной и расширенной неопределенности являются прикладными и рассмотрены в МВИ 4707-2013, разработанной ЭТЛ. Отметим, что необходимость расчета неопределенности результата измерений может согласовываться с заказчиком.

Результат измерения  $A_n$  считается удовлетворительным, если его значение с учетом неопределенности не превышает максимально допустимое значение уровня испытаний при воздействии напряжения затухающих колебаний  $A_{n\text{max}}$ , нормируемое [18].

Коэффициент экранирования  $K_3$  позволяет оценить степень ослабления (рассеяния, частичного поглощения) импульсной помехи вследствие прохождения через физический объект (железобетонный кабельный канал, лоток, стену здания и т.д.) и применяется при выполнении расчетов при проектировании.

Результаты расчетов  $A_n$  и  $K_3$ , информация о степени жесткости испытаний, значения  $A_{n\text{max}}$  и выводы оформляются в виде протокола результатов измерений.

## Выводы

1. Опыт РУП «Белэнергосетьпроект» по измерению импульсных излучаемых помех в цепях вторичной коммутации ПС 35 кВ и выше позволяет сделать вывод, что чаще всего основными причинами возникновения и распространения помех и, как следствие,

неблагоприятной ЭМО на объектах электроэнергетики являются:

- отклонения от проекта в ходе его реализации и последующих реконструкций;
- низкое качество строительно-монтажных работ;
- физическое и моральное старение объекта;
- повреждение заземлителей при земляных работах, реконструкции и т.п.

2. Результаты натурного обследования ЭМО на энергообъекте являются важнейшими исходными данными для разработки решений по ЭМС технических средств.

3. Качественное функционирование средств РЗА, установленных в помещениях общих пунктов управления электростанций и ПС высокого напряжения, зависит от ряда факторов, в том числе от импульсных помех в цепях вторичной коммутации. Квалифицированная оценка их значений и внедрение при необходимости корректирующих мероприятий позволят снизить количество сбоев в работе этих средств и повысить надежность электроснабжения.

## Список литературы

1. Программа увеличения электропотребления для нужд отопления, горячего водоснабжения и пищевого приготовления на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: утв. 12.01.2021 постановлением М-ва энергетики Респ. Беларусь. – Режим доступа: [https://minenergo.gov.by/upload/news/2021/yanvar/%D0%AD%D0%9B%D0%95%D0%9A%D0%A2%D0%A0%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%A2%D0%A0%D0%95%D0%91%D0%9B%D0%95%D0%9D%D0%98%D0%95\\_compressed.pdf](https://minenergo.gov.by/upload/news/2021/yanvar/%D0%AD%D0%9B%D0%95%D0%9A%D0%A2%D0%A0%D0%9E%D0%9F%D0%9E%D0%A2%D0%A0%D0%95%D0%91%D0%9B%D0%95%D0%9D%D0%98%D0%95_compressed.pdf). – Дата доступа: 11.12.2023.
2. Программа комплексной модернизации производства энергетической сферы на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: утв. постановлением М-ва энергетики Респ. Беларусь, 5 апреля 2021 г., № 19. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/wp-content/uploads/2021/%D0%9F%D0%9A%D0%9C%D0%AD%202025-%D1%81.pdf>. – Дата доступа: 11.12.2023.
3. Киселев, К.А. О необходимости скорейшей реконструкции трансформаторных подстанций 35–110 кВ, выполненных по схеме с отделителями и короткозамыкателями / К.А. Киселев, Л.И. Бузюма, М.А. Драко // Энергетическая стратегия. – 2018. – № 1 (61). – С. 20–22.
4. Драко, М.А. Оценка показателей надежности главных схем электрических соединений подстанций, выполненных по схеме с отделителями / М.А. Драко [и др.] // Энергетическая стратегия. – 2018. – № 6 (66). – С. 17–19.
5. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воз-

душные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний: ТКП 339-2022 (33240). – Введ. 20.12.2022. – Минск: Мин-во энергетики Респ. Беларусь, 2022.

6. Подстанции электрические напряжением 35 кВ и выше. Нормы технологического проектирования: СТП 33243.01.216-16. – Введ. 15.02.16. – Минск: ГПО «Белэнерго», 2016.

7. Методические указания по защите вторичных цепей электрических станций и подстанций напряжением 35–750 кВ от электромагнитных влияний и грозовых воздействий: СТП 09110.47.104-08. – Введ. 17.09.2010. – Минск: ГПО «Белэнерго», 2010. – 64 с.

8. Жежеленко, И.В. Электромагнитная совместимость в электрических сетях: учеб. пособие / И.В. Жежеленко, М.А. Короткевич. – Минск: Выш. шк., 2012. – 197 с.

9. Общие требования к компетентности испытательных и калибро-

вочных лабораторий: ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. – Введ. 01.09.2019. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2019. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293728/4293728468.htm>. – Дата доступа: 27.12.2023.

10. Колик, В.Р. Актуальность обследования заземляющего устройства и устройств молниезащиты подстанций 35 кВ и выше / В.Р. Колик, М.А. Драко, О.А. Мойсеенко // Энергетическая стратегия. – 2014. – № 2(38). – С. 23–25.

11. Драко, М.А. Выбор геометрических параметров заземляющих устройств подстанций и ВЛ 110 кВ и выше с учетом коррозионной активности грунта / М.А. Драко, А.М. Короткевич, А.П. Иваненко // Энергетическая стратегия. – 2016. – № 5 (53). – С. 27–29.

12. Драко, М.А. Коррозия заземлителей электроустановок / М.А. Драко // Энергетическая стратегия. – 2019. – № 6 (69). – С. 44–48.

13. Методические указания по проектированию заземляющих устройств электрических станций и подстанций напряжением 35–750 кВ: СТП 09110.47.103-07. – Введ. 01.12.2007. – ГПО «Белэнерго».

14. Методические указания по выполнению заземления на электрических станциях и подстанциях напряжением 35–750 кВ: СТП 09110.47.203-07. – Введ. 15.06.2007. – ГПО «Белэнерго».

15. Криксин, П.В. Заземляющее устройство подстанций – основа обеспечения электромагнитной совместимости технических средств. Опыт Белорусской энергосистемы / П.В. Криксин, Н.В. Бохан // Энергия и Менеджмент. – 2011. – № 6 (63). – С. 18–20.

16. Фурсанов, М.И. Заземление экранов контрольных кабелей на электрических станциях и подстанциях / М.И. Фурсанов, П.В. Криксин // Энергия и Менеджмент. – 2010. – № 4. – С. 12–15.

17. Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях: СО 34.35.311-2004. – Введ. 13.02.2004. – ОАО РАО «ЕЭС России», 13.02.2004. – 78 с.

18. Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 4-12. Методы испытаний и измерений. Испытание на устойчивость к звенящей волне: ГОСТ IEC 61000-4-12-2016. – Введ. 01.08.2018. – Минск, Госстандарт. – 32 с.

К сведению

Водородная энергетика

Будущее мировой энергетике – за атомными и водородными технологиями, обладающими практически неограниченным потенциалом. Наиболее действенным решением на пути к декарбонизации мировой экономики обещает стать развитие водородной и атомно-водородной энергетике.

Энергопереход в ближайшем будущем неизбежен – таковы общемировые тенденции. Развитие производства водорода стимулирует формирование симбиоза атомно-водородной энергетике с ВИЭ и традиционной энергетикой. «Ренессанс» мирного атома и зарождение водородной генерации приводят к необходимости изучения экономических аспектов новой отрасли, разработки концепции ее развития, научного и правового сопровождения.

ОСНОВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ



МАСШТАБЫ МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА НА ГОРИЗОНТЕ 2030-2050 гг.

В 2020 году в Европе потреблялось примерно **9,7 млн тонн** водорода всех типов

В краткосрочной перспективе (до 2024 года) ввод 6 ГВт мощностей электролизеров и общий прирост производства на **1 млн тонн** в год

В среднесрочной перспективе (до 2030 года) ввод 40 ГВт мощностей электролизеров и общий прирост производства **10 млн тонн** в год



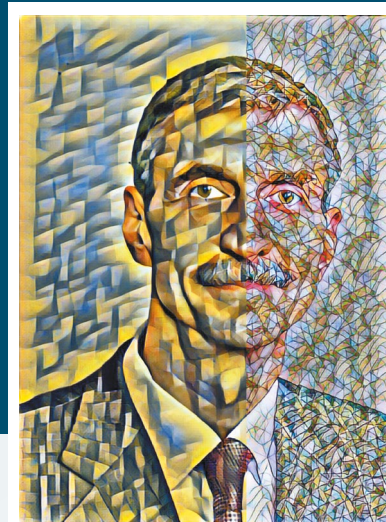
Источники: Green hydrogen in Europe – A regional assessment; A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe

# ВЕЛИКИЙ И УЖАСНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ.

## Освоение новых горизонтов с технологией GPT

Это не научная статья, она не претендует на полноценное отражение действительности и не содержит прогноза на будущее. Скорее, это приглашение к диалогу и размышлениям о путях применения искусственного интеллекта.

Все использованные изображения являются уникальными, сгенерированными нейросетью DALL-E специально для этой публикации. Текст написан автором, хоть и не без помощи ИИ, но только в части фактов.



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

**И**скусственный интеллект (ИИ) начинает входить во все сферы нашей жизни, существенно влияя на привычные методы работы и принятие решений. Происходит это еще не очень активно, но уже вполне заметно – настолько, чтобы к ИИ начало присматриваться не только молодое поколение исследователей и новаторов, но и практики старой школы.

Влияние искусственного интеллекта распространяется помимо сферы промышленного производства и «тяжелых» решений также и на нашу обычную жизнь. Каждый из вас ежедневно сталкивается с ним, загружая свой любимый браузер: Google Ассистент, Алиса, Bing&Copilot – все это ИИ. А вы не знали? Знакомьтесь, это он, Великий и Ужасный Искусственный Интеллект!

### Человеку не угнаться за компьютером?

Интерес к ИИ стимулирует и шумиха – или, как сейчас принято говорить, «хайп» (hype) вокруг него. Возникает естественное желание понять, насколько все серьезно. Мысли о захвате машинами управления цивилизацией и порабощении человека хоть и вызывают усмешку, но уже не такую снисходительную, как раньше. В этой усмешке еще присутствует извечная уверенность человека в его превосходстве над машинами. Вместе с тем,

положа руку на сердце, ответим себе честно – во многих аспектах человеку не угнаться за компьютером уже никогда. Плохо это или хорошо – трудно сказать, но это факт, от которого не отмахнешься. Но не будем рассуждать об угрозах ИИ, оставим это скептикам.

Если взглянуть не на отдельные аспекты – способность хранить гигантские объемы информации, искать в них нужные данные, проводить анализ и т.п., а на общий баланс по совокупности возможностей, потребляемой энергии, универсальности, выживаемости, способности к воспроизводству, общей результативности и жизнеспособности по отношению к единице массы тела и мозга (аналог процессора) – до уровня человека компьютерам еще расти и расти. Ну или уменьшаться и уменьшаться...

Вы знаете, какой объем сейчас занимают мощности, например, ChatGPT? Научно-исследовательская компания OpenAI, чьим продуктом он является, не открывает этой информации. Впрочем, и не надо. И так понятно, что задействованы большие вычислительные кластеры, включая графические и тензорные процессоры, позволяющие развернуть и эффективно обучать языковую модель, проводить распределенные вычисления и использовать параллельные вычислительные ресурсы для ускорения процесса обучения и обработки запросов.

А у человека «натуральный» интеллект уместается в объеме 1500 см<sup>3</sup>. Правда, надо еще учесть человеческие «обслуживающие системы» – это 50–70 тыс. дополнительных «кубиков». Стоит ли в этих условиях сравнивать эффективность естественного и искусственного интеллекта в расчете на один «кубик» объема?

Надо понимать также, что во многом ИИ базируется на языковых моделях. Но человеческое мышление не ограничивается только языком. Манипулирование образами или образное мышление пока в полной мере недоступно машинам. Мать-природа сотни тысяч лет работала над созданием человека и его интеллекта, и какие-то «железяки» за полсотни лет его не превзойдут.

Хотя, если взглянуть с другой стороны, не все так мрачно для «железяк». Кое-какие успехи в этом направлении есть и у них. Так, американская компания Cerebras Systems с офисами в Кремниевой долине, Сан-Диего, Торонто и Токио создает компьютерные системы для сложных приложений ИИ, требующих глубокого обучения. Одной из таких разработок является Cerebras Wafer Scale Engine (WSE) – единый ин-

тегрированный процессор масштаба кремниевой пластины 220×220 мм, который включает в себя вычислительные ресурсы, память и межкомпонентную матрицу соединений. В 2019 году WSE-1 стал основой Cerebras CS-1 – компьютера первого поколения с искусственным интеллектом Cerebras. Этот компьютер устанавливается в 19-дюймовую стойку, включает центральный процессор WSE с 400 тыс. ядер, а также 12 соединений 100-гигабитного Ethernet для передачи данных и 18 Гб оперативной памяти. И это не концептуальная разработка. Одна такая система уже установлена в Аргоннской национальной лаборатории Министерства энергетики США, где используется с научными целями, например для изучения черных дыр, а также для решения медицинских проблем (таких как анализ причин раковых заболеваний). Другим заказчиком этой компьютерной системы стала Ливерморская национальная лаборатория имени Э. Лоуренса, относящаяся к тому же ведомству.

В 2021 году Cerebras анонсировала систему ИИ CS-2, основанную на процессоре WSE-2, производимом по 7-нм техпроцессу. Весь вычислительный комплекс помещается в одну треть стандартной стойки (!). WSE-2 имеет уже 850 тыс. ядер, 2,6 трлн транзисторов и 40 Гб памяти. Пропускная способность памяти составляет до 20 петабайт в секунду, а общая пропускная способность фабрики соединений – до 220 петабит в секунду (!). Правда, и «кушает» эта система вполне прилично для кубика в 26 дюймов – 20 кВт, а сам чип – 15 кВт.

Но не стоит останавливаться на «мелочах», давайте попытаемся понять хотя бы в самом общем виде, что такое ИИ.

## Немного истории

Появление термина «искусственный интеллект» приписывают американскому ученому Джону Маккарти. Считается, что впервые термин был предложен им в 1956 году на семинаре в Дартмутском колледже (один из старейших в США частных исследовательских

университетов). Смысловых наполнений этого термина существует множество, некоторые вообще не связаны напрямую с пониманием интеллекта у человека. Сам себя ИИ, воплощенный в ChatGPT 3.5, в нашей с ним «задушевной беседе» определил как «*область компьютерных наук, которая занимается разработкой программ и систем, способных выполнять задачи, обычно требующие интеллектуальных способностей человека. Основной целью ИИ является создание алгоритмов и моделей, которые способны анализировать данные, извлекать закономерности, принимать решения, обучаться на опыте и выполнять другие сложные задачи.*».

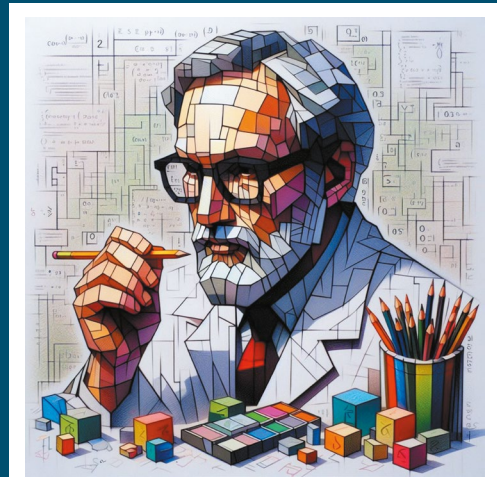
Идея создания машин, способных имитировать интеллект человека или хотя бы усиливать его возможности, имеет свои корни как в древних мифах и легендах, так и в реальных теоретических работах, появившихся еще в XIX веке. Так, коллежский советник Семен Николаевич Корсаков ставил задачу усиления возможностей разума посредством разработки научных методов и устройств. Его идеи перекликались с современной концепцией искусственного интеллекта как усилителя естественного. В 1832 году Корсаков опубликовал описание пяти изобретенных им механических устройств, так называемых интеллектуальных машин, для частичной механизации умственной деятельности при решении задач поиска, сравнения и классификации. В конструкции своих машин Корсаков впервые в истории информатики применил перфорированные карты, игравшие роль баз знаний, а сами машины по существу являлись предтечами экспертных систем. И это всего лишь один из примеров...

Однако реальное развитие ИИ началось только в середине XX века.

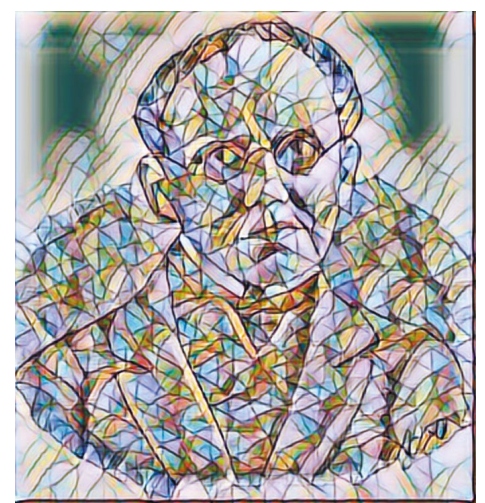
## Основные технологии ИИ

Искусственный интеллект можно разделить на две основные группы:

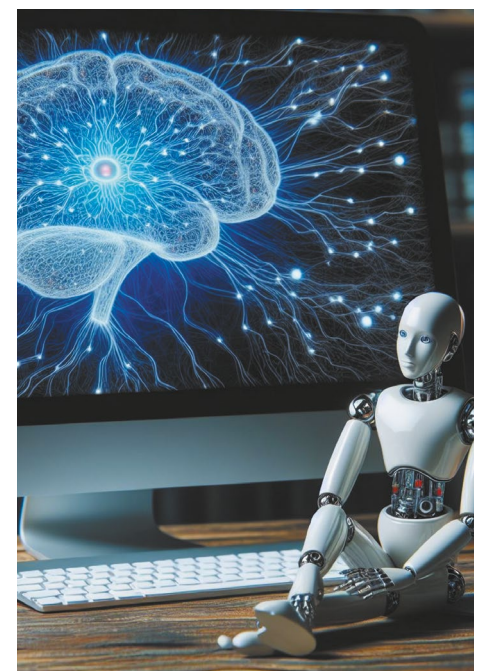
- **узкий (или слабый) ИИ (Weak AI)** – системы, которые разработаны для решения конкретных



Дж. Маккарти



С.Н. Корсаков



Нейронная сеть в представлении самого ИИ

задач и не предполагают общего интеллекта или сознания (голосовые помощники, системы распознавания речи, фильтры электронной почты и др.);

● **общий (или сильный) ИИ (Strong AI)** – система, которая гипотетически обладает общими интеллектуальными способностями, сравнимыми с человеческими. Такой ИИ способен решать широкий спектр задач, обучаться новым предметам, адаптироваться к переменным условиям и, возможно, обладать сознанием.

Ключевая технология в сфере ИИ – *машинное обучение*, позволяющее компьютерным системам обучаться на основе опыта. Это совокупность специализированных алгоритмов, использующих данные для построения моделей, которые могут классифицировать, прогнозировать различные явления и принимать решения.

Самая сложная и загадочная область машинного обучения – *нейронные сети*. Инспирированные строением человеческого мозга, нейронные сети позволяют машинам обрабатывать информацию подобно тому, как это делаем мы. Глубокие нейросети привлекают внимание своей способностью автоматического извлечения признаков из данных. Сегодня это отдельная и весьма обширная область знаний.

Еще один компонент – *обработка естественного языка*. Эта технология обеспечивает машинам способность понимать естественный язык и взаимодействовать с человеком с его помощью. Системы, в основу которых положены языковые модели, применяются в чат-ботах, переводчиках, системах «вопрос-ответ» и других приложениях.

*Компьютерное зрение* – еще одна технология ИИ, в рамках которой компьютерные системы обрабатывают и интерпретируют визуальную информацию (распознавание объектов, детектирование образов, анализ изобра-

жений), подобно тому как это делает человеческая зрительная система.

В зависимости от проблемы, которую нужно решить, разработчики могут выбирать подходящие методы и технологии для создания различных воплощений ИИ. Все эти технологии во взаимодействии, сливаясь друг с другом в конкретных реализациях, способны вызвать как восторг и потрясение, так и непонимание, смешанное с опасением. Ведь то, что произошло в этой области в последние семь-восемь лет, вызвало настоящую революцию.

Наиболее яркими и понятными являются системы распознавания речи (например, Siri от Apple, Google Assistant, Алиса), автоматические системы рекомендаций (как у Netflix или YouTube), системы автономных автомобилей, медицинские диагностические системы и многое другое. Тот же ChatGPT – чат-бот, который способен вести диалог, искать ошибки в коде, сочинять стихи, писать сценарии и даже спорить. Ну и куда же без Bing и Copilot от Microsoft?

Еще один характерный пример реализации ИИ – DALL-E. Это нейронная сеть от OpenAI, способная генерировать высококачественные изображения, исходя из текстовых описаний. Кстати, взгляните на рисунок на следующей странице. Вот как DALL-E нарисовал (или нарисовала?) свой собственный портрет.

### Нейронные языковые модели

Аббревиатура GPT очень часто встречается в последнее время в литературе, и многие прорывы в области создания ИИ связывают именно с ней.

GPT (Generative Pre-trained Transformer) – это «авторегрессионные генеративные языковые модели на архитектуре трансформер». Это определение – не издеватель-

ство над вами, уважаемый читатель, а не более чем отсылка к самостоятельному исследованию вопроса, призванная подчеркнуть сложность понимания того, как вообще ИИ работает, и избавить от «шапкозакидательского» настроения. Если чуть проще, то GPT – это тип нейронных языковых моделей, нейросетей-трансформеров, впервые представленных компанией OpenAI, которые обучаются на больших наборах текстовых данных, чтобы генерировать текст, схожий с человеческим. Они используют механизмы самосвязываемости для обработки последовательных данных и могут быть дообучены для различных задач обработки естественного языка, таких как генерация, классификация текста, машинный перевод и т.п.

OpenAI разработала серию моделей GPT, включая GPT-3.5, на основе которой построен GhatGPT, и самую продвинутую версию – GPT-4. Параллельно модели такого типа разрабатывает большое число компаний и исследовательских групп (Google, Microsoft, Facebook AI Research, Salesforce, IBM и др.). Они активно исследуют область машинного обучения, в том числе глубокого, ведут проекты по изучению ИИ (Google Brain), создают и развивают собственные интеллектуальные агенты (Watson от IBM, Azure Cognitive Services и Copilot от Microsoft) и технологии обработки естественного языка, чат-боты (Bard от Google) и диалоговые системы, внедряют ИИ в различные продукты и решения.

Интересными проектами в этой области занимается компания Яндекс. YandexGPT 2 – нейросеть, которая интегрирована в виртуального помощника Алису и доступна в ряде приложений и умных устройств. В октябре 2023 года YandexGPT 2 смогла сдать ЕГЭ по литературе на 55 баллов (минимум для поступления в вуз – 40 баллов). Это первый случай в России, когда ИИ успешно справился с ЕГЭ, не только ответив на вопросы тестов, но и выполнив творческие задания.

Активно развивается и ruGPT-3 (ПАО СберБанк) – серия моделей для русского языка на основе архитектуры GPT-3 от OpenAI. Самые известные продукты – чат-бот SaluteBot, платформа синтеза и распознавания речи SaluteSpeech, а также GigaGhat для создания собственных сервисов и оптимизации бизнес-процессов.

Модель	Год создания	Кол-во входных параметров	База для обучения	Объем данных
GPT-1	2018	117 млн	BookCorpus	4,5 Гб текста из 7000 неизданных книг разных жанров
GPT-2	2019	1,5 млрд	WebText	40 Гб текста, 8 млн документов из 40 млн веб-страниц
GPT-3	2020	175 млрд	CommonCrawl, WebText, Wikipedia, BookCorpus	570 Гб текста, 0,4 трлн токенов
GPT-3.5	2022	175 млрд	Не раскрывались	Не раскрывались

Эволюция GPT от OpenAI

Кстати, GigaChat в версии Pro оперирует 29 миллиардами параметров.

Наконец мы коснулись темы входных параметров языковых моделей. 29 млрд параметров – это много или мало и что это вообще такое?

### Входные параметры моделей GPT

Для моделей, основанных на архитектуре GPT, входные параметры обычно представляют собой текстовую последовательность – текст, который вы передаете модели для обработки. Это может быть слово или его часть, одно или несколько предложений, целый текстовый документ.

Помимо этого, в качестве входных параметров рассматриваются контекст и его понимание. Это нужно модели для учета предыдущего диалога и понимания контекста, к которому относится дополнительная «порция» текста при генерации ответа.

Важно учитывать, что входные параметры зависят от конкретной задачи, которую вы пытаетесь решить с использованием модели GPT.

Число входных параметров имеет важное значение и влияет на различные аспекты обучения и работы модели ИИ. Если опустить тонкости, то принцип простой: чем больше входных параметров имеет модель GPT, тем лучше она может обучаться и определять, что от нее требуется. Модель должна понять, что вы ей говорите и какие результаты она должна выдать. Эта задача может быть довольно сложной для машины, которая по своей сути понимает все в двоичной системе.

Взглянем на эволюцию моделей от OpenAI (см. таблицу). Отметим что информацию о ChatGPT и GPT-4 компания OpenAI полностью закрыла, в связи с чем в сети Интернет начали появляться шутки о переименовании ее в «ClosedAI». Если опираться на мнения экспертов, то число входных параметров GPT-4, а также основанной на ней и доступной по платной подписке GhatGPT-4

может достигать до 100 трлн единиц...

### Возможности использования ИИ в энергетике

С чисто практической точки зрения использование таких моделей, как GPT, да и вообще ИИ, в энергетической отрасли может быть весьма разнообразным. ИИ уже используется в следующих сферах деятельности:

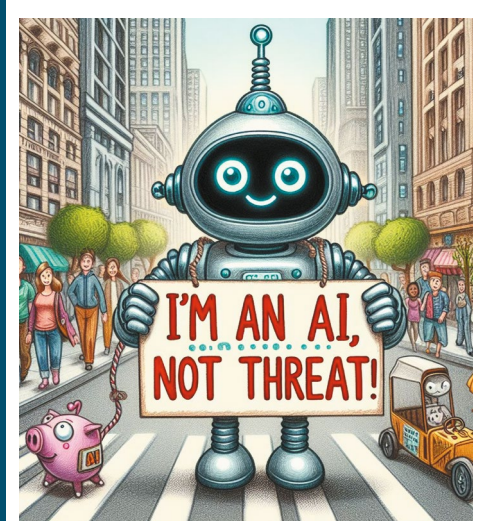
- анализ больших объемов данных и автоматизация создания отчетов, в том числе о производстве и потреблении энергии, ценах и т.д. Это однозначно помогает прогнозировать спрос на энергию, оптимизировать производство и планирование ресурсов, упрощает принятие решений;

- планирование производства и ресурсов, прогнозирование потребления энергии в различные периоды времени, оптимизация загрузки электростанций, распределения энергии в сети и расхода топлива;

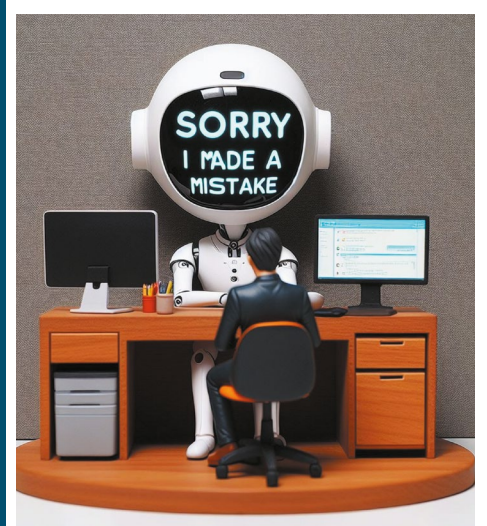
- в системах управления энергетическими сетями – оптимизация распределения энергии, предсказание и управление возможными сбоями или перегрузками в сети.

В будущем использование, например, ChatGPT в системах управления позволит операторам вести диалог с чат-ботами не только для мониторинга и выработки оптимальных решений, но и для непосредственного управления оборудованием и энергетическими процессами. Представьте себе диспетчера, который не нажимает на кнопку, не двигает ползунки на экране, не кликает мышкой, а просто голосом отдает команду «Набрать 20 мегаватт...» или «Отключить В1». Щелк – и отключился В2, а ИИ в ответ говорит: «Ой, извините, ошибка вышла! Сейчас исправлю!»

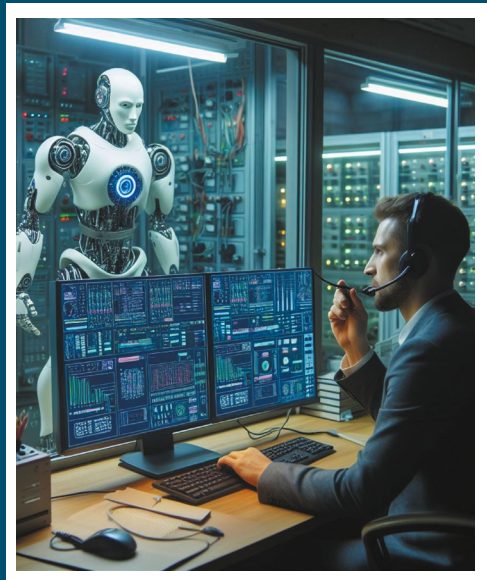
Нейросети семейства GPT могут применяться также для автоматической обработки запросов потребителей электрической и тепловой энергии, что позволит улучшить обслуживание клиентов и оптимизировать рабочие процессы. А чат-боты на основе GPT обеспечат диалог с ними в реальном режиме времени. Представьте себе, насколько



Так DALL-E видит сам (или сама?) себя: «Я – ИИ, а не угроза!»

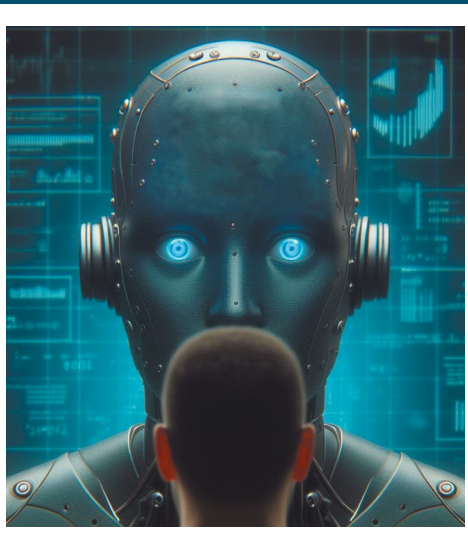


Ой, извините, ошибка вышла! Сейчас исправим!





– Сын, когда же свет-то дадите?  
– Мадам, подождите 26 минут  
40 секунд, бригада уже в пути!



облегчится труд диспетчеров, которые во время аварий вынуждены разрываться между телефоном, отвечая на звонки разгневанных клиентов, докладами начальству и неотложными действиями по ликвидации сбоев. Пока чат-бот вежливо разговаривает с бабушками или (интересная мысль) отчитывается перед начальством, диспетчер может работать.

ChatGPT может быть также применен для создания программ обучения, виртуальных обучающих сред, симуляций и поисковых систем для персонала, что будет способствовать повышению уровня подготовки специалистов в области энергетики.

Внедрение умных сетей, где ИИ, включая чат-боты, помогает в реальном времени управлять энергосистемой и оптимизировать ее режим, применение ИИ в системах управления техническим обслуживанием и ремонтами оборудования, а также в системах мониторинга и диагностики даст возможность предсказывать не только потенциальные сбои оборудования на генерирующих источниках, но и проблемы в электрических и тепловых сетях и предотвращать аварии в них.

Однако не все так просто и радужно на пути продвижения ИИ в энергетике.

### Риски внедрения ИИ

Успешное внедрение моделей GPT в энергетике требует глубокого понимания специфики отрасли и учета соответствующих аспектов – технических, этических, связанных с обеспечением безопасности, защитой личной информации. Они становятся ключевыми при обсуждении возможности использования ИИ. Это характерно не только для энергетики. Возникает множество вопросов. Как и кто может использовать ИИ? Какие знания должны быть в него заложены и какие он может сгенерировать сам? Как защититься от новых вирусов (как компьютерных, так и реальных), которые могут быть сгенерированы с использованием ИИ, от опасных или противозаконных рекомендаций, которые можно получить в диалоге

с чат-ботом? Возможные риски – это только одна сторона вопроса, причем очень важная.

С другой стороны, не получится просто так внедрить ИИ, пусть даже самый простой, из группы Weak AI, на производстве, как не получится взять готовую модель, предварительно обученную на общих вопросах, и заставить ее решать специфичные проблемы. Это слишком сложный и дорогой процесс. Что уж говорить о серьезных продуктах в сфере ИИ! Да и сами разработчики топовых моделей не очень горят желанием их тиражировать. Все-таки в основном речь может идти о доступе к конкретным реализациям ИИ через API (программные интерфейсы), который предоставляют все ведущие компании в этой области. То есть вы сами разрабатываете программное решение для автоматизации конкретного бизнес-процесса, собираете и готовите данные, после чего «скармливаете» их ИИ, который размещен на платформе у разработчика. Получаете ответ в электронном виде в той или иной форме и далее самостоятельно применяете результат. Эта схема использования ИИ – покупка услуг по обработке входных пакетов данных и выдаче результатов – уже стала стандартом.

Свободный доступ к ИИ остается для урезанных, тестовых моделей, моделей предыдущих поколений. Услуги с использованием продвинутой разработки – это бизнес. И это надо понимать.

Хотя проблемы существуют, невозможно отрицать, что за ИИ будущее – не все будущее, но значительная его часть. Он уже стал неотъемлемой частью современного мира, преобразуя способы нашего взаимодействия с технологиями. И сам ИИ вообще, и модели типа GPT в частности будут играть ключевую роль в цифровой трансформации электроэнергетики, делая ее более гибкой, надежной и устойчивой.

Несмотря на вызовы, связанные с внедрением ИИ, он предоставляет уникальные возможности для решения сложных задач и создания более умной и эффективной человеческой цивилизации. **Человеческой!**

Э.Р. ЗВЕРЕВА,  
д.т.н., профессор кафедры «Инженерная  
экология и безопасность труда»  
ФГБОУ ВО КГЭУ, Казань, Россия

А.Н. ТУГОВ,  
д.т.н., заведующий отделением  
парогенераторов и топочных устройств  
ОАО «ВТИ», Москва, Россия

НАД. ВЛ. ГРУНТОВИЧ,  
д.т.н., профессор кафедры «Теплоэнергетика  
и эффективное использование ТЭР»  
ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ», Минск, Беларусь

НИК. ВАС. ГРУНТОВИЧ,  
д.т.н., профессор кафедры «Теплоэнергетика и  
эффективное использование ТЭР»  
ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ», Минск, Беларусь

Г.Е. МАРЬИН,  
к.т.н., старший преподаватель  
кафедры «Энергетическое  
машиностроение»  
ФГБОУ ВО КГЭУ, Казань, Россия

# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В ЭНЕРГЕТИКЕ, ЭКОЛОГИИ И ЭКОНОМИКЕ

Внешнее давление на Республику Беларусь и Российскую Федерацию превращает вызовы современности в новые возможности. Реализовать эти возможности позволят консолидация ученых России и Беларуси, создание и развитие единой научной базы, проведение совместных исследований, внедрение инновационных разработок. Такое сотрудничество послужит мощным толчком к интенсификации развития научно-технологической сферы двух стран.

## Часть 1

Указом Президента Республики Беларусь от 7 мая 2020 года № 156 «Об утверждении единых приоритетов научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 гг.» определены приоритетные направления научных исследований в различных сферах. В их числе цифровые информационно-коммуникационные технологии, энергетика, экология, рациональное природопользование и ряд других направлений, включая междисциплинарные.

В первой части статьи авторы обосновывают актуальность совместных белорусско-российских научных исследований в области энергетической утилизации твердых коммунальных отходов и использования торфа для очистки от нефти и нефтепродуктов сточных вод промышленных предприятий, поверхностных вод при аварийных разливах, а также для создания водооборотных систем.

## Энергетическая утилизация отходов

В рейтинге вызовов, требующих решения в приоритетном порядке, особое место принадлежит экологи-

ческим проблемам [1]. Сегодня развитие энергетики и экономики в целом нельзя представить в отрыве от экологической повестки. И в первую очередь современных экологических проблем входят вопросы обращения с отходами, актуальные для большинства стран, в том числе для России и Беларуси.

По данным разных источников, в России ежегодно образуется от 55 до 70 млн т твердых коммунальных отходов (ТКО), суммарный энергопотенциал которых составляет не менее 1,5 ГВт, в Беларуси – около 4 млн т ТКО, в том числе 280 тыс. т пластиковых. Энергопотенциал последних сложно определить однозначно, так как он зависит от вида пластика (значение низшей теплоты сгорания различных видов пластиковых изделий может меняться от 13 до 33 МДж/кг). В целом оценка энергопотенциала ТКО в Беларуси является одной из задач исследований.

Как показывает мировой опыт, одним из перспективных решений проблемы и одновременно эффективным способом получения энергии может стать использование ТКО на тепловых электростанциях в качестве топлива.

По теплоте сгорания ТКО сопоставимы с торфом и некоторыми марками бурых углей. Отходы образуются в крупных городах, где спрос на электроэнергию стабильно растет, и гарантированно возобновляются. Важным преимуществом ТЭС на ТКО является независимость генерации от природно-климатических условий (в отличие от СЭС и ВЭС), географического расположения (в отличие от геотермальных и приливных станций). А главное, в результате эксплуатации таких ТЭС, помимо выработки энергии, решается важная социальная задача – утилизируются отходы.

В Российской Федерации уже успешно реализовано несколько проектов ТЭС на ТКО. В начале 2000-х годов были введены в эксплуатацию три предприятия:

- Московский спецзавод № 2 (МСЗ № 2) мощностью 130 тыс. т/год, на котором установлены три турбоагрегата электрической мощностью 1,2 МВт каждый;
- МСЗ № 4 (Обособленное подразделение «Руднево» ООО «Хартия») мощностью 250 тыс. т/год и установленной электрической мощностью 12 МВт;



Рис. 1. ЕФН-Экотехпром МС3 3 (МС3 № 3)

- МС3 № 3 (ЕФН-Экотехпром МС3 3) мощностью 360 тыс. т/год и установленной электрической мощностью 11 МВт (рис. 1).

В завершающей стадии реализации находятся проекты четырех ТЭС совокупной мощностью 70 МВт в Московской области, каждая из которых предназначена для энергетической утилизации 700 тыс. т ТКО в год. В г. Казани начато строительство завода на 49 МВт, способного перерабатывать 490 тыс. т отходов в год.

С 2020 года действует Федеральный закон Российской Федерации от 27 декабря 2019 года № 450-ФЗ, который трактует энергетическую утилизацию как использование ТКО в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов) после извлечения из них полезных компонентов на объектах обработки. То, что в России ТКО отнесены к ВИЭ на государственном уровне, является важным шагом на пути решения проблемы отходов [2]. Однако необходимо

помнить, что ТЭС на ТКО должны удовлетворять современным мировым требованиям экологической безопасности. Кроме того, чтобы отпускаемая энергия такой ТЭС была конкурентоспособной, капитальные затраты должны покрываться за счет платы за переработку ТКО или компенсироваться иным способом (например, с участием государства), а эксплуатационные затраты – уменьшаться за счет повышения эффективности преобразования энергетического потенциала ТКО в тепло и электричество.

В [3] показано, что значительно повысить энергоэффективность ТЭС на ТКО можно путем интеграции установок для сжигания отходов в тепловую схему ТЭЦ (в том числе с парогазовыми установками) на органическом топливе. Это позволяет повысить КПД станции на ТКО примерно с 20 % до 30–35 % и тем самым увеличить ее установленную электрическую мощность, минимизировать расходы на строительно-монтажные работы, уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты за счет совместного использования ряда узлов, сэкономить традиционное топливо. Актуальность такого подхода очевидна.

В Беларуси основными методами обращения с ТКО пока являются компостирование, сжигание в небольших установках, вторичная переработка, брикетирование и захоронение. Практикуются и более современные методы их утилизации: дегазация, использование биогазовых комплексов и установок по добыче свалочного газа. Кроме того, введена в эксплуатацию

линия по использованию RDF-топлива как источника тепловой энергии на предприятии ОАО «Красносельскстройматериалы», завершается строительство линии по производству RDF-топлива на Гродненском мусороперерабатывающем заводе.

В целях более эффективного использования энергетического потенциала ТКО в Беларуси необходимо разработать концепцию энергетической утилизации ТКО на действующих генерирующих мощностях. Для этого необходимо:

- разработать экологичные методы и технологии использования ТКО на традиционных ТЭС;
- определить подходы к модернизации действующих станций, которые позволят использовать ТКО в качестве топлива;

- определить факторы, влияющие на образование ТКО, их предполагаемый объем, морфологический состав и теплотехнические характеристики;
- оценить энергетический потенциал ТКО, целесообразность их утилизации на оборудовании действующих ТЭС и эффективность работы оборудования при минимальном воздействии на окружающую среду [2].

Исследования в этой области могут стать предметом для реализации белорусско-российского научного проекта, направленного на развитие энергетической утилизации ТКО.

## Очистка нефтесодержащих сточных вод сорбентами на основе торфа

Еще одним перспективным направлением сотрудничества ученых Беларуси и России могут стать научные исследования в области расширения направлений использования в республике торфяной нетопливной продукции. Это одна из целей, предусмотренных Программой комплексной модернизации торфяных производств на 2021–2025 годы, утвержденной постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 31 декабря 2020 года № 49.

Нефтепродукты (в виде нефти, мазута, керосина, масел и их примесей) относятся к числу наиболее опасных загрязнителей окружающей среды и прежде всего негативно влияют на поверхностные воды. На территории Беларуси наибольшее количество нефтепродуктов попадает в водотоки бас-

## СПРАВОЧНО

*Твердое вторичное топливо, или RDF-топливо (англ. Refuse Derived Fuel), получают из отходов. В его состав входят высококалорийные компоненты отходов, такие как пластик, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, дерево и пр. Теплотворная способность RDF-топлива составляет  $20\,000 \pm 2000$  кДж/кг.*

сейна Днепра, наименьшее – бассейна Западного Буга. Прогнозные оценки их концентрации в поверхностных водах рек республики показали, что тенденция к некоторому снижению уровня загрязнения в основном сохранится, хотя будет иметь место и небольшой рост на отдельных объектах. В разрезе областей наибольшую нагрузку испытывает Брестская область, наименьшую – Гродненская. Необходимо также отметить значимый вклад нефтепродуктов в загрязнение г. Минска.

Особенность загрязнения природных вод нефтепродуктами заключается в том, что количество этих загрязнителей трудно прогнозировать, так как помимо запланированного сброса промышленных сточных вод происходят аварийные разливы (рис. 2). Например, за 2020–2021 годы в России зафиксировано шесть связанных с ними

случаев, используемые при ликвидации крупных аварий.

К числу особенно опасных относят нефтепродукты в устойчивом эмульгированном состоянии. Пленка нефти на водной поверхности нарушает диффузию газов из атмосферы в воду, создавая дефицит кислорода, маслянистые вещества прилипают к поверхности гидробионтов, нарушая газообмен, а водорастворимые соединения легко проникают в них и вызывают необратимые изменения и мутации. В свою очередь, тяжелые донные отложения нефти разрушают кормовую базу обитателей водоемов и поглощают кислород из воды [5].

К наилучшим доступным технологиям отнесено несколько подходов к решению проблемы очистки нефте содержащих сточных вод промпредприятий, в том числе:

флотации, фильтрованию. Однако для обеспечения качества очищенной воды, соответствующего требованиям выпуска ее в водоемы рыбохозяйственного назначения, предпочтителен метод адсорбции, который характеризуется высокой степенью очистки, эксплуатационной надежностью и относительной простотой необходимого оборудования [5].

Изучение новых сорбционных материалов, а также механизмов адсорбции говорит о том, что данный метод очистки воды остается одним из самых перспективных и эта тема, безусловно, актуальна для ученых. В настоящее время ведется расширение номенклатуры эффективных с экономической и экологической точек зрения материалов для аппаратов очистки нефтесодержащих сточных вод и сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности водоемов при аварийных разливах. Основные требования к сорбентам – наличие высокой нефтепоглощающей способности, возможность регенерации либо утилизации вместе с собранной нефтью, низкая стоимость и др. [6].

Торф – многокомпонентное природное образование, в полной мере отвечающее указанным требованиям. Основу его органической части составляют гуминовые кислоты – высокомолекулярные соединения, содержащие различные функциональные группы, которые обеспечивают им способность извлекать как ионы тяжелых металлов, так и органические загрязнения. Высокая поглощающая способность торфа по отношению к нефти и нефтепродуктам создает возможность его использования для очистки сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Интерес к широкому применению торфа в этой области обусловлен его дешевизной, доступностью и возможностью утилизации насыщенного нефтью и нефтепродуктами торфяного сорбента путем сжигания с получением при этом дополнительного количества тепла.

Следует отметить, что проведенные в Казанском государственном энергетическом университете исследования по оценке сорбционной емкости и удерживающей способности торфа по отношению к растворенным нефтепродуктам свидетельствуют о высоком

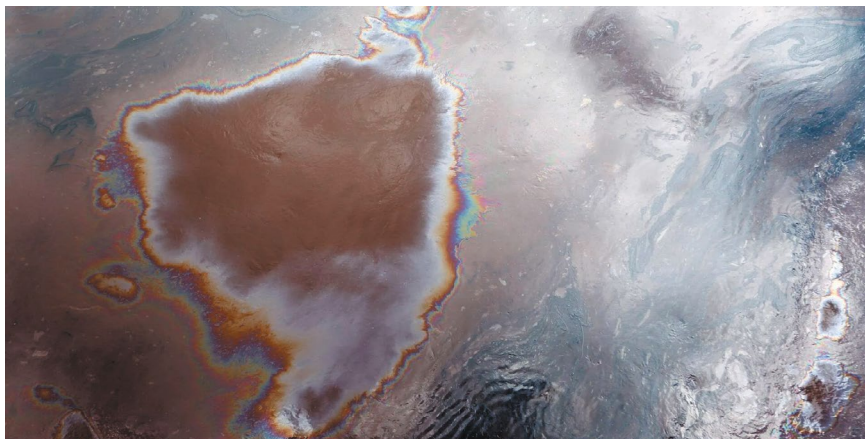


Рис. 2. Авария на участке магистрального нефтепровода Ухта – Ярославль в Княжпогостском районе Республики Коми

крупных аварий: разливы мазута в Находке, дизельного топлива в Норильске и Новой Кежме, ГСМ в Химках, портах Хатанги и Новороссийска. В конце 2022 года произошел крупный разлив мазута в акватории Таманского залива.

Эта проблема актуальна и для Беларуси. В феврале 2020 года произошел разлив нефти на аварийном участке магистрального нефтепровода Мозырь – Брест возле д. Большие Зимовичи Мозырского района Гомельской области. Площадь разлива составила около 0,5 м<sup>2</sup>. Белорусские экологи отмечают, что существенный вред наносят также небольшие по объему, но многочисленные разливы нефти из трубопроводов, цистерн, поскольку в этих случаях затруднено и экономически нецелесообразно применять существующие технические сред-

- обработка поверхностного стока в целях максимального использования воды и уловленных нефтепродуктов в технологических процессах;

- проведение доочистки воды до требуемых норм при сбросе в водоемы.

Кроме того, существует целый ряд технологических решений, основанных на создании замкнутых водоборотных циклов с глубокой очисткой воды до норм качества, установленных СанПиН, ВОЗ, ЕС, USEPA. Причем для достижения требуемых показателей предусматривается сочетание нескольких методов очистки [5, 6].

На большинстве предприятий основную часть нефтепродуктов и масел, содержащихся в сточных водах в эмульгированном состоянии, отделяют в нефтеловушках, после чего воды, как правило, подвергают

потенциале его использования в этой области [5, 6].

Ценность исследований торфа как сорбента определяет значимость его вклада в экологическую безопасность. Учитывая развитость нефтеперерабатывающей и торфяной отраслей в Беларуси и имеющиеся наработки в области производства и применения сорбентов на основе торфа в России, взаимодействие ученых двух стран в области разработки соответствующих методов и технологий использования торфа является перспективным направлением [4].

### Заключение

Предложенные авторами перспективные направления белорусско-российских исследований в области энергетической утилизации твердых коммунальных отходов и использования сорбентов на основе торфа при очистке нефтесодержащих сточных вод промыш-

ленных предприятий, аварийных разливах и создании водооборотных систем отвечают национальным интересам Беларуси.

Реализация данных направлений будет способствовать:

- диверсификации топливно-энергетического баланса Беларуси;
- эффективному решению актуальных экологических проблем, прежде всего утилизации наиболее опасных отходов;
- повышению конкурентоспособности белорусской торфопроизводства на мировом рынке;
- интенсификации научно-технического сотрудничества стран Союзного государства в области энергетики, экономики и экологии.

Во второй части статьи будут рассмотрены такие направления исследований, как развитие водородной энергетики, технологий водородного, электрического и гибридного транспорта, а также другие решения, позволяющие обеспечить загрузку Белорусской АЭС.

### Список литературы

1. Сокращение выбросов парниковых газов тепловых электростанций / Э.Р. Зверева [и др.] // Промышленная энергетика. – 2023. – № 1. – С. 45–51.
2. Тугов, А.Н. Современные технологии термической переработки твердых коммунальных отходов и перспективы их реализации в России (обзор) / А.Н. Тугов // Теплоэнергетика. – 2021. – № 1. – С. 3–20.
3. Тугов, А.Н. Энергетическая утилизация ТКО: мировой и отечественный опыт (обзор) / А.Н. Тугов // Теплоэнергетика. – 2022. – № 12. – С. 5–22.
4. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/printv/ru/news-ru/view/itogi-prjamoj-telefonnoj-linii-o-razdelnom-sbore-otxodov-i-vtorsyrjja-v-id-belarus-segodnja-4180>. – Дата доступа: 31.01.2024.
5. Дремичева, Е.С. Использование низкокачественного местного топлива в качестве сорбента нефти и нефтепродуктов. / Е.С. Дремичева, Э.Р. Зверева, А.А. Эминов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2023. – № 1. – С. 92–111.
6. Использование торфа в качестве сорбента нефти и нефтепродуктов с дальнейшей утилизацией отработанного материала в качестве топлива / Э.Р. Зверева [и др.] // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2023. – № 3(94). – С. 44–57.

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

# ПОДПИСКА – 2024

Оформить подписку можно:

**В любом  
ПОЧТОВОМ  
ОТДЕЛЕНИИ**

подписной индекс  
009382

**В редакции**

по тел./факсу  
+375 17 286-08-28  
по тел.  
+375 29 399-11-04

**на сайте**

[energystrategy.by](http://energystrategy.by)

**по эл. почте**

[2934682@mail.ru](mailto:2934682@mail.ru)

# В БЛОКНОТ ГЛАВНОГО ЭНЕРГЕТИКА

Энергетические службы предприятий зачастую не уделяют должного внимания размещению знаков производственной безопасности при проведении работ на теплоустановках и тепловых сетях. Между тем правильное использование таких знаков позволяет существенно снизить травматизм как персонала энергообъектов, так и населения. Цель этой публикации – напомнить основные нормативные требования к знакам безопасности, сигнальным цветам и разметке.

Если у вас возникают сложности с практическим применением требований ТНПА в области эксплуатации тепловых сетей, электротехнического оборудования, обеспечения тепло- и электробезопасности, пишите. Квалифицированные специалисты Госэнергонадзора дадут необходимые разъяснения на страницах журнала.

Ждем ваших вопросов и предложений!

Тел. +375 17 293-46-82

E-mail: 2934682@mail.ru  
energystrategy.by

## Роль знаков безопасности в предупреждении несчастных случаев на теплоустановках и тепловых сетях

Знаки производственной безопасности, сигнальные цвета и сигнальная разметка относятся к средствам коллективной защиты работающих и населения от физических опасных производственных факторов. Применение этих средств способствует предотвращению несчастных случаев, снижению травматизма и профессиональных заболеваний, устранению опасности для жизни, вреда для здоровья людей, снижению риска возникновения пожаров или аварий. Достоинством знаков безопасности, сигнальных цветов и разметки является то, что они обеспечивают однозначное понимание конкретных требований безопасности без применения слов или с их минимальным количеством.

Требования к разным видам обозначения опасных зон на производственных, общественных объектах и в иных местах, где необходимо обеспечение безопасности, установлены ГОСТ 12.4.026-2015 «Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний» (далее – ГОСТ).

В соответствии с ГОСТ различаются основные, дополнительные, комбинированные и групповые знаки безопасности (представлены в приложениях ГОСТ).

**Основные знаки**, в свою очередь, делятся на:

- запрещающие (приложение Е);
- предупреждающие (приложение Ж);
- предписывающие (приложение И);
- пожарной безопасности (приложение К);
- эвакуационные, медицинского и санитарного назначения (приложение Л);
- указательные (приложение М).

Геометрическая форма, сигнальный цвет и смысловое значение основных групп знаков приведены в таблице 2 ГОСТ (рис. 1).

**Дополнительные знаки** представляют собой поясняющие надписи и используются в сочетании с основными знаками безопасности.

**Комбинированные и групповые знаки** включают основные и дополнительные и отражают комплексные требования безопасности (в одном знаке могут объединяться требования различных НПА и ТНПА).

Случаи, в которых обязательна установка знаков (нанесение надписей), касающихся производственной безопасности, выполнения работ с применением средств защиты, предупреждения об опасных производственных факторах, регламентируются НПА и ТНПА. В частности, требования к установке знаков и нанесению надписей, касающихся производственной безопасности, содержатся в ТКП 458-2012 (02230) «Правила технической эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей потребителей» и ТКП 459-2012 (02230) «Правила техники безопасности при эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей потребителей». Рассмотрим некоторые случаи применения этих требований с учетом положений ГОСТ.

Таблица 2 – Геометрическая форма, сигнальный цвет и смысловое значение основных знаков безопасности




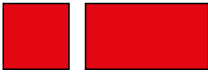


Группа	Геометрическая форма	Сигнальный цвет	Смысловое значение
Запрещающие знаки		Красный	Запрещение опасного поведения или действия
Предупреждающие знаки		Желтый	Предупреждение о возможной опасности. Осторожность. Внимание
Предписывающие знаки		Синий	Предписание обязательных действий во избежание опасности
Знаки пожарной безопасности		Красный	Обозначение и указание мест нахождения средств противопожарной защиты, их элементов
Эвакуационные знаки и знаки медицинского и санитарного назначения		Зеленый	Обозначение направления движения при эвакуации. Спасение, первая помощь при авариях или пожарах. Надпись, информация для обеспечения безопасности
Указательные знаки		Синий	Разрешение. Указание. Надпись или информация

Рис. 1. Основные группы знаков безопасности согласно таблице 2 ГОСТ 12.4.026-2015

### Реализация требований ТКП 458 к установке знаков безопасности

В п. 11.9 ТКП 458 содержится требование о наличии на двери теплового пункта (ТП) надписи «Теплопункт. Посторонним вход воспрещен». Фраза «Посторонним вход воспрещен» прямо указывает, что в соответствии с ГОСТ здесь должен быть установлен запрещающий знак *P06 «Доступ посторонним запрещен»*. В случае, если в ТП находятся трубопроводы и оборудование с теплоносителем в виде пара и, соответственно, нагретые поверхности (оголенные части арматуры, теплотехнического оборудования и трубопроводы с температурой на поверхности выше 70° С), то необходимо использовать знак *W26 «Осторожно. Горячая поверхность»*. Следует отметить, что в инструкции по охране труда, которая в соответствии с п. 16.8 ТКП 458 должна находиться в ТП, обязательно указывается опасный производственный фактор «Небезопасная температура на оголенных частях арматуры, теплотехнического

оборудования и трубопроводов», что требует от эксплуатирующего персонала ношения спецодежды, спецобуви и защитных перчаток (рукавиц). Эти требования отражаются знаками *M07 «Работать в защитной одежде»*, *M05 «Работать в защитной обуви»* и *M06 «Работать в защитных перчатках»* соответственно.

Необходимо также иметь в виду, что в здании или производственном цехе могут находиться люди, незнакомые или не в полной мере знакомые со знаками безопасности. Поэтому рекомендуется усиливать действие основных знаков, располагая рядом дополнительные в виде поясняющих надписей. Вид группового знака, учитывающего требования ГОСТ, ТКП 458 и инструкции по охране труда, представлен на рисунке 2.

Согласно п. 12.8 ТКП 458 при размещении баков-аккумуляторов вне территории теплоисточников для исключения доступа посторонних лиц к бакам следует предусматривать их ограждение высотой не менее 2,5 м и соответствующие знаки безопасности. Это прямое указание на необходимость установки знака *P06 «Доступ посторонним запрещен»*. Если же в инструкции по охране труда упоминается о наличии опасного производственного фактора «Горячие поверхности с температурой, способной вызвать ожоги», следует дополнительно установить предупреждающий знак *W26 «Осторожно. Горячая поверхность»* и предписывающие знаки *M06 «Работать в защитных перчатках»* и *M07 «Работать в защитной одежде»*, а при наличии фактора «Возможно подтопление горячей водой с температурой более 70° С» – предупреждающий знак *W09 «Внимание. Опасность (прочие опасности)»* и предписывающий знак *M05 «Работать в защитной обуви»*.

Кроме того, нахождение баков-аккумуляторов за пределами теплоисточников создает угрозу проникновения на огороженную территорию населения, включая детей. Соот-



Рис. 2. Групповой знак, вывешиваемый на двери теплопункта



Рис. 3. Групповой знак, устанавливаемый при размещении баков-аккумуляторов вне территории теплоисточников

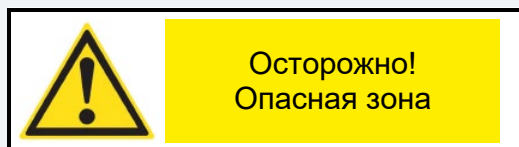


Рис. 4. Комбинированный знак, вывешиваемый на ограждении опасной зоны

ветственно, с целью максимального информирования окружающих об опасности желательно устанавливать дополнительные знаки. Полная версия группового знака в этом случае показана на рисунке 3.

### Реализация требований ТКП 459 к установке знаков безопасности

В п. 11.31 ТКП 459 указано: «При обнаружении свищей в паропроводах, коллекторах, корпусах арматуры необходимо срочно вывести работающих с аварийного оборудования, оградить опасную зону и вывесить знак безопасности: «Осторожно! Опасная зона». Вывод людей должен осуществлять руководитель (производитель) работ. Знаки безопасности для теплоустановок и тепловых сетей устанавливаются в соответ-



Рис. 5. Комбинированные знаки, вывешиваемые на отключающей арматуре (а), ключах управления ее электроприводами (б) и на месте работы (в)

ствии с ГОСТ 12.4.026-2015». Поскольку ГОСТ не предусматривает отдельного предупреждающего знака с требуемым значением, то на границе опасной зоны следует вывешивать знак W09 «Внимание. Опасность (прочие опасности)» с обязательным в этом случае дополнительным знаком в виде поясняющей надписи (рис. 4).

Пунктом 11.64 ТКП 459 предписано вывешивание знаков безопасности:

- 1) на отключающей арматуре: «Не открывать – работают люди»;
- 2) на вентилях открытых дренажей: «Не закрывать – работают люди»;
- 3) на ключах управления электроприводами отключающей арматуры: «Не включать – работают люди»;
- 4) на месте работы: «Работать здесь!».

Рассмотрим эти четыре случая.

В соответствии с формулировками первые три знака должны быть запрещающими, а последний – предписывающим. В первом и третьем случаях, исходя из значения надписей, необходимо вывешивать знак P10 «Не включать!» с поясняющей надписью. Поскольку нарушение указанных требований может привести к аварийной ситуации и (или) наступлению тяжелых последствий для жизни и здоровья людей, занимающихся техобслуживанием или ремонтом оборудования, для усиления воздействия рекомендуется вместе с основным знаком

использовать дополнительный. Требуемый комбинированный знак в первом случае будет иметь вид как на рисунке 5, а. В третьем случае вывешивается аналогичный знак с надписью «Не включать – работают люди».

Что касается второго случая, то запрещающего знака со значением «Не закрывать» нет, поэтому следует использовать знак P21 «Запрещение (прочие опасности или опасные действия)» с поясняющей надписью, а для усиления воздействия рекомендуется вместе с основным размещать дополнительный знак с требуемой надписью (рис. 5, б).

В последнем случае (размещение знака «Работать здесь!») предписывающий знак с требуемым значением отсутствует, вследствие чего необходимо вывешивать знак M11 «Общий предписывающий знак (прочие предписания)» с требуемой надписью на дополнительном знаке (рис. 5, в).

Знание персоналом, обслуживающим теплоиспользующие установки и тепловые сети, требований к знакам безопасности и умение «читать» их способствует снижению травматизма при проведении аварийных или строительно-монтажных работ, а также предотвращению несчастных случаев с населением, в том числе с детьми.

### Заключение

Правильная установка в зданиях и производственных помещениях знаков безопасности, корректное использование сигнальных цветов и разметки обеспечивают доведение информации о существующих опасных факторах до работников и значительно повышают общий уровень безопасности на объектах теплоснабжения.

Знание персоналом, обслуживающим теплоиспользующие установки и тепловые сети, требований к знакам безопасности и умение «читать» их способствует снижению травматизма при проведении аварийных или строительно-монтажных работ, а также предотвращению несчастных случаев с населением, в том числе с детьми.

С.Б. Сункуев, начальник группы энергогазинспекции теплотехнической группы Бобруйского МРО филиала Госэнергонадзора по Могилевской области

УДК 621.311.25:621.039.58(476)

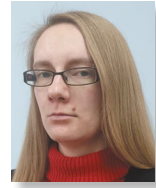
П.К. НАГУЛА,  
к.т.н., заведующий  
лабораторией  
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны»  
НАН Беларуси,  
Минск, Беларусь,  
nagulapk@mail.ru



Д.Л. ТРЕТИННИКОВ,  
старший научный  
сотрудник  
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны»  
НАН Беларуси,  
Минск, Беларусь,  
trdl@list.ru



А.В. ДОЙНИКОВА,  
научный сотрудник  
ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны»  
НАН Беларуси,  
Минск, Беларусь,  
sirius1991dav\_asa@mail.ru



# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДОРОДНОЙ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ НА БЕЛОРУССКОЙ АЭС ПРИ ТЯЖЕЛЫХ АВАРИЯХ

## Аннотация

В первой\* части статьи были рассмотрены стратегии обеспечения водородной взрывозащиты, критерии оценки возможности воспламенения водородсодержащей смеси, а также принцип действия каталитических рекомбинаторов водорода. Во второй части описывается функционирование системы удаления водорода при различных режимах работы АЭС (нормальные условия эксплуатации, нарушение нормальных условий эксплуатации, проектные аварии, тяжелые аварии). Приводится комплекс дополнительных мер по управлению водородной ситуацией в защитной оболочке здания реактора, осуществляемых оператором на внутрикорпусной стадии развития тяжелой аварии.

*Ключевые слова:* атомная электростанция, защитная оболочка, тяжелая авария, водородная безопасность, методы снижения содержания водорода

## Annotation

In the first\* part of the article, hydrogen mitigation strategies, criteria for assessing the possibility of ignition of a hydrogen-containing mixture were considered, and the operating principle of catalytic hydrogen recombiners was described. The second part describes the functioning of the hydrogen removal system under various operating modes of nuclear power plants (normal operation, anticipated operational occurrences, design basis accidents, severe accidents). A set of additional procedures performed by the operator to manage the hydrogen risk inside the containment of NPP during in-vessel stage of a severe accident is presented.

*Keywords:* nuclear power plant, containment, severe accident, hydrogen safety, hydrogen mitigation methods

*Статья поступила в редакцию  
10 ноября 2023 года*

## Часть 2

Обеспечение водородной взрывозащиты является неотъемлемой частью концепции безопасности АЭС и достигается комплексом мер, включающим оснащение станции специальными техническими средствами. На Белорусской АЭС в составе системы удаления водорода установлены 16 рекомбинаторов типа РВК-3 и 28 типа РВК-4 производства ИНПК «РЭТ» (Россия) [1]. Суммарная производительность всех рекомбинаторов по водороду составляет ~193 кг/ч при давлении 0,15 МПа, температуре 20 °С и объемной концентрации водорода более 4 об. % (нижний предел воспламенения).

\* Статья «Обеспечение водородной взрывозащиты на Белорусской АЭС при тяжелых авариях» (часть 1) опубликована в журнале «Энергетическая стратегия» № 6, 2023.

## Удаление водорода при различных режимах эксплуатации АЭС

Как при *нормальных условиях эксплуатации (НЭ)*, так и при *нарушении нормальных условий эксплуатации (ННЭ)* АЭС источниками образования водорода в помещениях под защитной оболочкой (ЗО) здания реактора согласно правилам обеспечения водородной взрывозащиты [2, 3] являются:

- выделение водорода, содержащегося в теплоносителе, при неорганизованных протечках 1-го контура;
- радиолитиз воды в топливном бассейне, шахтах ревизии и баках-приямках;
- коррозия конструкционных материалов.

Эти процессы приводят к образованию водорода в незначительных количествах. Вытяжная вентиляционная система, очищающая воздух под ЗО от радиоактивных аэро-

золей и йода, выбрасывает отфильтрованный воздух, содержащий водород, в атмосферу окружающей среды. Система осуществляет полную продувку воздушного объема под ЗО в течение двух суток. Этого времени недостаточно, чтобы накопилось существенное количество водорода. Соответственно, при НЭ и ННЭ включение системы удаления водорода не требуется, рекомбинаторы находятся в режиме ожидания.

При проектных авариях (ПА) с течью 1-го контура к образованию водорода в помещениях ЗО приводят следующие процессы:

- пароциркониевая реакция (основной источник);
- выделение водорода, растворенного в теплоносителе;
- радиолитиз воды в 1-м контуре, топливном бассейне и баках-приямках;
- радиолитиз пара в атмосфере ЗО;
- разложение гидразина и аммиака;
- коррозия металлических конструкций и покрытий.

При ПА максимальный проектный предел повреждения твэлов не превышает (доля прореагировавшего циркония составляет не более 1 % его общей массы) и условия для протекания интенсивной пароциркониевой реакции в активной зоне реактора не создаются.

Определяющим режимом для анализа протекания ПА является *максимальная проектная авария (МПА)* с гильотинным разрывом главного циркуляционного трубопровода (ГЦТ) и одновременным отказом источников электроснабжения. По расчетным оценкам проектировщиков, максимальная концентрация водорода при МПА достигает 1,3 об. %, что все еще значительно ниже предела воспламенения (<4 об. %).

Поскольку в объеме ЗО происходит достаточно хорошее перемешивание водородосодержащей смеси (ВСС), то со временем локальная концентрация водорода во всех помещениях выравнивается и по истечении суток снижается до ~0,7 об. %. Суммарный выход водорода от всех источников за 86 400 с (24 ч) протекания МПА и за 30 сут послеаварийного периода составляет приблизительно 100 кг.

Сжигание водорода посредством каталитического окисления в пассивных рекомбинаторах начинается при достижении повышенной концентрации водорода в помещении и продолжается до тех пор, пока она не снизится до безопасного значения. Так как водород накапливается в течение длительного времени, то проектной производительности системы удаления водорода достаточно для предотвращения возможности возгорания ВСС в помещениях ЗО.

**СПРАВОЧНО**

*Система пассивного отвода тепла через парогенераторы (СПОТ ПГ) обеспечивает длительный отвод остаточного тепла активной зоны к конечному поглотителю (водный объект или атмосфера) через 2-й контур при запроектных авариях.*

**Количество выброшенного, удаленного и оставшегося в помещениях водорода при протекании различных ТА**

Описание ТА	Временной интервал, с	Масса водорода, кг		
		выброшенного в течь	удаленного рекомбинаторами	оставшегося в помещениях ЗО
Течь Ду 850 мм	6600	430	205	225
Течь Ду 346 мм	6600	500	255	245
Течь Ду 279 мм	6600	445	225	220
Течь Ду 179 мм	6600	650	315	335
Течь Ду 80 мм	260 000	745	540	205
Течь Ду 40 мм	260 000	620	460	160
Отказ системы отвода остаточного тепла	31 000	785	535	250

*Тяжелые аварии (ТА)* с плавлением активной зоны реактора сопровождаются генерацией больших объемов водорода за счет протекания интенсивных пароциркониевой и паростальной реакций.

Для обоснования водородной безопасности российскими проектировщиками Белорусской АЭС был проведен детерминистический анализ следующих ТА с потерей теплоносителя из 1-го контура и одновременным отказом активной части системы аварийного охлаждения активной зоны (САОЗ):

- двусторонний разрыв ГЦТ Ду 850 мм;
- разрыв дыхательного трубопровода компенсатора давления (КД) Ду 346 мм;
- течь из сборной камеры реактора при разрыве подводящего патрубка гидроемкости Ду 279 мм;
- течь из холодной нитки 3-й петли при отрыве трубопровода впрыска системы компенсации давления Ду 179 мм;
- течь из холодной нитки ГЦТ Ду 80 мм;
- течь из холодной нитки ГЦТ Ду 40 мм.

Была также проанализирована ТА при отказе системы отвода остаточного тепла в режиме планового расхолаживания реактора с открытой крышкой.

При авариях с «малой» и «средней» течью (Ду ≤ 100 мм) естественная циркуляция теплоносителя сохраняется до начала осушения активной зоны за счет работы системы пассивного отвода тепла через парогенераторы (СПОТ ПГ). Для таких аварий характерно продолжительное истечение теплоносителя через разрыв с небольшим его расходом, при этом за весь аварийный период выбрасывается максимальное количество водорода (600–900 кг).

Для аварий с «большой» течью (Ду > 100 мм) характерен быстрый выход значительного объема теплоносителя через разрыв и прекращение циркуляции в 1-м контуре. Такие аварии отличаются высоким расходом теплоносителя в отдельные интервалы времени и меньшими массами водорода, выбрасываемыми через разрыв (300–500 кг).

Сравнительные данные о количестве водорода, образующегося при указанных ТА, приведены в таблице.

## Комплекс мер по управлению водородной ситуацией при ТА

Для проекта Белорусской АЭС при переходе за проектной аварии в тяжелую фазу предусмотрен комплекс дополнительных мер по управлению водородной ситуацией в ЗО на внутрикорпусной стадии развития ТА. Именно эта стадия является наиболее опасной с точки зрения вероятности образования взрывоопасных ВСС в объеме реактора и в атмосфере помещений под ЗО.

Для своевременного принятия оператором мер по управлению ТА необходимо определить условия, которые могут привести к тяжелому повреждению активной зоны реактора. Основная задача на этот период – диагностировать такое состояние реакторной установки (РУ), когда все ресурсы по управлению аварией исчерпаны и переход ее в тяжелую фазу неизбежен. Для РУ Белорусской АЭС таким состоянием является отсутствие расхода в линиях подачи воды насосами САОЗ.

Начало тяжелой фазы аварии определяется по ситуации, когда температура над активной зоной превышает величину, соответствующую температуре насыщения при давлении в 1-м контуре РУ.

В проекте принято, что переход от предотвращения развития ТА к смягчению ее последствий происходит при достижении предельного значения температуры над активной зоной (400 °С). С этого момента отменяются задачи по компенсации потери теплоносителя 1-го контура и восстановлению функции охлаждения активной зоны, а действия оператора направляются на применение дополнительных мер по управлению ТА путем регулирования распределения водорода по помещениям ЗО и увеличения концентрации водяного пара в объеме ЗО.

В соответствии с проектом Белорусской АЭС управление водородной ситуацией в ЗО осуществляется путем регулирования работы ряда систем.

*Управление работой спринклерной системы* позволяет регулировать количество пара в атмосфере помещений ЗО. Система запускается автоматически при достижении в ЗО давления 0,129 МПа. В случае аварии с течами 1-го контура при диагностировании угрозы возникновения ТА предусмотрено отключение либо формирование запрета на включение спринклерных насосов. Однако следует учитывать, что при запуске системы в течение 30 мин обеспечивается невмешательство оператора в управление ею. На поздних стадиях ТА, после уменьшения концентрации водорода до безопасных пределов, оператор может повторно включить спринклерные насосы для снижения выбросов из ЗО.

*Открытие клапанов САГ и ИПУ КД* используется для перераспределения водорода между помещениями ЗО. Когда температура над активной зоной достигает 400 °С, опе-

### СПРАВОЧНО

*Спринклерная система предназначена для снижения давления в режиме впрыска борированной воды под ЗО после аварии с целью поддержания в ЗО давления ниже расчетного при проектных авариях.*

### СПРАВОЧНО

*Импульсно-предохранительные устройства компенсатора давления (ИПУ КД) предназначены для защиты 1-го контура от превышения давления путем автоматического сброса рабочей среды из КД в барботер при аварийном повышении давления в 1-м контуре (выше 15 % от номинального при стационарном режиме) и при запроектных авариях.*

*Система аварийного газоудаления (САГ) обеспечивает удаление парогазовой смеси из 1-го контура (реактора, КД, коллекторов парогенераторов) и снижение давления в нем при проектных и запроектных авариях (совместно с ИПУ КД).*

ратор открывает клапаны на линии «КД – барботер» и начинается сброс пара из 1-го контура в барботер. При достижении давления в барботере 9,6 атм. абс. происходит разрыв предохранительной мембраны, что приводит к поступлению пара в отсек барботера и другие помещения ЗО. При «малых» и «средних» течах это позволяет перераспределить образовавшийся в ходе пароциркулирования реакции водород между помещениями, соответствующими локализации течи, и зоной размещения барботера. Более равномерное распределение улучшает водородную ситуацию, снижая вероятность детонации ВСС.

*Контроль скорости расхолаживания РУ* направлен на увеличение в объеме ЗО количества пара, поступающего в течь из 1-го контура, что приводит к уменьшению концентрации водорода. Расхолаживание РУ в аварийной ситуации может осуществляться за счет теплоотвода при работе СПОТ ПГ и/или быстродействующей редуцирующей установки сброса пара в атмосферу (БРУ-А). Количество тепла, отведенного во 2-й контур, влияет на темпы осушения активной зоны и, как следствие, на расход и энтальпию пара и водорода, поступающих в течь из 1-го контура.

Основная задача управления работой СПОТ ПГ и/или БРУ-А – это выбор такой скорости расхолаживания РУ, при которой отсутствует возможность образования взрывоопасных смесей водорода, кислорода и водяного пара в парогазовой среде помещений ЗО. Для контроля скорости можно варьировать количество и время включения/выключения каналов СПОТ ПГ или режим расхолаживания БРУ-А.

### Список литературы

1. Пассивные каталитические рекомбинаторы водорода [Электронный ресурс] // Русские энергетические технологии. – Режим доступа: <https://www.retech.ru/pkrv>. – Дата доступа: 27.09.2023.
2. Правила обеспечения водородной взрывозащиты на атомной станции: федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-040-02. – Введ. 01.09.2003. – М.: ФБУ «НТЦ ЯРБ», 2003. – 11 с.
3. Правила обеспечения водородной взрывозащиты на атомных электростанциях с реакторами типа ВВЭР: нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности [Электронный ресурс]: постановление М-ва по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь, 11 мая 2010 г., № 19. – Режим доступа: [https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/05e/postanovlenie\\_mchs\\_19.pdf](https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/05e/postanovlenie_mchs_19.pdf). – Дата доступа: 22.09.2023.

УДК 621.644.2.02:620.19

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

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

А.Я. САВАСТИЕНОК,  
к.т.н., доцент, заведующий кафедрой  
«Газоснабжение и МВТ» ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»,  
Минск, Беларусь,  
gmvt@gazinstitut.by

С.Ф. ГОРИЧЕНКО,  
заместитель начальника производственно-  
технического управления УП «МИНГАЗ»,  
Минск, Беларусь,  
gsf2003@mail.ru

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

## Аннотация

В статье представлен сравнительный анализ существующих методик оценки технического состояния и определения остаточного ресурса стальных подземных газопроводов с длительными сроками эксплуатации. Показаны их преимущества и недостатки. Представлена разработанная в УП «МИНГАЗ» методика диагностирования распределительных газопроводов, приведен пример ее использования для конкретного участка газопровода в г. Минске.

**Ключевые слова:** вывод из эксплуатации, газопровод, диагностирование, модернизация, промышленная безопасность, ресурс, срок эксплуатации, состояние

## Annotation

The article presents a comparative analysis of existing methods for assessing the technical condition and determining the residual life of steel underground gas pipelines with long service life. Their advantages and disadvantages are shown. The diagnostic methodology developed at UE "MINGAZ" for distribution gas pipelines is presented, and an example of its use for a specific section of a gas pipeline in Minsk is given.

**Keywords:** decommissioning, gas pipeline, diagnostics, modernization, industrial safety, resource, service life, condition

*Статья поступила в редакцию  
19 января 2024 года*

**А**ктуальность оценки состояния оборудования газораспределительной системы Республики Беларусь обусловлена в первую очередь физическим старением стальных газопроводов. Их доля в общей протяженности распределительных газовых сетей (свыше 66 тыс. км) составляет 45 %, при этом около 20 % из них (свыше 5,58 тыс. км) эксплуатируются более 40 лет. Еще более серьезная ситуация в этом плане сложилась в г. Минске и Минском районе, где этот показатель превысил 40 % (1,42 тыс. км).

Необходимость и целесообразность технического диагностирования подземных стальных газопроводов регламентируется Правилами по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения [1], согласно которым состояние газопровода определяется на основании результатов технического обследования.

В соответствии [2] задачами диагностирования технических устройств, к которым относятся и газопроводы, являются контроль и прогнозирование технического состояния, поиск места и определение причин отказа (не-

исправности) и т.д. По результатам диагностирования принимается одно из следующих решений [3]:

- продолжение эксплуатации при установленных параметрах;
- то же с ограничением рабочих параметров;
- проведение ремонта;
- модернизация, доработка (реконструкция);
- использование по иному назначению;
- вывод из эксплуатации.

Для определения срока продления безопасной эксплуатации технического устройства, оборудования, сооружения существуют два основных способа [2]:

- оценка соответствия состояния элементов объекта требованиям приемо-сдаточных заводских испытаний и технических условий, по итогам которой принимается решение о продлении эксплуатации;
- установление расчетным, экспериментальным или экспертным путем параметров предельного состояния объекта и определение наработки до предельного состояния, сопоставляемой с расчетным сроком службы.

## Метод оценки технического состояния стальных газопроводов, используемый в России

Рассмотрим практику планового технического диагностирования стальных газопроводов, распространенную в Российской Федерации. В соответствии с [4] в ходе данной процедуры решаются следующие задачи:

- оценка фактического технического состояния;
- установление остаточного срока службы (предельного срока эксплуатации);
- разработка рекомендаций по обеспечению безопасной эксплуатации до прогнозируемого перехода в предельное состояние.

Периодичность проведения планового технического диагностирования газопровода устанавливается по результатам оценки его фактического состояния либо по достижении срока эксплуатации, установленного проектной документацией.

В зависимости от наличия выявленных в процессе диагностирования дефектов, повреждений и их динамики остаточный ресурс газопровода устанавливается по одному или нескольким из следующих критериев:

- 1) вероятность возникновения отказов;
- 2) коррозионное утонение стенок и изменение механических характеристик металла труб;
- 3) усталостное повреждение металла.

В случае одновременного использования нескольких критериев остаточный ресурс газопровода определяется по наименьшему из рассчитанных значений.

*Первый критерий* – вероятность возникновения отказов, обусловленных техническим состоянием,  $P_{тс}$  – комплексно учитывает условия эксплуатации газопровода и выявленные при его диагностировании дефекты, повреждения и динамику их возникновения. Оценка  $P_{тс}$  выполняется для двух условий:

- наличие дефектов и повреждений, выявленных при диагностировании газопровода ( $P_{тс1}$ , соответствует фактическому техническому состоянию);
- устранение выявленных дефектов и повреждений ( $P_{тс2}$ , соответствует периоду дальнейшей безопасной эксплуатации до истечения остаточного ресурса).

Допустимость дальнейшей безопасной эксплуатации газопровода до истечения его остаточного ресурса определяется путем сравнения значений двух вероятностей возникновения отказов – обусловленной техническим состоянием ( $P_{тс}$ ) и установленной в качестве допустимой ( $P_{д}$ ).

Для газопроводов, возникновение отказов на которых может сопровождаться нанесением ущерба третьим лицам и окружающей среде, рекомендуется устанавливать  $P_{д} \leq 0,05$ . При соблюдении условия  $P_{тс} < P_{д}$  допускается продление эксплуатации газопровода до истечения остаточного ресурса. Рекомендуемые значения степени и корректирующих коэффициентов опасности дефектов и повреждений, максимальных вероятностей их обнаружения, полученные из статистических данных, приведены в табличном виде в [4].

При применении *второго критерия* для участков газопровода, на которых обнаружено обширное коррозионное утонение стенок труб, остаточный ресурс определяется на основе информации о фактических параметрах коррозионных дефектов и физико-механических характери-

стиках труб, полученной при проведении технического диагностирования. Рекомендуемая методика определения остаточного ресурса газопровода по этим признакам приведена в [4, приложение № 19].

Для участков газопровода, на которых при проведении диагностирования обнаружены вышеуказанные дефекты, остаточный ресурс определяется по формуле

$$T_{пр} = (c_{ф} - c_{д}) \omega_{ср}, \quad (1)$$

где  $c_{ф}$  – фактическая глубина коррозионного повреждения, мм;  $c_{д}$  – допустимая глубина коррозионного повреждения, мм;  $\omega_{ср}$  – средняя скорость коррозии, мм/год.

При отсутствии информации о предыдущих измерениях глубины коррозионных повреждений на диагностируемом участке газопровода допустимо оценивать значение средней скорости коррозии по экспериментальным или справочным данным, которые в табличной форме приводятся в [4].

Третий критерий применяется, когда на диагностируемом газопроводе обнаруживаются зоны концентрации напряжений, где процессы коррозии, усталости и ползучести металла развиваются наиболее интенсивно. Остаточный ресурс газопровода в этом случае следует рассчитывать в соответствии с рекомендациями применяемого при диагностировании метода.

Основным недостатком методики диагностирования технического состояния газопроводов, применяемой в Российской Федерации, является то, что ее реализация требует значительных трудовых и материальных ресурсов.

## Балльная методика

В Республике Беларусь до выхода новой редакции Правил по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения [1] диагностирование газопроводов газоснабжающими организациями производилось по балльной методике [5]. В соответствии с ней объектом технического диагностирования является газопровод, построенный по одному проекту, имеющий одну исполнительную документацию и один строительный паспорт, транспортирующий газ одного давления согласно проектной документации.

Основными критериями, определяющими техническое состояние газопровода и сооружений на нем после нормативного срока эксплуатации, являются:

- герметичность;
- состояние изоляционных покрытий;
- состояние металла трубы;
- накопленная поврежденность в основном материале трубы;
- качество сварных соединений;
- коррозионная опасность.

Кроме указанных критериев при определении возможности дальнейшей эксплуатации подземных газопроводов учитываются следующие факторы:

- год постройки газопровода;
- давление в газопроводе;
- наличие и эффективность работы средств электрозащиты;

- плотность застройки территории;
- план строительства, реконструкции или ремонта дорожных покрытий, расположенных на трассе газопровода.

При проведении диагностирования газопровода выявляются имеющиеся дефекты и повреждения металла труб (в том числе сварных соединений), защитного покрытия и технических устройств, установленных на газопроводе.

Для оценки состояния изоляционного покрытия и металла труб следует отрывать не менее одного контрольного шурфа длиной 1,5–2 м на каждые 500 м в местах наибольшего повреждения изоляции (для газопроводов-вводов – на каждые 200 м). На газопроводах, получивших по состоянию металла оценку 2 балла, также проводятся исследования физико-механических свойств материала трубы, для чего производится отбор его проб в виде катушек длиной не менее 500 мм в двух шурфах, отрываемых на каждые 500 м в местах с наибольшими повреждениями изоляции.

Газопроводы, получившие общую оценку от 11 до 13 баллов, назначаются на перекладку или ремонт. При оценке от 14 до 18 баллов срок службы газопровода продлевается на 5 лет, 19 баллов и выше – на 10 лет (то же при втором обследовании газопровода). При всех последующих обследованиях срок службы продлевается на 5 лет при получении 14 и более баллов.

Основным недостатком данного метода является то, что при значительном объеме затрачиваемых трудовых и материальных ресурсов оценить оставшийся ресурс диагностируемого объекта не представляется возможным. При этом продление срока службы для одного и того же объекта может проводиться не один раз. Например, для газопровода 1958 года постройки, находящегося на балансе УП «МИНГАЗ», на текущий момент срок службы продлевался уже 5 раз.

К недостаткам метода также следует отнести излишнее число контрольных операций, результаты которых имеют значение только для осуществления нормального технологического процесса при строительстве газопровода и не характеризуют его работоспособность после продолжительной эксплуатации.

### Новая методика оценки надежности подземных стальных газопроводов

Оба приведенных выше подхода к диагностированию технического состояния стальных подземных газопроводов предусматривают шурфовый способ доступа к объекту исследования. В частности, размеры шурфа для диагностирования газопровода низкого давления в городской черте составляют 1,5×2 м. Следовательно, при общем количестве шурфов, равном 5 на 1000 м газопровода, длина участка, на котором с применением приборного контроля можно оценить состояние объекта, составляет примерно 10 м (1 % от общей длины).

С целью совершенствования методов диагностирования технического состояния газораспределительной сети в УП «МИНГАЗ» разработана методика оценки надежности газопровода и продления его ресурса с учетом агрегированных статистических данных.

Методика основана на тезисе, что надежность объекта на стадии эксплуатации можно описать зависимостью интенсивности отказов объекта от времени эксплуатации.

В период износа функция надежности в соответствии с распределением Вейбулла [6] имеет вид

$$P(t) = \exp(-\lambda t^\alpha), \quad (2)$$

где  $t$  – момент диагностики (количество полных лет эксплуатации, считая от даты предыдущего диагностирования);  $\lambda$  – интенсивность отказов (параметр потока отказов),  $1/(\text{км} \cdot \text{год})$ ;  $\alpha$  – параметр формы кривой.

Интенсивность отказов, характеризующая скорость их возникновения в различные моменты работы объекта, вычисляется по формуле

$$\lambda = \Delta n(t)/(N_p \Delta t), \quad (3)$$

где  $\Delta n(t)$  – число отказавших элементов за промежуток времени  $\Delta t$ ;  $N_p$  – число работоспособных элементов на момент диагностики  $t$ .

Интенсивность отказов  $\lambda$  и время  $t$ , за которое газопровод достигнет плановой надежности  $P_{\text{пл}}$  (время продления ресурса), определяются следующим образом:

– в период нормальной эксплуатации:

$\lambda$  принимается постоянной величиной из условия

$$t = -\ln(P_{\text{пл}}) / \lambda; \quad (4)$$

– в период износа:

$$\lambda(t) = \lambda \alpha t^{\alpha-1}, \quad (5)$$

$$t = (-\ln(P_{\text{пл}}) / \lambda)^{1/\alpha}. \quad (6)$$

Видно, что при значении параметра формы  $\alpha$ , равном 1, распределение Вейбулла принимает вид распределения Пуассона. Период износа характеризуется значениями  $\alpha$ , большими 1.

Параметр формы кривой  $\alpha$  определяется исходя из условий эксплуатации:

- для межпоселковых газопроводов  $\alpha = 1,1$ ;
- для газопроводов в черте населенных пунктов  $\alpha = 1,2$ ;
- для газопроводов в грунтах с высокой коррозионной активностью  $\alpha = 1,2$ ;
- для газопроводов в грунтах с высокой коррозионной активностью и при наличии опасного влияния блуждающих токов  $\alpha = 1,3$ .

При перерывах в работе электрозащитной установки больше нормативных, если защитный потенциал не обеспечивался соседними установками, значение  $\alpha$  увеличивается на 0,05.

Расчет по формуле (6) в предположении, что начался период износа, является расчетом с запасом. Плановая надежность  $P_{\text{пл}}$  принята равной 0,98.

При расчете параметров потока отказов использован принцип сравнения геометрических размеров трубы и повреждения газопровода. Один километр газопровода диаметром 57 мм имеет площадь поверхности 179 млн мм<sup>2</sup>.

Соответственно, 1 мм<sup>2</sup> площади отверстия при утечке газа составляет долю площади поверхности трубы, равную 5,6 · 10<sup>-9</sup>. Следует учитывать, что минимальная длина вставки в газопровод при ликвидации аварии составляет 0,5 м, поэтому в первом приближении принимаем, что утечке газа соответствует интенсивность отказов 0,0005 1/(км · год). В соответствии с формулой (3) данное значение получаем, если представить участок газопровода протяженностью 1 км состоящим из элементов по 50 см.

При расчете параметров потока отказов используется также принцип приведения к одинаковому диаметру и толщине стенки трубы. Чем больше диаметр трубы и чем меньше толщина стенки, тем больше вероятность утечки. В качестве базовой примем трубу 57×3. Отношение ее наружного диаметра к толщине стенки (SDR) составляет 19. Для трубы 273×5 SDR = 54,6. При приведении к одинаковому диаметру и толщине стенки получаем коэффициент K = 54,6/19 = 2,87. Поэтому для трубы 273×5 утечке газа соответствует поток отказов 0,00144 1/(км · год).

В общем виде для газопровода любого диаметра с любой толщиной стенки параметр потока отказов (на каждую утечку газа) определяется по формуле

$$\lambda_i^{TP} = \frac{SDR_i}{19} \cdot 0,0005. \quad (7)$$

Для контакта «труба – земля» примем следующие коэффициенты:

– без коррозии (вариант к1) – коэффициент 0,1:

$$\lambda_i^{k1} = 0,1 \cdot \lambda_i^{TP}; \quad (8)$$

– с коррозией до 30 % толщины стенки трубы (вариант к2) – коэффициент 0,2:

$$\lambda_i^{k2} = 0,2 \cdot \lambda_i^{TP}; \quad (9)$$

– с коррозией более 30 % толщины стенки трубы (вариант к3) – коэффициент 0,5:

$$\lambda_i^{k3} = 0,5 \cdot \lambda_i^{TP}. \quad (10)$$

Для диагностируемого газопровода или его выделенного участка (далее – газопровод) общий параметр потока отказов определяется по формуле

$$\lambda_i = k_{TP} \lambda_i^{TP} + k_1 \lambda_i^{k1} + k_2 \lambda_i^{k2} + k_3 \lambda_i^{k3}, \quad (11)$$

где k<sub>i</sub> – количество повреждений одного типа.

Если длина повреждения изоляции более 0,5 м, каждые 0,5 м считаются за одно повреждение, но не более λ<sub>i</sub><sup>TP</sup>.

Если газопровод состоит из участков различных диаметров, количество выявленных дефектов приводится к 1 км по формуле

$$\lambda = \frac{\lambda_1 l_1 + \lambda_2 l_2}{l_1 + l_2}. \quad (12)$$

Если газопровод на всем протяжении одного диаметра, количество выявленных дефектов приводится к 1 км по формуле

$$\lambda = \frac{\lambda_i}{l_i}, \quad (13)$$

где l<sub>i</sub> – длина диагностируемого участка, км.

При наличии утечек газа за период эксплуатации до года текущей оценки или в последний год эксплуатации параметр потока отказов на 5-й год от текущего рассчитываем по формуле (5) с подстановкой значения времени:

$$\lambda(5) = \lambda \alpha (5^{\alpha-1}). \quad (14)$$

Время, за которое газопровод достигнет плановой надежности (время продления ресурса), определяем по формуле (6), подставляя значение λ, прогнозируемое через 5 лет.

В таблице 1 приведены значения расчетных параметров потока отказов стальных газопроводов в зависимости от их диаметра и толщины стенки.

Таблица 1. Значения параметров потока отказов для стальных газопроводов

Диаметр газопровода / толщина стенки, мм	Параметры потока отказов, 1/(км · год)			
	λ <sub>i</sub> <sup>TP</sup>	λ <sub>i</sub> <sup>k1</sup>	λ <sub>i</sub> <sup>k2</sup>	λ <sub>i</sub> <sup>k3</sup>
57/3	0,00050	0,00005	0,00010	0,00025
76/3,5	0,00057	0,00006	0,00011	0,00029
89/3	0,00078	0,00008	0,00016	0,00039
108/3,5	0,00081	0,00008	0,00016	0,00041
114/3,5	0,00086	0,00009	0,00017	0,00043
133/3,5	0,00100	0,00010	0,00020	0,00050
159/4	0,00105	0,00010	0,00021	0,00052
219/4	0,00144	0,00014	0,00029	0,00072
273/4	0,00180	0,00018	0,00036	0,00090
325/4,5	0,00190	0,00019	0,00038	0,00095
325/5	0,00171	0,00017	0,00034	0,00086
377/5,5	0,00180	0,00018	0,00036	0,00090
426/5	0,00224	0,00022	0,00045	0,00112
530/5,5	0,00254	0,00025	0,00051	0,00127
630/9	0,00184	0,00018	0,00037	0,00092

### Апробация методики УП «МИНГАЗ»

В целях апробации методики был исследован газопровод 1969 года постройки в г. Минске на участке по ул. Авакяна от дома 28 до дома 30, корпус 1.

Характеристики объекта согласно проектной документации и схеме размещения объекта:

- год постройки и ввода в эксплуатацию – 1969;
- общая протяженность – 372,85 м;
- диаметр, толщина стенки, мм (длина участка, м): 57×3,5 (100,55), 159×5 (82,40), 325×9 (189,90);

Таблица 2. Исходные данные и результаты расчета параметра потока отказов  $\lambda$ , 1/(км · год)

Виды повреждений	Расчетные значения для диаметра газопровода			Количество повреждений / расчетные значения с учетом количества повреждений для исследуемого участка		
	57 мм	159 мм	325 мм	57 мм	159 мм	325 мм
Утечка газа	0,00043	0,00084	0,00095	0/0	0/0	2/0,0019
Контакт «труба – земля» без коррозии	0,00004	0,00008	0,00009	1/0,00004	1/0,00008	0/0
Коррозия до 30 % толщины стенки	0,00009	0,00017	0,00019	0/0	0/0	0/0
Коррозия более 30 % толщины стенки	0,00021	0,00042	0,00047	0/0	0/0	0/0
Длина исследуемого участка, км				0,10055	0,0824	0,1899
Сумма значений для исследуемого участка				0,00004	0,00008	0,0019
Параметр формы $\alpha$ для газопроводов, эксплуатируемых в черте населенных пунктов				1,2		
Параметр потока отказов для исследуемого участка газопровода в целом, 1/(км · год)				0,001		
Параметр потока отказов в случае утечки по формуле (14), 1/(км · год)				0,00165		

- рабочее давление – 0,0005 МПа;
- тип защитного покрытия – весьма усиленное, материал – стеклоткань, конструкция – битумно-мастичная.

Данные о типе и дате ввода ЭХЗ отсутствуют.

Исходные данные для расчета приняты на основе информации, имеющейся в эксплуатационной документации.

Результаты расчета представлены в таблице 2. Так как выделенный для диагностирования участок газопровода состоит из труб разных диаметров, значения параметров потока отказов определяются для каждого диаметра отдельно.

Результаты расчета по выделенным участкам газопровода показали, что надежность газопровода  $P(t) = \exp(-\lambda \cdot 5^{\alpha})$  составила 0,989, что превышает плановую. Время продления ресурса по плановой надежности  $t = (-\ln(P_{пл}) / \lambda_{пл})^{1/\alpha}$  составило 8,07 года, то есть выше минимального продленного срока безопасной эксплуатации газопровода (5 лет).

### Выводы

1. Применяемый в Российской Федерации метод технического диагностирования основан на определении параметров фактического технического состояния диагностируемого объекта, дальнейшем сравнении этих параметров с их расчетными значениями, характеризующими наступление предельного состояния объекта, и сопоставлении с расчетным (проектным) сроком службы. К недостаткам метода можно отнести значительные трудовые и материальные затраты на его реализацию.

2. Балльный метод оценки технического состояния подземных газопроводов, выработавших нормативный срок службы, применяемый в Республике Беларусь, основан на оценке соответствия состояния элементов газопровода требованиям технической документации на строительство. Решение о продлении эксплуатации газопровода принимается по итогам такой оценки. Метод также многозатратен, к тому же не предполагает определение

параметров предельного состояния объекта, что, в свою очередь, не позволят установить его предельный срок службы.

3. Разработанный в УП «МИНГАЗ» метод является наиболее прогрессивным из рассмотренных, так как основан на определении параметра потока отказов, учитывающего все эксплуатационные факторы, фиксируемые на протяжении жизненного цикла объекта. Метод позволяет с заданным уровнем надежности определить сроки следующего технического диагностирования.

### Список литературы

1. Об утверждении Правил по обеспечению промышленной безопасности в области газоснабжения [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 05 дек. 2022 г., № 66 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2023.
2. Техническая диагностика. Термины и определения: ГОСТ 20911-89. – Введ. 01.01.91. – Москва: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2009. – 11 с.
3. Техническое диагностирование и продление назначенного ресурса (назначенного срока службы) безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений. Общие положения: ТКП 054-2007 (02300). – Введ. 01.05.2007 (впервые). – Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2007. – 37 с.
4. Системы газораспределительные. Сети газораспределения. Определение продолжительности эксплуатации стальных наружных газопроводов при проектировании: ГОСТ Р 58094-2018. – Введ. 04.04.2018. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2018. – 19 с.
5. Инструкция по техническому диагностированию подземных стальных газопроводов [Электронный ресурс]: утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору Российской Федерации, 06 февраля 2017 г. // КонсультантПлюс. Россия / ЗАО «Консультант Плюс». – М., 2017.
6. Инструкция по оценке технического состояния подземных газопроводов, выработавших нормативный срок службы: утв. концерном «Белтопгаз» М-ва энергетики Респ. Беларусь 20.05.05. – Минск: НГРУП «Белгазтехника», 2005. – 180 с.
7. Основы теории надежности и технической диагностики: конспект лекций / А.В. Федотов, Н.Г. Скабкин. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 64 с.

А.В. ДРОБОВ,  
м.т.н., начальник учебно-методического центра профессионального образования ГУО «Гомельский областной институт развития образования», Гомель, Беларусь, electr\_to@mail.ru



Д.В. МИРОШ,  
аспирант кафедры «Локомотивы» БелГУТ, Гомель, Беларусь, dimamiroshheat@gmail.com



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



# ДИАГНОСТИКА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИБРОАНАЛИЗАТОРА И СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

## Аннотация

Приведены основные неисправности асинхронных электродвигателей, причины их возникновения и способы обнаружения на ранней стадии развития с применением современных диагностических средств. Обоснован комплексный подход к диагностике электродвигателей, учитывающий ряд параметров их работы (вибрация, шум, температура) и позволяющий унифицировать процедуру проверки в межремонтный период. Описаны архитектура и процесс обучения сверточной нейронной сети на основе данных вибродиагностики подшипников с целью классификации их дефектов на три группы по степени тяжести.

**Ключевые слова:** диагностика асинхронных электродвигателей, сверточные нейронные сети, вибродиагностика, электрические машины, дефекты асинхронных электродвигателей

## Annotation

The main malfunctions of asynchronous electric motors, the causes of their occurrence and methods of detection at an early stage of development using modern diagnostic tools are presented. An integrated approach to the diagnostics of electric motors is substantiated, taking into account a number of parameters of their operation (vibration, noise, temperature) and making it possible to unify the testing procedure during the overhaul period. The architecture and process of training a convolutional neural network based on vibration diagnostics data of bearings is described in order to classify their defects into three groups according to severity.

**Keywords:** diagnostics of asynchronous electric motors, convolutional neural networks, vibration diagnostics, electrical machines, defects of asynchronous electric motors

*Статья поступила в редакцию  
2 ноября 2023 года*

**В**недрение на производстве технической диагностики с применением современных информационных технологий позволяет более точно устанавливать межремонтные сроки, предупреждать аварийные дефекты и износ, сокращать количество сборочно-разборочных операций. Главным преимуществом диагностических комплексов является возможность обследовать исправное оборудование без вмешательства в его работу. Существующая планово-предупредительная система ремонтов электродвигателей требует совершенствования,

так как не учитывает новые технические средства диагностики и технологии их применения [1].

### Применение асинхронных электродвигателей в железнодорожной отрасли Беларуси

Исследование потенциала повышения энергоэффективности тягового подвижного состава Белорусской железной дороги (БЖД) показывает, что главным элементом железнодо-

рожной инфраструктуры, определяющим ее эксплуатационные показатели (и, как следствие, эффективность, экономичность и безопасность транспортной системы Беларуси в целом), является локомотив [2]. Основным агрегатом в его конструкции является электродвигатель, от качества техобслуживания и диагностики которого зависит функциональность локомотива.

Предметом исследования [3], опубликованного в журнале (№ 4, 2023), было диагностирование неисправностей трансформаторов системы электроснабжения БЖД на основе

сверточных нейронных сетей (СНС). В настоящей статье рассматривается применение СНС при диагностике асинхронных электродвигателей (АЭД) локомотивов.

Асинхронный привод на тяговом подвижном составе БЖД применяется на электровозах и электропоездах. Сравнительно новыми являются АЭД грузовых электровозов БКГ1 и БКГ2. Их исследование представляет интерес, однако на данный момент электровозы этой серии составляют лишь 10 % от общего парка, а техническая документация на их отдельные узлы и агрегаты является закрытой. В свою очередь, электровозов ВЛ80С значительно больше, АЭД на них используются в сопоставимом количестве, а документация имеется в достаточном объеме, как и различные данные по диагностике АЭД.

Согласно [4] основные неисправности АЭД в железнодорожной отрасли распределяются следующим образом:

- около 80 % – повышенная шумность при работе, межвитковые КЗ, неисправности подшипникового узла;
- около 11 % – пробой трехфазной обмотки статора, последствия некачественного техобслуживания;
- около 11 % – редкие случаи неисправностей.

В настоящей работе использовались данные диагностики АЭД, имеющихся в распоряжении локомотивного депо Барановичи (около 1000 выборок). Анализ их неисправностей позволяет сделать выводы, отличные от статистики, имеющейся в литературных источниках для АЭД общепромышленного назначения.

Так, у АЭД электровозов ВЛ80С (АЭ92-4 мощностью 40 кВт и АНЭ225L4УХЛ2 мощностью 55 кВт) неисправности подшипникового узла преобладают над межвитковыми КЗ в обмотке статора, что можно объяснить прямым включением АЭД и достаточно частым включением/выключением.

У тяговых АЭД электровозов серии БКГ (4FIA7058 мощностью 1250 кВт) неисправности выявляются исключительно в подшипниковых узлах. Это связано с тем, что подшипники служат опорой массы всего электровоза и воспринимают ударные нагрузки от взаимодействия колесных пар с рельсами.

С ростом габаритов и мощности АЭД требования к надежности подшипников повышаются. Кроме того, можно предположить, что часть неисправностей развивается за счет уже имеющихся дефектов в подшипниковых узлах. При обнаружении этих дефектов на ранней стадии многие АЭД могли бы эксплуатироваться еще длительное время. Поэтому комплексный подход, учитывающий взаимное влияние ряда факторов и параметров на работоспособность АЭД, позволил бы повысить достоверность результатов диагностирования и, как следствие, снизить число аварийных отказов.

**Электрические и механические дефекты АЭД**

Вид дефекта	Признаки дефекта
<b>Электрические дефекты</b>	
Замыкание на корпус	Медленный рост частоты вращения, нагрев ротора даже при малой нагрузке
Межфазный пробой изоляции	Сильная вибрация, низкочастотный шум, несимметрия токов в фазах, быстрый местный нагрев
Обрыв проводников в обмотке статора	Несимметрия токов, быстрый нагрев одной из фаз
Обрыв фазы	Ротор вращается медленно или не вращается вовсе
Обрыв стержня ротора	Повышенная вибрация, снижение частоты вращения под нагрузкой, пульсации тока статора во всех фазах
Межвитковое КЗ обмотки статора	Повышенный нагрев при номинальной нагрузке
Нарушение межлистовой изоляции сердечника магнитопровода	Превышение температуры (выгорание) отдельных участков магнитопровода, повышенный нагрев обмоток
<b>Механические дефекты</b>	
Чрезмерный износ подшипников	Повышенная вибрация вследствие нарушения соосности вала
	Появление сил одностороннего притяжения из-за эксцентриситета ротора, снижение частоты вращения, низкочастотный шум
Разрушение подшипников	Повышенная вибрация, появление сил одностороннего притяжения, увеличение шума
Деформация вала ротора	Появление эксцентриситета и сил одностороннего притяжения
Ослабление полюсов и сердечников	Повышенная вибрация при работе
Ослабление прессовки магнитопровода	Низкочастотный шум, повышенная вибрация
Засорение вентиляционных каналов	Местный или общий нагрев

**Основные дефекты АЭД и комплексный подход к их диагностированию**

Неисправности и повреждения электрических машин, вызывающие отказ, не всегда удается обнаружить путем внешнего осмотра, так как некоторые из них (в основном электрические) являются скрытыми и могут быть выявлены только после испытаний и разборки машины, то есть в процессе дефектации [5].

Применительно к АЭД дефекты можно подразделить на электрические и механические. В таблице представлены наиболее распространенные дефекты обеих групп и их признаки.

Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что такие признаки, как повышенная температура, шум и вибрация, встречаются очень часто. Контролируя эти признаки наряду с измерением основных параметров электрической машины, можно диагностировать большую часть основных неисправностей.

Одним из главных способов оценки состояния механической части электрической машины является вибродиагностика. По данным [4], на подшипниковые узлы приходится более трети от всех неисправностей АЭД. В связи с этим в качестве основного инструмента оценки их состояния и, возможно, для определения срока службы це-

лесообразно использовать именно вибродиагностику.

Примеры виброграмм, полученных в ходе диагностики подшипников электродвигателя ЭД118Б, с предварительным распределением по степени тяжести дефектов представлены на рисунке 1. Результаты были получены в локомотивном депо Гомель при помощи переносного виброанализатора СД-21 (рис. 2). Приборы этой серии используются для измерения уровней и спектральных характеристик вибрации с целью мониторинга состояния, диагностики и балансировки ротора. Всего имеющаяся в исследовании база данных содержит более 10 тыс. результатов обследований.



Рис. 2. Виброанализатор СД-21

Как было отмечено выше, к списку контролируемых параметров также относится температура. Это универсальный показатель, который можно использовать лишь совместно с другими измерениями. Полное представление о распределении температур может дать, например, исследование с помощью тепловизора (рис. 3).

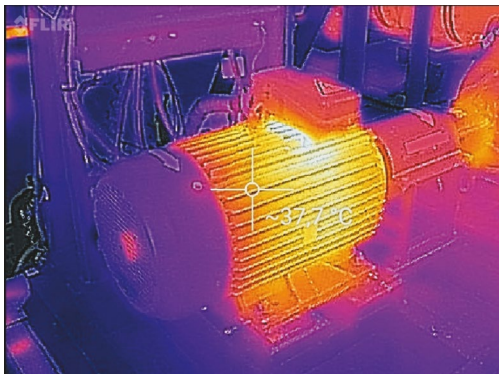


Рис. 3. Пример изображения, полученного при тепловизионном исследовании асинхронного двигателя

Используя программные комплексы, позволяющие создавать полноценные 3D-модели электрических машин с заданием различных параметров, можно отслеживать распределение тепловых полей на виртуальном образце (рис. 4). Это позволяет с большой точностью определять места максимальных температурных изменений. Впоследствии в этих местах можно установить датчики температуры, информация с которых отслеживается сравнительно недорогими электронными устройствами.

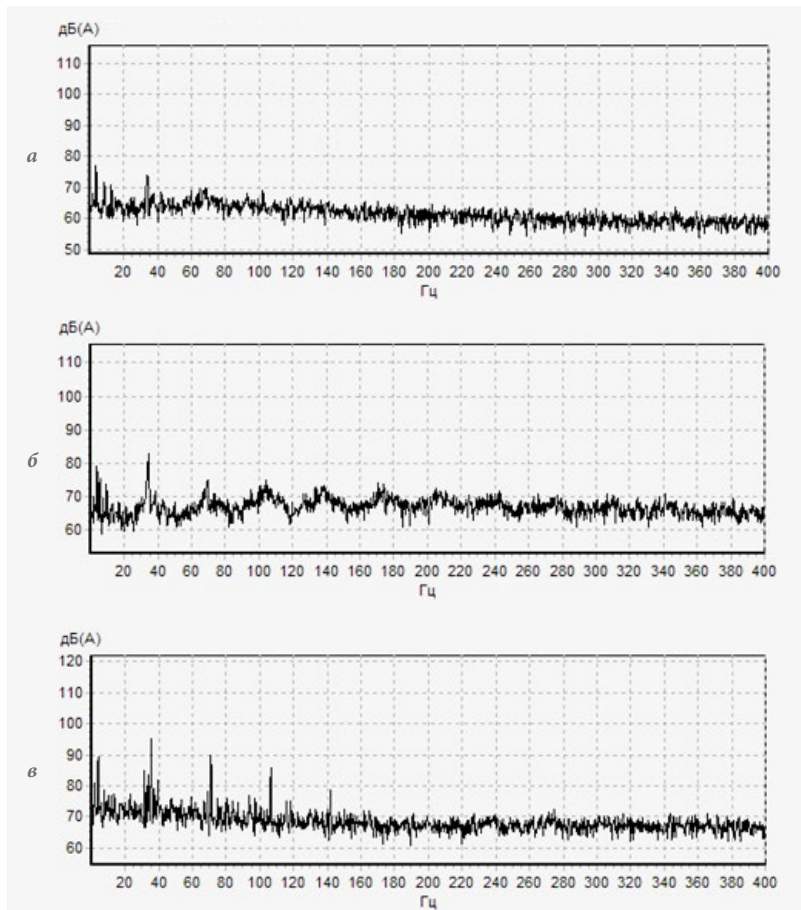


Рис. 1. Виброграммы для подшипника электродвигателя ЭД118Б:

*а – дефекты отсутствуют или незначительны; б – требуется повторное исследование узла раньше установленных сроков периодического контроля; в – требуется разборка узла с оценкой текущего состояния и объема обслуживания или ремонта*

Измерение виброанализатором СД-21 уровня шума, как и оценка температуры, является скорее вспомогательным исследованием. Следует отметить, что одновременный анализ показателей шума и температуры с помощью искусственных нейронных сетей при диагностике тяговых и вспомогательных трехфазных АЭД электровозов не проводится, хотя, по нашему мнению, он позволил бы не только с большей вероятностью выявлять дефекты на ранних стадиях, но и классифицировать их причины. Такой подход, с одной стороны, является комплексным, то есть рассматривает наиболее значимые для диагностики параметры. С другой стороны, он позволяет унифицировать процедуру проверки для однотипных электрических машин, что способствует разработке опытной продукции с учетом интересов конечного потребителя.

### Анализ данных вибродиагностики с помощью сверточной нейросети

Полученные в результате вибродиагностики диаграммы (рис. 1) использовались в качестве исходных данных для обучения сверточной нейронной сети (СНС), реализованной авторами на базе библиотек Theano, TensorFlow, Keras для языка Python 3.10. При рациональном выборе алгоритма обучения данная процедура позволяет автома-

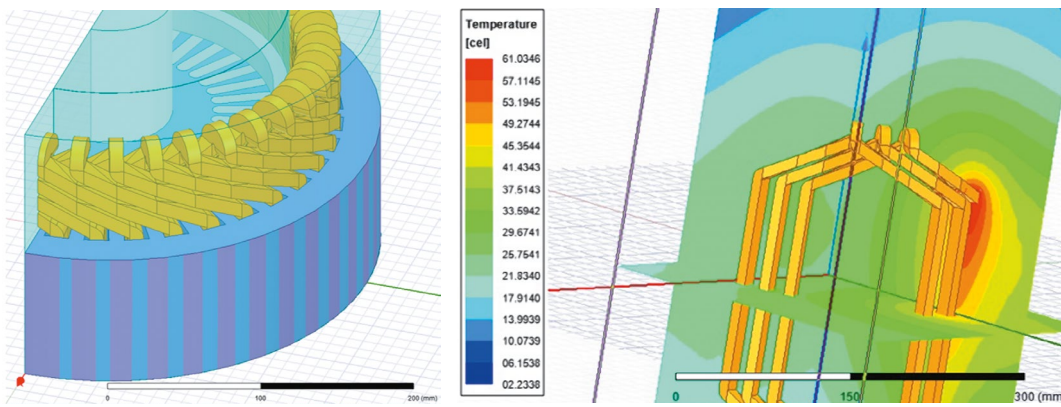


Рис. 4. Анализ распределения электромагнитных полей на 3D-модели обмотки статора АЭД  
AnsysElectronics

тизировать и унифицировать процесс диагностики, работать с зашумленными данными и устранять (сокращать) влияние человеческого фактора.

Созданная СНС имеет два сверточных слоя с пулингом (слой, выполняющий уменьшение размерности карт признаков путем объединения информации из соседних участков исходных данных). За ними следуют два полносвязных слоя и выходной слой для классификации дефектов на три группы по степени тяжести.

На основании исходных данных (виброграмм) в виде графического изображения с определенными размерами и некоторым запасом в слое Conv2D (Convolutional Layer1) количество фильтров (признаков) принимается равным 32. Большее число признаков потребует увеличения вычислительных мощностей.

Команда «Padding: 'same'» заполняет нулями края изображения для выполнения свертки. Функция активации ReLU (Rectified Linear Activation) использует входной размер (67, 88, 1) для одноканального (черно-белого) изображения. С целью предотвращения переобучения минимально возможный размер и шаг окна пулинга слоя MaxPooling2D (Pooling Layer1) принят (2, 2). Слой Conv2D (Convolutional Layer2) с количеством фильтров 64 позволяет увеличить число признаков и повысить точность обучения. При этом наиболее предпочтителен размер ядра свертки (5, 5). Слой MaxPooling2D (Pooling Layer2) аналогично первому слою (Pooling Layer1) уменьшает размерность данных. Преобразование многомерного массива данных в одномерный вектор осуществляется с помощью слоя Flatten. Слой Dense (Fully Connected Layer1) содержит 1024 нейрона, что связано с запасом вычислительной мощности и количеством нейронов на предыдущем слое.

Для обработки данных после сверточных и пулинг-слоев используется функция активации ReLU:

- задача классификации выполняется слоем Dense (FullyConnected Layer2) с тремя нейронами;
- функция активации Softmax преобразует выходы в вероятности принадлежности к разным классам.

Загруженная и предварительно обработанная картинка передается в модель «loaded\_model», и с помощью процедуры «predict» рассчитываются вероятности принадлежности к каждому из классов.

С помощью функции «predict» находится индекс класса с наивысшей вероятностью. Изображение передается в обученную модель «loaded\_model», и полученное предсказание выводится в удобном формате. Это позволяет использовать предварительно обученную модель для классификации новых изображений, не требуя повторного обучения. Точность прогнозирования новых ситуаций составила более 98,5 %.

Точность прогнозирования новых ситуаций составила более 98,5 %.

### Заключение

Внедрение в эксплуатацию современных средств контроля и диагностики, которые способны обнаруживать дефект на ранней стадии, а также сигнализировать об изменениях или отклонениях в работе оборудования, позволит предотвращать аварийные отказы, устанавливать оптимальный межремонтный период и продлевать срок службы оборудования.

Применение сверточных нейронных сетей для анализа данных вибродиагностики подшипников трехфазных асинхронных двигателей (на примере тяговых и вспомогательных АЭД электровозов) позволит:

- унифицировать процесс диагностики, не прибегая к созданию библиотек баз данных для каждого типа двигателя;
- устранить влияние человеческого фактора при анализе результатов;
- снизить стоимость диагностического исследования за счет привлечения специалиста с более низкой квалификацией;
- снижать вероятность ошибки с ростом числа исследований, увеличить точность прогнозирования для нейронной сети без учителя.

### Список литературы

1. Букшев, А.В. *Техническая и коммерческая эксплуатация судна: учеб. пособие* / А.В. Букшев. – СПб.: Изд. СПбГМТУ, 2006. – 86 с.
2. Дробов, А.В. *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. Мирош, Д.В. *Исследование потенциала повышения энергоэффективности тягового подвижного состава на Белорусской железной дороге: дис. ... маг. наук: 1-37 80 01 / Д.В. Мирош. – Гомель, 2021. – 111 с.*
4. Мирош, Д.В. *Анализ неисправностей асинхронных двигателей железнодорожной отрасли и предпосылки совершенствования их диагностики* / Д.В. Мирош, В.Н. Галушко, И.Л. Громыко // *Энергоэффективность*. – 2023. – № 4 (306). – С. 30–32.
5. Антонов, М.В. *Эксплуатация и ремонт электрических машин* / М.В. Антонов, Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец. – М.: Высш. шк., 1989. – 192 с.

А.В. ОСИПОВ,  
заместитель директора – начальник  
управления торфяного проектирования  
ГП «НИИ Белгипрогаз»



# МИРОВЫЕ РЕСУРСЫ ТОРФА: ЗАПАСЫ, ДОБЫЧА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Статья завершает серию обзоров современного состояния торфяной промышленности в ряде стран, включая Беларусь, опубликованных в журнале «Энергетическая стратегия» (№№ 1–4, 2023). В материале представлен обзор мировых запасов торфа и тенденций их использования в государствах Восточной, Западной и Северной Европы, а также Северной Америки и Африки.

**М**ировые запасы торфа оцениваются в 500 млрд т. В совокупности этот природный ресурс покрывает территорию площадью 176 млн га. При этом ежегодная добыча превышает 16 млн т, из них около 10 млн т используется на удобрения и вдвое меньше – в качестве топлива. На другие цели (бальнеология, производство активированных углей, текстиля и т.п.) уходит примерно 1 %. Крупнейшими в мире запасами торфа обладают Канада (170 млрд т), Россия (150 млрд т) и США (15 млрд т), однако лидерами по его добыче являются Беларусь, Финляндия и Германия (более 2 млн т ежегодно).

## Восточная Европа

Общие запасы торфа в **Республике Беларусь** оцениваются в 2,4 млрд т. Согласно Стратегии сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30 декабря 2015 г. № 1111, около 300 млн т имеющегося ресурса на площади около 100 тыс. га отнесены в разрабатываемый фонд.

На сегодняшний день Беларусь, наряду с Финляндией и Германией, является мировым лидером по добыче торфа. В 2023 году торфодобывающими предприятиями страны (включая организации ГПО «Белтопгаз» и ГПО «Белэнерго», компанию «Систэко-Двина») добыто около 2,3 млн т торфа. Порядка 90 % этого объема используется в республике для топливных нужд, прежде всего для производства торфяных брикетов. В последние годы активно развивается и нетопливное направление – производство верхового торфа и различных видов грунтов.

Доля Республики Беларусь в общем объеме мировой торфодобычи составляет около 15 %, в объеме производства торфяной топливной продукции – около 35 %.

Наиболее значительными запасами торфа в Евразии обладает **Российская Федерация**. Площадь месторождений страны составляет 568 тыс. км<sup>2</sup>, общие запасы оцениваются в 150 млрд т, из них 11,5 млрд т относятся к детально разведанным, 6,1 млрд т – к предварительно разведанным. Значительный потенциал для разработки составляют легко извлекаемые и перспективные неразведанные запасы – около 29 млрд т [1].

Торфяные залежи распределены по территории России неравномерно: основная часть находится в северо-западной части страны, в Западной Сибири и на Камчатке. На сибирские торфяники приходится 75 % общих запасов торфа.

В 1960–1970-х годах в РСФСР добывалось 100 млн т торфа в год, страна занимала лидирующие позиции в мире. С начала 90-х годов объемы добычи как для топливных нужд, так и для сельского хозяйства резко снизились. По данным компании «РосБизнесКонсалтинг», в последние

годы в России добыча торфа варьировалась от 1 млн т (2017) до 2,1 млн т (2021), в среднем же ежегодно добывалось около 1,6 млн т этого ресурса [1].

В **Латвии** добыча торфа является традиционным видом деятельности. Болота покрывают 10,7 % территории страны. Общие геологические запасы торфяного сырья оцениваются в 1,5 млрд т.

В последние годы уровень добычи торфа в стране стабильно превышает 1 млн т. По данным Латвийской торфяной ассоциации, в 2022 году этот показатель составил 1,31 млн т, увеличившись на 60 тыс. т по сравнению с 2021 годом [2]. При этом до 20 % от общего объема добычи составляет резной торф. Доля топливного торфа незначительна – порядка 30 тыс. т (чуть более 2 %). Производство торфобрикетов в стране было прекращено в 2001 году.

Торфяные месторождения **Эстонии** занимают почти четверть территории страны при общей площади болот около 1 млн га. Геологические запасы торфа оцениваются приблизительно в 2,37 млрд т, в том числе 1,6 млрд т сосредоточены на месторождениях площадью более 10 га с глубиной залегания торфа более 0,9 м. Преобладает низинный тип торфа (около 77 %), что характерно и для Беларуси.

В последнее десятилетие годовая добыча торфа в стране, по данным Эстонской ассоциации производителей торфа, варьировалась от 517 тыс. т (2016) до 1,1 млн т (2022). По пред-

варительным данным указанной организации, объем добычи в 2023 году оценивается на уровне 2022 года [3].

При этом возрастает доля торфа, добываемого для производства грунтов. Большая часть выпускаемой торфопroduкции экспортируется. Из-за активного развития возобновляемой энергетики и снижения спроса на торфяные топливные брикеты их производство было прекращено в середине 2010-х годов.

Запасы торфа в **Литве** оцениваются в 560 млн т. Ежегодная добыча приближается к 0,5 млн т, в том числе примерно 50 тыс. т составляет топливный торф (40 тыс. т – фрезерный, около 10 тыс. т – кусковой) [4].

Большинство торфяных месторождений **Польши** расположены в северных и восточных районах страны. Их площадь составляет около 12 тыс. км<sup>2</sup>. Геологические запасы торфа оцениваются в 5,4 млрд т. Добыча ведется в основном на Подляшье, ее годовой объем составляет 200–300 тыс. т торфа, который используется преимущественно в сельском хозяйстве [5].

Общая площадь разрабатываемых торфяных месторождений в **Чехии** – около 200 га. В последние годы общий объем добычи составляет 30–40 тыс. т. Весь добываемый торф используется для производства грунтов.

## Западная Европа

Большинство торфяных месторождений **Германии** находится в северной части страны – в Нижней Саксонии, Померании и Бранденбурге. Общая площадь торфяников составляет 14 тыс. км<sup>2</sup>, запасы торфа – 157 млн т. Разработка месторождений ведется в основном в Нижней Саксонии, где добывается более 90 % немецкого торфа.

В последние годы объем добычи в ФРГ сокращается. Если в конце 2010-х годов ежегодно добывалось около 3 млн т торфа, то в последние годы добыча оценивается в количестве около 2 млн т. Эта тенденция обусловлена политикой федерального правительства, направленной на сокращение торфоразработки. Снижение доли торфа в производстве субстратов ча-

стично компенсируется ростом импорта из прибалтийских стран.

Запасы торфа **Великобритании** оцениваются в 5,7 млрд т. Торфяные месторождения занимают около 17,5 тыс. км<sup>2</sup>. Большинство из них находятся в северных и западных районах страны. Так, на Шотландию приходится почти 68 % общей площади месторождений, на Англию – 23 %, на Уэльс – 9 %. Около 1,7 тыс. км<sup>2</sup> торфяников расположено в Северной Ирландии.



Добыча торфа в Ирландии

В настоящее время промышленная добыча торфа в стране не ведется. В незначительных объемах добывается лишь кусковой торф, который применяется при производстве отдельных сортов шотландского виски.

Промышленная разработка торфяников также полностью прекращена в **Ирландии**. При этом население традиционно использует резной торф (по некоторым оценкам, до 1 млн т в год) для отопления сельских домов и ферм.

Незначительное количество торфа (не более 100 тыс. т в год) добывается также во **Франции** и **Испании**.

## Северная Европа

Крупнейшими в Европе после России промышленными запасами торфа располагает **Финляндия** – они оцениваются в 4,6 млрд т. Общая площадь торфяников составляет 9,39 млн га. По объемам добычи и использования торфа Финляндия является одним из мировых лидеров. Здесь разрабатывается 0,6 % от общей площади торфяных месторождений промышленного значения.

Максимум – порядка 14 млн т – добыча торфа в Финляндии достигла в 2006 году. Более 95 % этого объема было использовано в топливных целях. При этом площадь разрабатываемых торфяных месторождений превышала 60 тыс. га.

По данным Ассоциации биоэнергетики Финляндии (FINBIO), в 2022 году из-за сложной энергетической ситуации в стране, связанной с прекращением поставок российского топлива, добыча торфа незначительно увеличилась и достигла 2,2 млн т: 1,3 млн т топливного торфа (фрезерного и кускового) и 0,9 млн т сельскохозяйственного. Доля торфа в генерации электроэнергии составила 2,5 %, в производстве тепла – 9 %. По предварительной информации FINBIO, объем добычи торфа в 2023 году незначительно вырос и составил порядка 2,3 млн т [6].

Почти четверть территории **Швеции** (10 млн га) заболочена. На площади около 6,5 млн га глубина залегания торфа превышает 30 см, примерно 350 тыс. га из них считаются пригодными для разработки. Промышленные запасы торфа оцениваются в 1,3 млрд т. За последние 10 лет максимальный объем добычи торфа в Швеции был достигнут в 2013 году и составил почти 1,4 млн т (около 0,9 млн т топливного торфа и около 0,5 млн т – сельскохозяйственного).

В 2020-м в Швеции было добыто около 0,8 млн т. В 2021 году объем добычи остался таким же, однако ее структура изменилась: объем топливного торфа составил около 0,15 млн т, сельскохозяйственного – около 0,65 млн т (в 2020 году 0,25 и 0,55 млн т соответственно). Таким образом, в Швеции наблюдается тенденция к снижению производства топливного торфа при одновременном росте его добычи и использования для нужд сельского хозяйства.

## Страны Северной Америки

Торфяные месторождения **Канады** занимают 12 % территории страны. Их площадь составляет

1,1 млн км<sup>2</sup> – больше, чем в любой другой стране мира. Торфяники в основном расположены в провинциях Онтарио (20 %) и Манитоба (19 %), а также на северо-западе страны (23 %). Запасы торфа достигают 170 млрд т (по некоторым оценкам – более 300 млрд т).

По данным Геологической службы США, в 2022 году в Канаде добыто 1,7 млн т торфа. Следует отметить, что его добыча ведется только для производства грунтов. Страна является одним из крупнейших экспортеров верхового торфа и торфяных субстратов. Продукция поставляется в основном в США (1,6 млн т в 2021 году), а также в Японию и другие страны Азиатско-Тихоокеанского региона.

Общая площадь торфяников **Соединенных Штатов Америки** составляет 214 тыс. км<sup>2</sup>, при этом более половины их сосредоточено на Аляске. Запасы торфа оцениваются в 15 млрд т. Основные континентальные месторождения расположены в северных штатах, вдоль атлантического побережья и прибрежной полосы Мексиканского залива.

Торф добывается в 11 штатах США 28 компаниями. Ведущим штатом-производителем является Флорида; кроме того, добыча ведется в Иллинойсе, Мэне, Мичигане и Миннесоте. На эти пять ведущих штатов приходится 98 % добываемого в стране торфа. В 2022 году объем добычи достиг 340 тыс. т. Около 87 % этого объема составил низинный осоковый торф. Это позволяет предположить, что при производстве торфяных грунтов в США используется в основном верховой торф, импортируемый из Канады [7].

## Страны Африки

На Африканском континенте наиболее активно использование торфа развивается в **Республике Руанда**. Погодные условия Руанды весьма благоприятны для разработки торфяников. Выделяют два сезона добычи – с января по середину марта и с июня по середину октября. Таким образом,



Первая торфяная ТЭЦ в Руанде

торф в Руанде можно добывать семь месяцев в году.

В начале 2017 года на западе страны (регион Гишомба) была введена в строй первая в Африке электростанция, работающая на торфе, проектной мощностью 15 МВт. Общая стоимость реализации проекта составила \$ 39,2 млн. В мае того же года положено начало сооружению второй торфяной электростанции на востоке Руанды. Ее проектная мощность составит 80 МВт, ориентировочная стоимость строительства (с учетом развития сырьевой базы) – \$ 350 млн. Для реализации этого проекта правительством страны выделено 4200 га торфяных месторождений. После ввода объекта выработка электрической энергии на торфе в энергобалансе Руанды превысит 30 %.

Таким образом, это африканское государство может стать мировым лидером по доле использования торфа в общем объеме генерации. Кроме того, за счет собственного торфяного сырья страна, не имеющая выхода к морю, сможет минимизировать использование импортного мазута.

## Заключение

Анализ состояния и использования мировых запасов торфа показывает, что преобладающей тенденцией является сокращение его добычи. Так, за последнее десятилетие ее объемы в мире снизились в два раза – с 30 млн т в 2012 году до порядка 16 млн т в 2022-м.

Для отрасли характерно также резкое падение производства топливного торфа при незначительном росте добычи для нужд нетопливного назна-

чения. Однако в связи с дефицитом энергоресурсов в Европе в ближайшей перспективе можно ожидать, что темпы снижения использования торфяного топлива замедлятся. В свою очередь, с учетом роста населения планеты тенденция к развитию нетопливного направления, вероятно, сохранится.

В отдельных регионах торфяная промышленность сохраняет свое значение, во многом в силу традиций

и поддержки государства. Основными целями стран, добывающих и перерабатывающих торф на топливо, являются повышение энергетической безопасности, диверсификация источников энергии, создание новых рабочих мест и стимулирование регионального развития.

### Список литературы

1. Минэнерго предлагает использовать биотопливо для авиации на основе торфа [Электронный ресурс]: «Энергетика и промышленность России». – Режим доступа: <https://www.eprussia.ru/news/base/2023/1165353.htm>. – Дата доступа: 28.11.2023.
2. Балтийский форум производителей торфа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.balticpeatproducersforum.eu/\\_files/ugd/c345ad\\_4c2b1ec43f5d4d6c935261a6e9318dd.pdf](https://www.balticpeatproducersforum.eu/_files/ugd/c345ad_4c2b1ec43f5d4d6c935261a6e9318dd.pdf). – Дата доступа: 31.01.2024.
3. Балтийский форум производителей торфа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.balticpeatproducersforum.eu/\\_files/ugd/c345ad\\_74716b39d9fd4c39a573182282b2ee04.pdf](https://www.balticpeatproducersforum.eu/_files/ugd/c345ad_74716b39d9fd4c39a573182282b2ee04.pdf). – Дата доступа: 31.01.2024.
4. Балтийский форум производителей торфа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.balticpeatproducersforum.eu/\\_files/ugd/c345ad\\_be13c79602484deaaa8f6f84c105d392.pdf](https://www.balticpeatproducersforum.eu/_files/ugd/c345ad_be13c79602484deaaa8f6f84c105d392.pdf). – Дата доступа: 31.01.2024.
5. Польский геологический институт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://geoportal.pgi.gov.pl/surowce/skalne/torfy#:~:text=The%20total%20peat%20output%20amounted,was%20exploited%20from%2046%20deposits>. – Дата доступа: 31.01.2024.
6. Ассоциация биоэнергетики Финляндии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bioenergia.fi/2023/10/26/viimevuotista-parempi-turvetuotantokausi-ukrainan-sodan-seuraukset-kannattelevat-energiaturpeen-tuotantoa>. – Дата доступа: 31.01.2024.
7. Геологическая служба США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-peat.pdf>. – Дата доступа: 31.01.2024.

В.И. ПОЛЯКОВ,  
к.х.н., доцент ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»



О.Е. ПОЛЯКОВА,  
старший преподаватель БНТУ



# ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Трансформаторные подстанции относятся к числу наиболее пожароопасных объектов в энергосистеме. Это обусловлено самим устройством маслонаполненных трансформаторов, наличием различных горючих элементов, электропроводки, риском перегрева и коротких замыканий. В статье рассмотрены нормативные требования к обеспечению пожаробезопасности трансформаторных подстанций, действующие в Республике Беларусь, а также описан ряд инцидентов, связанных с возгораниями на этих объектах, за последние пять лет.

## Нормативное регулирование

Вопросы обеспечения пожарной безопасности трансформаторных подстанций регламентируются пунктами 53, 55–57 **Специфических требований по обеспечению пожарной безопасности взрывопожароопасных и пожароопасных производств** (утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20 ноября 2019 г. № 779).

Пожарная опасность трансформаторных подстанций и распределительных устройств (РУ) обусловлена одновременным присутствием источника зажигания (тепловое проявление электрической энергии) и горючей загрузки (трансформаторное масло, горючая изоляция обмоток трансформаторов и электропроводников).

Основные причины возгораний в трансформаторных помещениях следующие:

- короткое замыкание (КЗ);
- перегрев трансформатора (например, вследствие перегрузки);
- недостаточная вентиляция;
- неисправность (износ);
- механические повреждения;
- неправильная эксплуатация.

Большинство из перечисленных причин являются последствиями несвоевременного и некачественного технического обслуживания трансформаторов.

Возникновение электрической дуги при КЗ вызывает недопустимое повы-

шение давления в масляном баке. В результате происходит вскипание масла и разложение его на горючие газы, что приводит к разрушению (взрыву) трансформатора, масляных выключателей и растеканию горящего масла.

Для предотвращения растекания масла и распространения пожара при повреждениях маслонаполненных силовых трансформаторов должны быть выполнены маслоприемники, маслоотводы и маслосборники. При этом объем маслоприемника должен быть рассчитан на одновременный прием 100 % масла, содержащегося в корпусе трансформатора.

По периметру гравийной засыпки маслоприемников трансформаторов должны устраиваться бортовые ограждения из негорючих материалов, рассчитанные на удержание полного объема масла. В ограждениях не должно быть разрывов. Не допускается использовать в качестве бортового ограждения (приспосабливать для этого) стенки кабельных каналов.

Аварийные емкости для приема масла от трансформаторов, масляных реакторов и выключателей должны проверяться не реже двух раз в год, а также после обильных дождей, таяния снега или тушения пожара. При необходимости данные емкости освобождаются от воды.

Вводы кабельных линий в шкафы управления, защиты и автоматики, а также в разветвительные (соединительные) коробки на трансформаторах

должны быть уплотнены водостойким негорючим материалом.

На предприятиях и подстанциях не допускается включение трансформаторов и масляных реакторов с неисправными установками пожаротушения.

Требования к выполнению работ на трансформаторах с высоким уровнем пожарного риска установлены пунктом 7.8.10 **ТКП 427-2022 «Электроустановки. Правила по обеспечению безопасности при эксплуатации»** (утвержден и введен в действие постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 9 марта 2022 г. № 10).

Проводить сварочные работы на неработающем силовом трансформаторе допускается только после заливки его маслом до уровня на 200–250 мм выше места сварки во избежание воспламенения паров трансформаторного масла. При выполнении сварочных работ в целях устранения течи масла в силовом трансформаторе необходимо создать вакуум, обеспечивающий прекращение вытекания масла в месте сварки.

*Установка трансформаторов* должна осуществляться согласно:

- действующим в Республике Беларусь переработанным и дополненным главам **Правил устройства электроустановок (6-е издание)**;
- **ТКП 339-2022 «Электроустановки на напряжение до 750 кВ...»**, утвержденному постановлением Министер-

ства энергетики Республики Беларусь от 18 октября 2022 г. № 30;

- нормам технологического проектирования.

Эксплуатация трансформаторов регламентируется ТКП 181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденным постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 20 мая 2009 г. № 16.

Так, например, закрытые распределительные устройства (ЗРУ) напряжением до 1 кВ и выше, как правило, размещают в отдельных помещениях. Помещения, в которых находятся распределительные устройства (РУ), трансформаторы, преобразователи и т.п., отделяют от служебных и других вспомогательных помещений.

Помещения трансформаторов и РУ не допускается размещать:

- под помещениями производств с мокрым технологическим процессом, под душевыми, уборными, ваннами и т.п. Исключение составляют случаи, когда приняты специальные меры, предотвращающие попадание влаги в помещения трансформаторных подстанций (перекрытия из монолитного бетона, надежная гидроизоляция);
- непосредственно над и под помещениями, в которых длительно (более часа) могут находиться более 50 человек, над и под площадью перекрытия трансформаторного помещения и ЗРУ (кроме тепловых пунктов, где установлены трансформаторы сухие или с негорючим наполнителем).

Мероприятия, предупреждающие возникновение пожарной опасности от трансформаторов, разделяют на две группы.

В первую группу включают мероприятия по оборудованию трансформаторов соответствующими предохранительными устройствами и приборами электрической защиты (от перегрузок и КЗ). К таким устройствам относятся газовые реле, выхлопные трубы, приборы теплового контроля, пробивные предохранители.

Во вторую группу входят такие меры, как рациональное размещение трансформаторов, соответствующее оборудование трансформаторных помещений, оптимальный выбор средств пожаротушения и др.

Действия спасателей при возникновении пожара в трансформаторной подстанции регламентируются главой 7

**Инструкции по тушению пожаров в электроустановках организаций Республики Беларусь**, утвержденной совместным постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и Министерства энергетики Республики Беларусь от 28 мая 2004 г. № 20/15 (в редакции постановления Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и Министерства энергетики Республики Беларусь от 27 марта 2006 г. № 13/25).

### Статистика и примеры пожаров

В статистическом сборнике «Пожары и пожарная безопасность в 2021 году», изданном в 2022 году Всероссийским научно-исследовательским институтом противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), приводятся следующие данные о пожарах трансформаторов, произошедших в России в 2017–2021 годах:

Год	Количество пожаров, ед.
2017	276
2018	256
2019	826
2020	478
2021	478

В общем количестве пожаров на объектах электроэнергетического комплекса России доля пожаров на трансформаторах составляет более одной трети. Таким образом, можно утверждать, что наибольшее количество пожаров в энергосистеме происходит именно на трансформаторных подстанциях.

В Беларуси аналогичная статистика в открытом доступе отсутствует. При этом есть возможность рассмотреть случаи пожаров на трансформаторах за 2019–2023 годы, сведения о которых опубликованы в новостном разделе официального сайта Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

**12.08.2019, г. Калинковичи.** В 13:23 поступило сообщение о пожаре на трансформаторной подстанции в главном производственном корпусе ПУП «Калинковичский молочный ком-

бинат». По причине пожара прекращена подача электроэнергии в помещения трех цехов (компрессорного, цельномолочного, приемки), административно-бытового корпуса и лаборатории. В результате происшествия повреждена изоляция силовых кабелей, закопчены стены. Пострадавших нет. Рассматриваемые версии причины пожара – нарушение правил монтажа и устройства электросетей и электрооборудования либо правил их эксплуатации.

**21.12.2019, г. Витебск.** В 14:20 поступило сообщение о возгорании электропроводов в электрощитовой поликлиники № 3 по Московскому пр-ту. По прибытии подразделений МЧС к месту вызова наблюдалось задымление из трансформаторной подстанции, пристроенной к зданию поликлиники. Спасателями из здания эвакуировано 30 человек, никто не пострадал. В результате пожара повреждены кабели, закопчены стены и потолок в помещении подстанции.

**11.01.2020, г. Минск.** В 5:03 поступило сообщение о загорании трансформаторной станции для прогрева бетона на строительной площадке многоэтажного жилого дома в районе пересечения пр-та Дзержинского и ул. Гурского. Предполагаемая причина пожара – КЗ электропроводки.

**28.02.2021, г. Минск.** Произошло загорание трансформатора на территории железнодорожной станции Минск-Северный по ул. Тимирязева, 25.

**14.06.2021, г. Минск.** В 1:22 поступило сообщение о загорании трансформаторной подстанции на территории предприятия по ул. Долгобродской, 29. По прибытии подразделения МЧС к месту вызова по внешним признакам происходило горение подстанции внутри литейного цеха. В ходе разведки было установлено, что горит масло, вытекающее с подстанции, на площади 10 м<sup>2</sup>, а также транспортерная лента в подвале цеха на 100 пог. м. Пожар ликвидирован в 2:41. Пострадавших нет, эвакуация не проводилась, технологический процесс предприятия не нарушен. В результате пожара повреждены трансформаторная подстанция и транспортерная лента, закопчен цех. Накануне происшествия проводились подготовительные работы на технологическом оборудовании (запуск печей и подготовка цеха к работе). Рассматриваемая версия причины пожара – КЗ электропроводки.

**24.06.2021, г. Новолукомль.** В 21:41 поступило сообщение о возгорании во второй секции трансформаторной подстанции ТН-330 на Лукомльской ГРЭС. В 22:39 пожар ликвидирован, никто не пострадал.

**08.09.2021, г. Лида.** В 17:41 очевидец сообщил о пожаре по ул. Труханова. Расчеты спасателей направились по указанному адресу и приступили к ликвидации возгорания кровли трансформаторной подстанции, обеспечивающей электричеством локомотивное депо и 20 частных домов на улицах Шевченко и Труханова. В результате пожара уничтожена кровля подстанции, повреждены перекрытие и трансформатор. Люди не пострадали. Локомотивное депо было временно запитано от резервной линии, задержки движения поездов не произошло. Электроснабжение жилого сектора специалисты РЭС восстановили за несколько часов. Предполагаемая причина возгорания – аварийный режим работы трансформатора.

**12.07.2021, г. Минск.** В 9:16 поступило сообщение о возгорании трансформатора в цехе на территории ОАО «МАЗ» по ул. Социалистической, 2. По прибытии подразделений МЧС к месту вызова наблюдался дым средней концентрации из сталелитейного цеха № 1. Выяснилось, что в отдельном

помещении цеха происходит открытое горение трансформатора, масла и кабелей на площади 40 м<sup>2</sup>. Пожар ликвидирован в 9:51. В результате поврежден трансформатор. Пострадавших нет, эвакуация не проводилась, технологический процесс не нарушен. На месте происшествия работали 19 единиц техники МЧС. Причина пожара устанавливается, рассматриваемая версия – аварийный режим работы трансформатора из-за нарушения правил эксплуатации электросетей и электрооборудования.

**26.10.2021, Сморгонский район.** В 21:01 поступило сообщение о пожаре на трансформаторной подстанции в д. Андреевцы. В результате уничтожено два трансформатора, пострадавших нет. Причина пожара устанавливается.

**05.02.2023, г. Минск.** Произошло возгорание трансформатора ТМ 1000 по адресу пер. Ковалевской, 52.

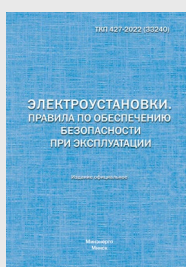
**20.11.2023, г. Минск.** В 16:22 поступило сообщение о возгорании на ОАО «МТЗ» по ул. Долгобродской, 29. По прибытии подразделения МЧС выяснилось, что в сталелитейном цехе предприятия произошло возгорание горючих элементов трансформатора, отложений масла на его корпусе, а также вытекавшего масла в пределах обвалования на плавильном участке цеха на площади около 30 м<sup>2</sup>. Возгорание

ликвидировано в 17:03. Пострадавших нет. Для ликвидации привлекалось более 10 единиц техники МЧС. Причины и обстоятельства происшествия устанавливаются.

Анализ данных происшествий показывает, что при своевременном оповещении службы МЧС пожары (возгорания) на трансформаторных подстанциях и установках ликвидируются достаточно быстро, как правило, без пострадавших, не требуют эвакуации людей и не нарушают технологический процесс на предприятиях. При этом чаще всего выходят из строя сами трансформаторы, повреждаются электропроводка, оборудование, элементы зданий, может нарушаться электроснабжение отдельных объектов, в том числе социально значимых учреждений и жилого сектора. Площадь открытого горения зависит от площади растекания трансформаторного масла.

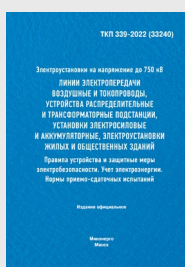
Причины происшествий зачастую неочевидны, но в ряде случаев это явное нарушение правил эксплуатации электросетей и электрооборудования. В связи с этим следует регулярно проверять знание персоналом требований к устройству и эксплуатации трансформаторных подстанций и проводить их надлежащее техническое обслуживание.

## АКТУАЛЬНЫЕ ИЗДАНИЯ



### TKP 427-2022 (33240) Электроустановки. Правила по обеспечению безопасности при эксплуатации

Утвержден постановлением  
Министерства энергетики  
Республики Беларусь от 09.03.2022 № 10.  
Введен в действие 01.07.2022



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

Утвержден постановлением  
Министерства энергетики  
Республики Беларусь от 18.10.2022 № 30.  
Введен в действие 20.12.2022



### TKP 181-2009 (02230) Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей с Изменением № 4

Утвержден постановлением  
Министерства энергетики  
Республики Беларусь от 20.05.2009 № 16.  
Введен в действие 01.09.2009

#### ОЗНАКОМИТЬСЯ

с документами можно  
в ЭИС «Энергодокумент»  
energodoc.by

#### ЗАКАЗАТЬ

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

О.М. ТИМОШЕНКО,  
психолог I категории филиала «Учебный  
центр подготовки, повышения  
квалификации и переподготовки кадров  
энергетики» РУП «Минскэнерго»



# ПРИВЕРЖЕННОСТЬ БЕЗОПАСНОСТИ КАК ЭЛЕМЕНТ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Развитие культуры безопасности в организации предполагает, что каждый работник, включая руководителей, привержен безопасности. При этом руководство должно играть решающую роль в формировании убеждений, отношений, поведения, системы ценностей и стандартов в области безопасности. В развитие темы формирования культуры безопасности в организации, поднятой в предыдущем номере (№ 6, 2023), в статье рассматривается взаимосвязь таких понятий, как уровни приверженности безопасности и стадии зрелости культуры безопасности.

## Уровни приверженности безопасности

Специалисты определяют приверженность безопасности как личную ориентацию на достижение ее целей на производстве. Приверженность выражается через способность оценивать риски и потенциальные проблемы, которые могут возникнуть на рабочем месте, и предпринимать конкретные действия по их предотвращению или минимизации [1].

Согласно документу МАГАТЭ INSAG-4 [2] выделяются три уровня приверженности безопасности (рис. 1):

- уровень формирования политики;
- уровень руководителя;
- индивидуальный уровень.

### Приверженность безопасности на уровне формирования политики.

Любая организация, которая осуществляет деятельность, влияющую на безопасность, должна четко определить свою политику по формированию культуры безопасности, а также ответственность за ее состояние. При этом важно, чтобы обеспечивалось четкое разграничение полномочий в этой области за счет установления подчиненности. Структура управления и должностные обязанности должны быть документально закреплены.

Для успешного развития приверженности безопасности необходимо проводить систематический анализ опыта работы и принимать меры по ее совершенствованию. Политика предпри-

ятия в области безопасности должна не только поддерживаться, но и корректироваться.

### Приверженность безопасности на уровне руководителя.

Именно руководитель определяет функции, ответственность и полномочия работников по обеспечению безопасности. Он отвечает за неукоснительное и точное исполнение работ и решение задач, связанных с безопасностью, устанавливает систему надзора и контроля, а также обеспечивает необходимую подготовку и переподготовку персонала, чтобы его компетенции отвечали квалифицированному исполнению должностных обязанностей.

Важным фактором влияния руководителя на персонал является поощрение и одобрение действий работников в области обеспечения безопасности. В идеале возникающие ошибки должны быть не предметом разбирательства с целью поиска и наказания виновного, а источником опыта, из которого может быть извлечена польза. При этом руководством должно поощряться стремление любого работника выявлять недостатки в своей работе, сообщать о них и исправлять, для того чтобы помочь себе и другим избежать проблем в будущем.

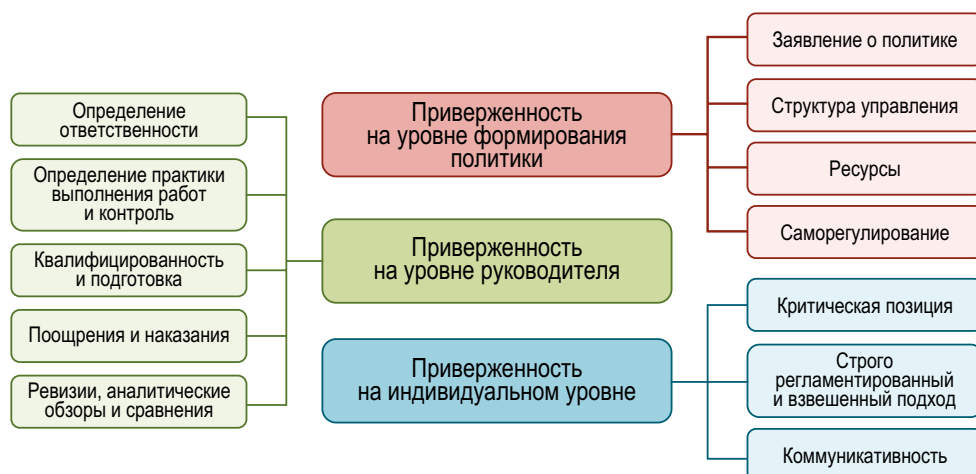


Рис. 1. Уровни приверженности безопасности в организации

Для анализа состояния работы персонала по обеспечению безопасности руководители могут применять практику мониторинга. Такой подход способствует совершенствованию деятельности по формированию приверженности безопасности и повышению ее уровня в организации.

**Приверженность безопасности на индивидуальном уровне.** Прежде чем работник приступит к исполнению задач, связанных с безопасностью, у него должна проявиться критическая позиция, направленная на осознанное и продуманное выполнение как своих обязанностей в целом, так и отдельных операций. То есть перед тем,

как приступить к работе, он должен проверять готовность к достижению целей своей деятельности, оценивать свои знания, навыки и умения и предвосхищать последствия собственных действий.

Особенно важен такой подход при выполнении нестандартных задач, действиях в штатных ситуациях. В этом случае к работе следует подходить осознанно, а не механически.

При выполнении работ, влияющих на безопасность, каждый должен придерживаться строго регламентированного и взвешенного подхода, который включает понимание и точное исполнение рабочих процедур, инструкций, программ, а также настороженность при получении неожиданных результатов. При возникновении проблемы нужно прекратить работу (если возможно), обдумать ситуацию и обратиться за помощью при необходимости. Следует относиться к рабочему процессу с особой тщательностью, не нарушать последовательность производственных операций.

Важно также обеспечить эффективно действующие, правильно организованные информационные потоки, строго соблюдая следующие правила обмена информацией:

- качественное ведение работником документации, своевременное и полное информирование о своих действиях;
- получение необходимой информации от других;



Рис. 2. Кривая безопасности Брэдли

- предоставление информации о результатах работы (как ожидаемых, так и необычных) и их документирование;
- передача другим информации о выполнении или невыполнении работы, возникших проблемах и т.п.;
- предложение новых инициатив в области безопасности.

Профессиональное поведение работника, приверженного безопасности, можно охарактеризовать как следование принципу индивидуального самоконтроля **STAR** – основному принципу культуры безопасности [3].

Методика самоконтроля STAR включает четыре составляющие:

- **Stop** («Остановись») – перед выполнением ответственной работы необходимо оценить свою готовность к ней и сосредоточиться на задании;
- **Think** («Подумай») – следует убедиться, что задание и его цель вам понятны; вспомнить, приходилось ли выполнять его раньше и какие проблемы при этом возникали; проанализировать, достаточно ли у вас знаний, возможностей, времени для выполнения работы; предусмотреть возможные осложнения в ходе рабочего процесса;
- **Act** («Действуй») – при выполнении работы необходимо действовать согласно процедуре; следить за оборудованием, регистрировать изменения и отклонения параметров; при возникновении проблемы – остановить работу и обратиться за помощью;
- **Review** («Проверь») – нужно убедиться, что результат работы совпал

с целью задания; оценить свои действия; сообщить о выполнении задания руководителю и сделать соответствующие записи; передать свои наблюдения как руководству, так и коллегам.

Соблюдение каждым работником принципа STAR при выполнении работ, влияющих на безопасность, может стать последним барьером на пути к возможной ошибке. Осознанное, продуманное, ответственное отношение к таким работам должно стать неотъемлемой частью поведения персонала на всех уровнях.

### Стадии зрелости культуры безопасности

Повышение уровня зрелости культуры безопасности – это непрерывный процесс развития путем постоянного совершенствования методологии стратегического управления и ее интеграции в производственные процессы и общую систему управления.

Существует несколько моделей развития культуры безопасности, самые известные из которых – кривая безопасности Брэдли (1949) и лестница культуры безопасности Хадсона (2000).

Для оценки успешности развития культуры безопасного поведения в организациях используется кривая Брэдли (рис. 2). Эта шкала, разработанная еще в середине прошлого века инженером Гербертом Брэдли, устанавливает взаимосвязь между подходами



Рис. 3. Лестница культуры безопасности Хадсона

к работе в области производственной безопасности и уровнем травматизма. Чем больше совместных усилий приложено для обеспечения безопасных условий труда, обучения персонала, изменения мышления каждого сотрудника организации, тем меньше вероятность возникновения инцидентов и получения травм. Соответственно, повышение уровня безопасности возможно только в случае, если персонал начнет заботиться о безопасности труда не только под влиянием инстинкта самосохранения и надзора руководителя, но и проявляя личную активность и навыки командной работы.

Каждый этап развития культуры безопасности характеризуется определенной моделью поведения как работников, так и руководства [4].

**Этап реагирования (реактивный).** Работники придерживаются правил безопасности в силу природных инстинктов и жизненного опыта. На этом этапе самый высокий уровень травматизма и самая низкая производительность труда. Управление безопасностью отсутствует. Люди сами решают, как им действовать, основываясь на своем опыте. Уровень организации охраны труда соот-

ветствующие процедуры, наказания за нарушения. На этом уровне проводятся расследования инцидентов и принимаются меры по их недопущению, внедрению систем контроля опасностей и рисков.

**Этап независимости.** Работники осознают важность соблюдения правил безопасности, в том числе другими членами коллектива: могут сделать замечание коллегам или остановить их работу в случае нарушения правил. Персонал руководствуется четким убеждением в необходимости соблюдения требований безопасности и сосредоточен на предупреждении травматизма. Безопасное поведение людей определяется их собственным сознанием, заботой о своем здоровье и безопасности. В подходах к охране труда превалирует принцип: «Мы выявляем проблемы, которые еще встречаются, и работаем над ними».

**Этап взаимозависимости.** Это командная работа персонала, объединенного одной целью: обеспечить безаварийную работу без травм. В достижении этой цели заинтересованы и задействованы абсолютно все работники – от уборщицы до директора. Безопасность и обеспечение работы

ветствует принципам: «Не пойман – не вор» или «Нельзя выносить сор из избы».

**Этап зависимости.** Требования безопасности соблюдаются исключительно в случае надзора и постоянного контроля из страха дисциплинарного наказания. Когда руководитель или специалист по охране труда рядом, работник с точностью следует правилам и инструкциям, но как только он остается без присмотра, то уже не видит в этом необходимости. В то же время безопасность становится важным элементом жизни организации: вводится практика обучения по вопросам безопасности, соот-

без травм и аварий понимаются как задача каждого. Никто не пренебрегает правилами безопасности. На этом этапе работает принцип: «Безопасность – это наша культура, способ работать и думать».

Нужно понимать, что «перепрыгнуть» с четвертого на первый уровень не получится. Каждый этап развития придется пройти от начала и до конца, развивая у персонала приверженность безопасности на уровне сознания, традиций и привычек. Только изменив отношение людей к безопасности, их мысли и ценности, можно ожидать изменения поведения в сторону более безопасного.

Следует учитывать, что с точки зрения эффективности наиболее явные результаты демонстрирует этап зависимости: как известно, страх – лучший мотиватор. Именно страх наказания, в том числе увольнения, доминирует в большинстве поведенческих программ, направленных на коррекцию поведения человека в целях предупреждения ошибок.

Кривая Брэдли показывает: чем выше уровень культуры безопасности в организации, тем лучше показатели производительности труда и тем ниже травматизм.

Вторая модель, созданная профессором Патриком Хадсоном в рамках программы «Сердца и умы», доказала свою эффективность при оценке уровня культуры безопасности многих компаний по всему миру, работающих в различных отраслях промышленности. Модель наглядно показывает эволюционное развитие культуры отношения к безопасности и управления безопасностью в виде ступеней лестницы – от низкого (патологического) уровня к высокому (созидательному) [5, 6] (рис. 3).

**«Патологический» уровень.** Безопасность рассматривается не как деловой риск, а с точки зрения технических и процедурных решений и соблюдения норм. Основную ответственность за обеспечение безопасности несет отдел охраны труда. Многие происшествия воспринимаются как неизбежные и как часть производственного процесса. Большая часть линейного персонала не заинтересована в обеспечении безопасности и использует ее только как аргумент при решении других вопросов.

**«Реактивный» уровень.** Показатель аварийности в организации оценивается как средний по отрасли. Безопасность рассматривается как деловой риск и исключительно с точки зрения соблюдения норм, правил и системы контроля. Происшествия воспринимаются как предотвращаемые. Руководство полагает, что большинство из них происходит по причине небезопасного поведения линейного персонала. Показатели безопасности оцениваются через потери рабочего времени, возникающие в результате аварийной ситуации. Участие руководителей организации в работе по обеспечению безопасности носит реагирующий характер: при возрастании коэффициента аварийности применяются взыскания, а профилактические меры принимаются после того, как произошли инциденты.

**«Расчетливый» уровень.** Показатели аварийности относительно низкие, но не улучшаются. Руководство организации уверено, что вовлечение линейных работников в работу по обеспечению безопасности крайне важно для будущих усовершенствований, но не для текущего процесса. Значительная часть линейного персонала готова совместно с руководством работать над улучшением состояния охраны труда и повышением безопасности и берет на себя ответственность за собственную безопасность. Показатели безопасности находятся под постоянным контролем и данные используются эффективно. В организации существует ряд систем по контролю опасностей, однако эти системы применяются механически.

**«Инициативный» («проактивный») уровень.** Основная часть персонала убеждена в значимости охраны здоровья и безопасности как с моральной, так и с экономической точки зрения. Руководство демонстрирует лидерство в развитии безопасности труда на деле. Линейный персонал берет на себя ответственность за собственную безопасность и безопасность других людей. Осознается важность того, чтобы работники ощущали свою значимость и справедливое к себе отношение. Организация прилагает значительные усилия по предотвращению происшествий с помощью проактивных мер. Показатели безопасности находятся под по-

стоянным контролем с использованием всех доступных данных. Контролируются также происшествия, не связанные с работой, ведется пропаганда здорового образа жизни.

**«Созидательный» уровень.** Предотвращение ущерба здоровью работников является основной корпоративной ценностью. Безопасность труда рассматривается как неотъемлемая часть производственного процесса, как инвестиции, а не затраты. В течение длительного периода в организации не было зарегистрировано нарушений требований охраны труда или опасных инцидентов, но ощущения самоуспокоенности нет. Организация постоянно стремится к совершенствованию механизмов контроля опасностей, а также прилагает усилия по обеспечению здоровья и безопасности своих работников за пределами производства. Весь персонал разделяет мнение, что охрана здоровья и безопасность являются ключевым аспектом их деятельности.

Модели Брэдли и Хадсона при оценке культуры безопасности сегодня часто используются в комплексе. Оценивая уровень развития культуры безопасности в организации, необходимо понимать, что целью является практическое применение и дальнейшее внедрение ее принципов, формирование такого коллективного мышления, которое позволит перейти от приемлемости травматизма к безусловной приверженности идее работы без несчастных случаев и аварий [5]. Следует подчеркнуть, что важными факторами повышения культуры безопасности являются также мониторинг проактивных показателей и критериев эффективности процесса обеспечения безопасности и использование полученной информации для постоянного развития и совершенствования этого процесса [7].

## Заключение

Уровень приверженности безопасности зависит от того, как в организации анализируются процессы и виды деятельности, которые содержат угрозы для человека, окружающей среды и оборудования; насколько эффективно организовано обучение персонала мерам, направленным на ис-

ключение или минимизацию рисков; как контролируется выполнение этих мер и как выявляются новые риски в ходе эксплуатации объекта.

Формирование приверженности безопасности и, как следствие, высокой культуры безопасного поведения – процесс сложный, непрерывный, требующий целенаправленной и системной работы, значительных усилий всех его участников, в первую очередь руководителей. Практически во всех документах, касающихся культуры безопасности, подчеркивается особая значимость отношения к ней старшего административного персонала. Руководители определяют и задают уровень культуры безопасности всего коллектива. Они ответственны за создание атмосферы доброжелательности и открытости, которая обеспечивает свободный обмен мнениями и передачу информации о нарушениях и ошибках, исключает их игнорирование или сокрытие.

Абсолютной безопасности нет, но к ней можно приблизиться, внедряя культуру безопасности и поднимая тем самым культуру производства.

## Список литературы

1. Маркелова, С.В. Культура безопасности на производстве [Электронный ресурс] / С.В. Маркелова // Научный лидер. – 2022. – № 48 (93). – Режим доступа: <https://scilead.ru/article/3315-kultura-bezopasnosti-na-proizvodstve>. – Дата доступа: 29.06.2023.
2. Культура безопасности. Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности // Серия изданий по безопасности, № 75-INSAG-4. – МАГАТЭ: Вена, 1991. – 51 с.
3. Демченко, В. Навигатор по основам культуры безопасности / В. Демченко, Ю. Сотникова. – М.: Нефтегазстройпрофсоюз России, 2021.
4. Мажженов, С.А. Безопасный труд – важнейшая составляющая эффективного производства / С.А. Мажженов // Экономика труда. – 2022. – Т. 9. – № 3. – С. 717–730.
5. Прыгунов, П.В. Культура безопасности – приоритет производственной деятельности / П.В. Прыгунов // Молодой ученый. – 2019. – № 26 (264). – С. 373–375.
6. Захаров, П. Культура безопасности труда: человеческий фактор в курсе международных практик / П. Захаров, С. Пересыпкин. – М.: Альпина ПРО, 2023. – 28 с.
7. Машин, В.А. Современные основы концепции культуры безопасности / В.А. Машин // Электрические станции. – 2014. – № 10. – С. 2–10.



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

## ПСИХОЛОГИЧЕСКИ НЕЗРЕЛЫЙ РАБОТНИК: РЕКОМЕНДАЦИИ РУКОВОДИТЕЛЮ

Казалось бы, сложность задач, существующие риски и высокий уровень ответственности в сфере энергетики не оставляют места для психологически незрелых личностей. Тем не менее ряд несчастных случаев на энергообъектах, произошедших в последнее время по вине таких работников, свидетельствует, что данная проблема существует. Инфантильность проявляется в легкомысленном, эгоцентричном поведении, быстрой утомляемости, склонности требовать к себе особого отношения, а главное – хронически нарушать технику безопасности, правила внутреннего трудового распорядка, должностные и рабочие инструкции. Как руководителю выстроить стратегию взаимодействия с таким подчиненным? Попробуем найти ответ.

**П**сихологическая незрелость, или инфантилизм, – это задержка в процессе взросления личности, прежде всего в развитии эмоционально-волевой сферы. Его не следует путать с физиологическим инфантилизмом, когда отставание наблюдается в формировании физических признаков зрелости.

Термин «инфантилизм» (от лат. *infantilis* – детский) был введен в медицинскую терминологию в середине прошлого века. Под ним понимают состояние психики, при котором взрослые люди регулярно демонстрируют признаки поведения, свойственного детскому или подростковому возрасту. Специалисты рассматривают проявления инфантильности не как признаки психического расстройства, а в большей степени как психологическую защиту: взрослый таким образом пытается вернуться в то время, когда чувствовал себя в безопасности.

В раннем детстве развивается наша лимбическая система, которая отвечает за эмоциональное реагирование, в подростковом – префронтальная кора головного мозга, которая помогает нам осознавать и контролировать свои эмоции и поведенческие реакции. К сожалению, полноценная

способность к рефлексии и самоконтролю развивается далеко не у всех. Так, инфантильные люди:

- не могут внятно сформулировать и объяснить, что чувствуют и чего хотят;
- не в состоянии сдерживать свои эмоциональные всплески и непосредственные реакции;
- часто «взрываются» по пустякам из-за накопления негативных эмоций или, наоборот, из-за непонимания и неумения выстраивать отношения «закрываются» и уходят в свой мир иллюзий, лени и страхов.

В профессиональной сфере инфантилизм может быть чреват серьезными последствиями – особенно если проявляется в ситуациях, опасных для здоровья и жизни. Простой пример: электрик работает в электроустановке без средств индивидуальной защиты. На вопрос о причине отсутствия СИЗ отвечает: «Мне не дали». Типичная реакция такого работника на поручение руководителя: «Не получится, не сумею». Подобное поведение диагностируется как инфантильность. «Девиз» психологически незрелого подчиненного: «Не могу, даже если хочу, не хочу, даже если могу».

Приведем примеры несчастных случаев в энергетике, произошедших

в 2023 году по вине таких «проблемных» работников. Так, при выполнении работ по текущему ремонту трансформатора собственных нужд (ТСН-2) попал под напряжение электрик по ремонту и обслуживанию электрооборудования (30 лет). Работая по наряду в составе бригады, он приблизился на недопустимое расстояние к ТСН-2 и получил электротравму.

Другой случай привел к трагедии: во время выполнения работ по монтажу траверсы на опоре вновь смонтированной ВЛ 10 кВ погиб электромонтажник (28 лет). Поднявшись на опору, он приблизил кисть правой руки на недопустимое расстояние к универсальному зажиму РДИП-10-4, установленному на изолированном проводе, в результате чего был смертельно поражен электрическим током.

### Основные признаки инфантильности работников

Предпосылками для развития инфантильности могут являться патологии нервной и эндокринной систем, наследственная предрасположенность, но чаще – неправильное воспитание, предполагающее ограничение свободы

ребенка, повышенный родительский контроль. Незрелость взрослого – зачастую результат гиперопеки или деспотизма в семье.

В профессиональной сфере «не до конца повзрослевшие» взрослые, как правило, не достигают карьерных высот, хотя в обучении нередко демонстрируют успехи – но последнее, как правило, заслуга бдительных родителей и педагогов. Повзрослев и выйдя из-под опеки, незрелая личность регрессирует. Ее состояние не улучшается, а усугубляется и обостряется чувством неудовлетворенности (выбором профессии, уровнем заработной платы, графиком работы, коллегами, руководством и т.п.), что, естественно, сказывается на отношении к такому работнику и его репутации. «Инфантилов» ждут провалы в любой сфере, и даже если они решаются уйти в собственное плавание – при первом же затруднении у них опускаются руки. И все потому, что у них уже сформированы следующие качества.

**1. Неспособность адекватно реагировать на трудности.** Такие люди не в состоянии оценить истинный масштаб проблемы. Небольшое препятствие на пути – и они теряются, ищут, на кого переложить проблему, или пассивно ждут помощи.

**Комментарий мастера:** «*Был случай, когда на подстанции произошёл излом колонки разъединителя с последующим возгоранием сухой растительности вблизи трансформатора. Вместо того чтобы принять меры, препятствующие распространению огня, молодой специалист запаниковал и прибежал ко мне, думая, что я его пожалею. И я пожалел... что он у меня работает.*»

**2. Отсутствие навыка самостоятельного разрешения проблемных ситуаций.** Следствием является зависимость от инструкций, готовых алгоритмов с подробным описанием необходимых действий. При отсутствии таких подсказок работник не может найти решение, путается, совершает ошибки.

**Комментарий инженера:** «*Электрик получил задание на ошиновку кабельной линии 10 кВ, но из-за безалаберности наживил гайку на болт, не зажав ее, вследствие*

*чего при включении линии контакт нагрелся и произошел пробой концевой муфты. В объяснительной записке горе-специалист указал следующую причину своей ошибки: ему не объяснили, не научили, не помогли. А еще – «в интернете не было информации».*

**3. Отсутствие навыков планирования и прогнозирования.** Психологически незрелые работники не могут распланировать свои действия, предвидеть их последствия, предсказать какое-либо событие. Они нуждаются в жесткой разрядке, пошаговых указаниях, а в противном случае – плывут по течению.

**Комментарий директора филиала:** «*У меня проблема с молодыми кадрами. Что за поколение «опоздун»? Вот что я слышу в оправдание: «опоздал на работу, так как не смог проснуться»; «не смог попасть на рабочее место, потому что не прошел алкорамку»; «пропустил свою остановку из-за того, что играл в телефоне»; «просто, забыл, что сегодня на работу».*

**4. Безответственное отношение к своим обязанностям.** Главный принцип «инфантила» – найти в жизни человека, на которого можно возложить всю ответственность, параллельно отстранившись от выполнения обязанностей.

**Комментарий начальника отдела:** «*Появился у меня особый специалист, которого «попросили» взять на работу. Он на рабочем месте прохладился, а на все замечания отвечал фразой: «А вы знаете, кто мой папа?» В итоге проблему пришлось решать директору».*

**5. Злопамятность.** При работе с такими людьми любой конфликт или просто их недовольство чем-то или кем-то могут окончиться печально. Психологически зрелый, взрослый человек постарается логически разобраться в отношениях с другими, отделить свои эмоции от рабочего процесса, а инфантильный будет попросту мстить. Причем такие люди мстят как дети – жестоко, глупо, не осознавая возможных последствий.

**Комментарий главного инженера:** «*Мне нужно было сразу настоять, когда на одного работника стали поступать жалобы от коллег,*

*но теперь уже поздно сожалеть. Работник оказался конфликтный, «безрукий»: что бы он ни сделал, все заканчивалось недоделками и обвинением других. Пришлось попроситься. И сейчас этот «бывший» строчит жалобы в вышестоящие инстанции, а про комментарии в социальных сетях и говорить нечего...»*

**6. Ложное самомнение.** Недоразвитое восприятие реальности не позволяет признавать свою неправоту, и «несозревшие» умудряются пронести это детское самомнение через всю жизнь, работу, общение. При этом человек полностью здоров и ментально, и физически. Просто он реально считает себя самым умным, но непонятым окружающими.

**Комментарий диспетчера:** «*Чего скрывать, есть и категория руководителей с самомнением Творца. Помню, как бывший начальник учил нас работать, при этом понятия не имея о специфике диспетчерской службы. Я сначала думал, что так руководитель повышает свою значимость, но потом убедился: он реально верил, что знает, как лучше».*

Работать бок о бок с психологически незрелыми людьми, бесспорно, тяжело. Почему? Вспомните, как вы обычно договариваетесь о чем-то с детьми. Если ребенку ваша договоренность нравится, он ее придерживается. Если же завтра или послезавтра ему очень захотелось ее нарушить, именно так он и поступает – игнорирует все, о чем вы договаривались, а потом рассказывает, что он «забыл», «не понял» или «его не так поняли». Правда, похоже? Тогда как же работать с «инфантилами»? Давайте разбираться.

## Как добиться от «незрелого» работника эффективности?

Избавиться от инфантилизма можно. Формально, чтобы перестать быть «незрелым», человеку нужно осознать, что его жизнь зависит только от него, что он может быть самостоятельным, ответственным. И главное – захотеть быть таким. Звучит оптимистично в теории, однако на практике, если личность в сознательном возрасте не хочет взрослеть, то ни психолог, ни мастер, ни руководитель такому человеку не помогут.

Считается, что на взросление влияют две причины. Во-первых, это **любопытство и желание двигаться вперед**. Чем старше человек, тем больше у него возможностей узнавать что-то новое, становиться все более независимым в реализации своих желаний. Второй мощный фактор – **требования среды (окружения)**. Объективные стимулы вынуждают учиться общаться с людьми, проявлять гибкость, выполнять инструкции, зарабатывать, повышать разряд, категорию, получать новый опыт и знания и, естественно, нести ответственность. Обычно в этом случае срабатывает установка «хочешь жить – умей вертеться».

Можно выстроить стратегию работы с инфантильным работником, помогая ему стать зрелой личностью. Такому подчиненному нужно буквально разложить все по полочкам. Разъяснить каждый пункт его должностной инструкции, четко установить рабочий график, ранжировать задачи и расписать сроки их выполнения. И регулярно вознаграждать за проявления компетентности на рабочем месте.

Важный момент: все договоренности с работником необходимо фиксировать, повторять, просить зачитать вслух, пересказать. Всё как с детьми: объяснять, демонстрировать, требовать, настаивать, наказывать и поощрять – до тех пор, пока не выработается привычка. И результата вы рано или поздно дождетесь.

Но как долго придется ждать? Как полагают некоторые специалисты, для формирования привычки нужно от 21 до 28 дней. На самом деле научного доказательства этой гипотезы не существует. Миф о 21 дне появился в связи с выходом в свет в 1960 году книги пластического хирурга Максвелла Мальца. Он заметил, что именно столько времени в среднем требовалось людям, пережившим ампутацию, чтобы адаптироваться к потере конечности. Таким образом появилось расхожее представление о том, что человеку нужно три недели на то, чтобы приспособиться к каким-либо серьезным изменениям в жизни. Однако, если речь идет не об ампутации конечностей,

данные доктора Мальца нельзя считать достоверными.

Если мы говорим о сложном поведении, особенно связанном с изменением образа жизни и образа мыслей, то длительность «перековки» может быть очень велика. Так, исследование британского ученого Филиппы Лалли показало, что для формирования полезной привычки гулять после обеда у разных людей может потребоваться от 18 до 254 дней. Казалось бы, приучить себя к этому ритуалу несложно. Но одним участникам эксперимента на формирование привычки хватило трех недель, а другим понадобился почти год.

Практика показывает, что и этого иногда бывает недостаточно. Сколько времени может понадобиться человеку, зависит не столько от силы воли, сколько от награды за требуемое поведение. Чем больше радости и выгоды приносит привычка, чем больше она улучшает жизнь, тем быстрее она формируется.

Если же попытки привить нужную привычку заканчиваются провалом, проблема может заключаться в неправильной мотивации. Изначально в любой привычке должен быть смысл, который поддержит мотивацию надолго, а не до определенного момента.

**Комментарий начальника службы охраны труда:** «Зачем все усложнять и ждать, пока закрепится нужная привычка? Вспомните, сколько проблем и несчастных случаев связано с такими вот «недозревшими». Есть только один эффективный способ этого избежать. Лучшая защита от инфантильных – просто не работать с ними. Не нужно пытаться изменить человека, нужно заменить его другим. Одного проблемного работника убрали – и другие сразу повзрослели. Иногда чужой горький опыт – тоже способ воздействия».

Как видим, если в коллектив приходит инфантильный работник, есть два варианта развития событий. Первый прост – расставаться с такими работниками как можно быстрее, второй посложнее – прививать им привычку к самостоятельности. Выбор зачастую зависит от целей руководителя и от кадровой политики, принятой в конкретной организации.

## ТЕСТ НА УРОВЕНЬ ИНФАНТИЛЬНОСТИ

Предлагаемый тест может помочь вам лучше понять себя и увидеть источник некоторых проблем.

Ответьте на следующие вопросы:

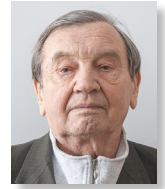
- 1. Бывают ли у вас беспричинные перепады настроения?**
  - Часто – 1 балл
  - Периодически (после серьезных нагрузок) – 2 балла
  - Никогда – 3 балла
- 2. Можете ли вы обидеться на коллегу, если он вас разыграет или пошутит в ваш адрес?**
  - Сильно обижусь – 1 балл
  - Отреагирую спокойно – 2 балла
  - Со мной шутки плохи – 3 балла
- 3. Вы смогли бы один (одна) поехать в отпуск?**
  - Нет – 1 балл
  - Может быть – 2 балла
  - Да – 3 балла
- 4. Вы расстраиваетесь, если ваши планы нарушаются?**
  - Очень (могу выйти из себя) – 1 балл
  - В зависимости от ситуации (но сначала проанализирую) – 2 балла
  - Со мной такого быть не может, мои планы под контролем – 3 балла
- 5. Можно ли сказать, что вы до сих пор зависите от своих родителей?**
  - Да (и морально, и материально) – 1 балл
  - Немного (помогают в сложных ситуациях) – 2 балла
  - Я давно самостоятельный человек (они от меня зависят) – 3 балла

Суммируйте баллы и читайте результаты:

**5–7 баллов.** Вы – человек инфантильный и не любите брать на себя ответственность. Вы обидчивы, непостоянны и мечтательны, что часто мешает вам видеть реальную ситуацию и находить правильные решения. Вы часто наступаете на одни и те же грабли, не делая выводов из своих ошибок. Многие ваши проблемы вызваны именно вашей инфантильностью. Пора меняться!

**8–13 баллов.** Вы не инфантильны, но сохранили детскую непосредственность и легкое отношение к жизни. В зависимости от ситуации и настроения вы можете быть собранным или рассеянным, серьезным или легкомысленным. Главное, чтобы ваше поведение определялось анализом ситуации и пониманием цели. Обращайте внимание на реакцию окружающих: то, что приемлемо в компании близких людей, в рабочих условиях может вызвать недоумение.

**14–15 баллов.** Вы – предельно ответственный взрослый человек без каких-либо признаков инфантильности. Вы – лидер, вы – авторитет, но людям бывает трудно общаться с «идеальным» коллегой. Позвольте себе иногда снизить планку серьезности.



В.П. СЕМИЧ,  
инженер, член Общественного  
объединения «Сообщество  
трудового права»

## ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В ПРАВИЛАХ РАССЛЕДОВАНИЯ И УЧЕТА НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 16 января 2024 г. № 36 в новой редакции утверждены Правила расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, утвержденные постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15 января 2004 г. № 30.

**Н**овая редакция Правил расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (далее – Правила) содержит значительное количество изменений и дополнений. Часть из них носит уточняющий характер, не меняя существа нормативных предписаний, часть обусловлена необходимостью приведения Правил в соответствие с вновь принятыми законодательными и иными нормативными правовыми актами (далее – НПА).

### Общие положения

**Пунктом 2** Правил расширен их понятийный аппарат. Так, определения терминов «состояние алкогольного опьянения», «состояние, вызванное потреблением наркотических средств, психотропных веществ, их аналогов, токсических или других одурманивающих веществ» установлены такими же, как в Инструкции о порядке проведения предсменного (перед началом работы, смены) медицинского осмотра работников и Инструкции о порядке проведения освидетельствования на предмет нахождения в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения работников, утвержденных постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 2 декабря 2013 г. № 116/119 (в редакции от 30 апреля 2020 г. № 45/47). Нахождение работника в любом из таких состояний, если оно способствовало причинению вреда его здоровью или увеличению размера этого вреда, явилось единственной причиной повреждения здоровья либо привело к смерти, является основанием для квалификации действий потерпевшего как грубой неосторожности либо признания повреждения здоровья нестраховым случаем. Тем самым обеспечивается единообразие законодательного регулирования в случаях отстранения от работы (недопуска к ней), квалификации действий работника и происшедшего с ним несчастного случая (далее – НС), а также осуществления страховых выплат.

Определение термина «вышестоящая организация» – «организация, уполномоченное должностное лицо которой от ее имени заключает трудовой договор с руководителем

страхователя по обязательному страхованию от НС на производстве и профессиональных заболеваний (далее – страхователь)» – позволит исключить различное понимание термина (в иных случаях организация не рассматривается как вышестоящая).

Введение терминов «неосторожность» и «грубая неосторожность» вносит большую определенность в аналогичные понятия, используемые в пункте 10 постановления Пленума Верховного Суда Республики Беларусь от 22 декабря 2005 г. № 12 (в редакции от 29 июня 2017 г. № 7) «О некоторых вопросах применения судами законодательства об обязательном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний», и позволит единообразно квалифицировать действия потерпевших.

Определение понятия «грубая неосторожность» содержит достаточно строгие формулировки действий потерпевшего, не относя к ним только случаи травмирования работника в период стажировки или до первичной проверки знаний по вопросам охраны труда, а также при отсутствии у него допуска к самостоятельной работе.

В пункте 2 Правил также даны определения терминов «микротравма», «групповой несчастный случай», «потерпевший», «заболевший».

Так, групповой несчастный случай – это «событие, в результате которого одновременно два и более работающих одного страхователя получили повреждения здоровья, повлекшие необходимость их перевода на другую работу, временную (не менее одного дня) или стойкую утрату ими профессиональной трудоспособности либо смерть». НС не рассматривается как групповой, если в результате пострадали работники разных страхователей. В то же время таковым будет считаться НС, при котором одновременно получили повреждения здоровья работающие по трудовому и по гражданско-правовому договору.

Термины «потерпевший» и «заболевший» используются в Правилах применительно к НС и к профессиональному заболеванию соответственно.

Определение термина «транспорт» включает перечисление всех средств, которые могут быть использованы для передвижения работника (включая средства персональной

мобильности), в соответствии с определениями, установленными в соответствующих законах Республики Беларусь.

При этом в новой редакции Правил не используются понятия «трудовое увечье», «иной представительный орган работников».

В **пункте 3** приведен перечень лиц, на которых распространяется действие Правил. В нем не упомянуты лица: проходящие обучение, трудовую реабилитацию и (или) практику на производстве; привлекаемые к труду в процессе лечения (трудотерапии) в организациях здравоохранения; привлекаемые в установленном порядке к оплачиваемым общественным работам. Однако это не означает, что на них не распространяется действие Правил, ибо они в этот период трудятся по срочному трудовому договору или по гражданско-правовому договору и поэтому подпадают под категорию работников или работающих.

Отметим, что действие Правил также распространяется на лиц, занимающих (занимавших) государственные гражданские должности, при назначении (избрании) на которые контракт не заключается. К указанным лицам относятся:

- лица, занимающие высшие государственные должности Республики Беларусь;
- лица, назначаемые на гражданские должности Президентом Республики Беларусь;
- заместители Председателя Всебелорусского народного собрания;
- депутаты Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь;
- члены Совета Республики Национального собрания Республики Беларусь;
- председатели местных Советов депутатов;
- судьи.

Особый порядок расследования НС с указанными лицами не установлен, поэтому в их отношении применяется общий порядок расследования согласно Правилам.

В отдельную категорию, на которую распространяется действие Правил, выделены работники, которые направляются в учреждения дополнительного образования взрослых, иные учреждения образования, иные организации, которым в соответствии с законодательством предоставлено право осуществлять образовательную деятельность, реализующие образовательные программы дополнительного образования взрослых, для профессиональной подготовки, повышения квалификации, стажировки и переподготовки.

В соответствии с **пунктом 4** Правил расследованию подлежат НС, происшедшие не только в рабочее время, но и во время специальных перерывов, а также во время перерывов для отдыха и питания.

В **подпункте 4.2** Правил уточнено, каким транспортом возможна доставка работников к месту выполнения работ и с места выполнения работ; в **подпункте 4.6** – на какие категории работников распространяется действие данного подпункта; в **подпункте 4.8** – что действие подпункта распространяется не только на случаи следования работника к месту командировки и обратно, но и на определенные случаи его передвижения в период командировки, а также на случаи, когда работа носит разъездной либо подвижный характер.

**Пунктом 9** Правил уточнены действия при НС не только работающих, но и других лиц, а также порядок сообщения о НС. **Пункт 10** предусматривает, что эти действия должны

осуществляться также в случаях, когда потерпевший не один, а **пункт 11** – что передавать соответствующие сведения возможно посредством системы межведомственного электронного документооборота государственных органов Республики Беларусь.

**Пунктом 12** Правил предусмотрено:

- информирование о каждом НС вышестоящей организации (при ее наличии) и местного исполнительного и распорядительного органа, на подведомственной территории которого расположен страхователь;
- информирование потерпевшего (при НС со смертельным исходом – одного из совершеннолетних членов его семьи) о начале проведения расследования (специального расследования) НС не позднее 1 рабочего дня после его начала.

Данным пунктом также впервые установлены действия в случае травмирования домашнего работника. Они предоставляют право территориальному подразделению Департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь (далее – Департамент) направлять запрос о тяжести полученной домашним работником травмы организации здравоохранения, которая, согласно **пункту 13** Правил, обязана не позднее 3 рабочих дней со дня получения запроса направить территориальному подразделению Департамента заключение по установленной форме.

**Пункт 14** Правил дополнен частью второй, предусматривающей обязанности организации, на территории которой произошел НС с работающим другого страхователя.

Согласно **пункту 16** Правил заменено требование о привлечении в пятидневный срок к дисциплинарной ответственности лиц, допустивших нарушения требований актов законодательства, технических нормативных правовых актов (далее – ТНПА), являющихся обязательными для соблюдения, а также локальных правовых актов (далее – ЛПА). Теперь привлечение указанных лиц к дисциплинарной ответственности должно осуществляться в соответствии с требованиями законодательства о труде (статья 200 Трудового кодекса Республики Беларусь).

В **пункте 17** Правил установлен порядок определения степени вины потерпевшего в случае, если он не является (являлся) членом профсоюза, или отсутствия профсоюза у страхователя, организации.

**Пунктом 18** Правил разграничены полномочия органов, осуществляющих контроль, и органов, осуществляющих надзор, в рассматриваемой сфере деятельности.

**Пункт 19** Правил устанавливает, что право принимать участие в расследовании НС имеет либо потерпевший, либо лицо, представляющее его интересы на основании письменного заявления. Тем самым исключается их одновременное участие в расследовании.

Согласно **пункту 20** Правил страхователь, организация обязаны издать ЛПА, которым определяется уполномоченное должностное лицо страхователя, организации, осуществляющее расследование НС, а также перечень лиц, участвующих в расследовании (по согласованию с заинтересованными сторонами). Этим же пунктом введена новая норма: несчастные случаи с работниками страхователя-физлица, независимо от тяжести полученных ими повреждений здоровья (в том числе со смертельным исходом), расследуются государственным инспектором труда Департамента (далее – госинспектор) с участием страхователя-физлица,

а также лиц, указанных в пункте 19 Правил (по их письменному заявлению).

### Расследование и учет несчастных случаев на производстве

**Пунктом 23** Правил установлен новый срок проведения расследования НС – не более 5 рабочих дней, а также возможность однократного продления этого срока не более чем на 5 рабочих дней уполномоченным должностным лицом страхователя, организации, проводящим расследование.

В **пункте 25** Правил детализировано, кем и в какой форме составляется акт о НС относительно отдельных категорий потерпевших.

Внесены изменения в **пункт 26** Правил. Так, **подпунктом 26.4** предусмотрено, что если НС произошел при резком ухудшении состояния здоровья непосредственно перед НС и это подтверждается записями камер видеонаблюдения или опросом потерпевшего, а также показаниями очевидцев (свидетелей), супруга (супруги), близких родственников потерпевшего, то НС квалифицируется как непроизводственный.

В абзаце четвертом **подпункта 26.5** Правил учитывается возможность травмирования работника при осуществлении действий перед началом и после окончания работы, предусмотренных не только правилами внутреннего трудового распорядка, но и иными ЛПА.

В абзаце третьем **пункта 27** Правил уточнено, что вредные производственные факторы создают опасность для здоровья работающего только в случае превышения ими предельно допустимого уровня (концентрации). Такой случай подлежит квалификации как НС на производстве.

В **пунктах 29, 30** Правил более детально определено, кто и в какой срок обязан сформировать документы расследования НС на производстве и передать их на рассмотрение руководителю страхователя, а также регламентированы действия страхователя по утверждению и рассылке этих документов.

**Пункт 32** Правил дополнен положением о том, что в случае несвоевременного сообщения о НС заявление о его расследовании может быть подано в шестимесячный срок со дня происшествия НС или установления факта утраты трудоспособности. То же установлено в **пункте 33** Правил относительно расследования НС в случае прекращения деятельности, ликвидации (в том числе в связи с банкротством) страхователя, организации.

В **пунктах 42, 44, 45** Правил обновлен порядок расследования НС с работниками, направленными страхователем для профессиональной подготовки, повышения квалификации, стажировки и переподготовки, домашними работниками и работниками, выполняющими дистанционную работу.

### Специальное расследование несчастных случаев на производстве

В **пункте 48** Правил изменен порядок информирования о НС со смертельным исходом или о групповом НС.

Вначале, в течение не позднее 2 часов с того момента, как о НС стало известно любому должностному лицу страхователя, организации (страхователю-физлицу), оповещаются посредством системы межведомственного электронного документооборота государственных органов Республики

Беларусь по телефону, телефаксу, другим средствам связи (за исключением почтового отправления), нарочным:

- районный (межрайонный), городской, районный в городе отдел Следственного комитета (СК) по месту, где произошел НС;

- территориальное подразделение Департамента, на поднадзорной территории которого зарегистрирована организация, страхователь.

Затем не позднее рабочего дня, следующего за днем происшествия НС, сообщение о нем направляется в вышеуказанные подразделения СК и Департамента, а также:

- в областное (Минское городское) объединение профсоюзов Федерации профсоюзов Беларуси (при отсутствии у страхователя, в организации профсоюза);

- в вышестоящую организацию (при ее наличии), республиканский орган государственного управления и местный исполнительный и распорядительный орган, на подведомственной территории которого расположен страхователь, страхователю потерпевшего (при НС с работающим у другого страхователя);

- в территориальный уполномоченный орган надзора, если НС произошел на поднадзорном ему объекте.

**Пунктом 49** Правил установлено, как принимать решения о порядке расследования в случае смерти потерпевшего после НС на производстве и наступившей в период временной нетрудоспособности. Возможны два варианта:

- смерть потерпевшего последовала в связи с НС на производстве;

- потерпевший умер от заболевания, не связанного с происшедшим НС (проведение расследования такого события в соответствии с требованиями Правил нецелесообразно).

На основании соответствующего заключения о причинах смерти будет принято решение о расследовании НС страхователем, организацией в специальном либо в общем порядке.

**Пунктом 52** Правил уточнен порядок информирования о НС в случае, если он произошел на объекте, поднадзорном уполномоченному органу надзора, а **пунктами 53, 54** – действия представителя уполномоченного органа надзора при участии его в расследовании НС (при привлечении к нему при необходимости).

В новой редакции **пункта 60** Правил срок, предоставляемый страхователю для формирования и тиражирования документов специального расследования, увеличен с 2 до 3 рабочих дней. В этом пункте акцентируется внимание на том, что и при специальном расследовании НС оценка наличия в действиях потерпевшего грубой неосторожности осуществляется не госинспектором, а уполномоченными представителями организации, страхователя (страхователем-физлицом) и профсоюза.

### Заключительные положения

В **пункте 79** Правил уточнены обязанности страхователя в случаях:

- выявления госинспектором нарушения порядка расследования либо оформления его результатов;

- проведения госинспектором расследования НС на производстве единолично.

**Пунктом 80** Правил Департамента, его территориальным подразделениям или суду предоставлено право устанавливать фактическое наличие трудовых или гражданско-правовых от-

ношений, которые не были оформлены в установленном порядке в письменной форме. Естественно, при установлении фактического наличия трудовых или гражданско-правовых отношений возникают обязанности субъекта хозяйствования по расследованию в установленном порядке происшедшего НС, а также по осуществлению страховых выплат по обязательному страхованию от НС на производстве. При установлении данного факта происшедший НС будет расследован в порядке, установленном пунктом 79 Правил.

**Пунктом 82** Правил детализирован порядок отмены заключения госинспектора либо внесения в него изменений.

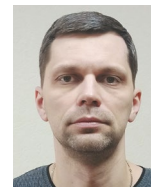
Правилами предусмотрено установление:

- порядка надзора Департамента за правильным и своевременным расследованием, оформлением и учетом НС, а также за выполнением мероприятий по устранению их причин (**пункт 18**);
- формы акта (заключения) уполномоченного органа надзора об организационных и технических причинах НС, лицах, допустивших нарушения требований ТНПА, обязательных для соблюдения, ЛПА, о мерах по предупреждению аналогичных НС (**пункт 54**);

- порядка вынесения госинспектором требования об устранении выявленных по результатам специального расследования нарушений требований актов законодательства (**пункт 63**);

- порядка выдачи страхователю, организации требования о проведении расследования НС, а также устранении других нарушений при выявлении факта сокрытия НС от расследования и учета, других нарушений Правил, а также нарушений порядка заполнения документов, составленных по результатам расследования (**пункт 79**).

Принятие соответствующих НПА в совокупности с постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 14 августа 2015 г. № 51/94 «О документах, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» обеспечит в полном объеме регламентирование вопросов, связанных с расследованием и учетом НС на производстве и профессиональных заболеваний.



А.М. НОРЕЙКО,  
главный специалист отдела ЛЭП  
РУП «Белэнергосетьпроект»

## УСТАНОВЛЕННЫ НОВЫЕ НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЛ 35 кВ И ВЫШЕ

*Комментарии к стандарту ГПО «Белэнерго» СТП 33240.20.188-23*

С 1 февраля введен в действие отраслевой стандарт СТП 33240.20.188-23 «Линии электропередачи воздушные напряжением 35 кВ и выше. Нормы технологического проектирования», утвержденный приказом ГПО «Белэнерго» от 29 декабря 2023 г. № 362. Документ введен взамен СТП 09110.20.188-11 «Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше».

СТП 33240.20.188-23 устанавливает нормы технологического проектирования, предназначенные для принятия технологических решений при разработке проектной документации по возведению, реконструкции и модернизации воздушных линий электропередачи переменного тока напряжением 35–750 кВ. Нормы, содержащиеся в стандарте, дополняют и поясняют правила устройства электроустановок, приведенные в ТКП 339-2022 (33240).

Пересмотр действовавшего ранее стандарта позволил гармонизировать нормы СТП 33240.20.188-23 с требованиями ТНПА, которые были введены в действие, изменены или отменены после его последнего переиздания (апрель 2011 года).

При разработке СТП 33240.20.188-23 все термины, обозначающие виды строительной деятельности, были приведены в соответствие с принятыми в Законе Республики Беларусь «Об архитектурной, градостроительной

и строительной деятельности в Республике Беларусь» от 5 июля 2004 г. № 300-3. Кроме того, уточнены ссылки на нормативные документы и внесены соответствующие правки в текст.

Структурно стандарт состоит из 14 разделов и двух приложений.

В **разделах 5–8** стандарта установлены требования:

- к выбору трассы воздушной линии;
- к проектированию опор и фундаментов;
- к техническим решениям по выбору проводов и грозозащитных тросов;
- к техническим решениям по выбору изоляции, арматуры, заземляющих устройств, защиты от перенапряжений.

В **разделе 9** регламентируются вопросы прохождения ВЛ по различным видам местности, их пересечения и сближения, в **разделе 10** – требования к ВЛ, проходящим в сложных климатических условиях. В связи с отменой СТП 34.20.511

и СТП 34.20.512, регламентировавших выполнение плавки гололеда, раздел 10 существенно пересмотрен.

**Разделом 11** стандарта установлено, что в составе проектной документации должны разрабатываться разделы «Охрана окружающей среды» и «Экологический паспорт проекта». Документ также содержит:

- требования, учитывающие последующую эксплуатацию ВЛ (**раздел 12**);
- требования к организации строительства ВЛ (**раздел 13**);
- требования к объему проектной документации и указания по проектированию (**раздел 14**).

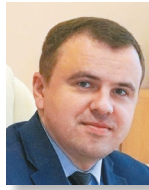
**Раздел 15** «Требования к проектированию ВОЛС-ВЛ» и связанные с ним приложения из стандарта исключены. Это изменение обусловлено появлением специализиро-

ванных ТНПА, содержащих требования к ВОЛС-ВЛ. Так, они приведены в подразделе 5.3.12 ТКП 339-2022 (33240).

В обязательном **приложении А** «Нормы отвода земельных участков для воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше» уточнены правила определения внешнего контура земельного участка с учетом ограничений, накладываемых программным обеспечением геоинформационных систем. Рекомендованное приложение Б содержит подходы к применению глубинных вертикальных заземлителей при сооружении заземляющих устройств опор ВЛ.

В процессе разработки СТП 33240.20.188-23 были учтены замечания и предложения заинтересованных организаций РУП-облэнерго. Вносимые изменения согласованы с ГПО «Белэнерго».

Н.П. ПАШКОВИЧ,  
начальник управления  
релейной защиты и автоматики  
ГПО «Белэнерго»



А.Н. МЕШКОВА,  
инженер управления релейной защиты  
и автоматики ГПО «Белэнерго»



## ВВЕДЕНЫ НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕРКЕ ИСПРАВНОСТИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КАНАЛОВ РЗА

*Комментарии к стандарту ГПО «Белэнерго» СТП 33240.35.602-23*

С 16 октября 2023 года вступил в силу СТП 33240.35.602-23 «Релейная защита и автоматика. Инструкция по проверке исправности высокочастотных каналов релейной защиты и противоаварийной автоматики». Документ введен взамен СТП 09110.35.602-05 «Типовая инструкция по проверке исправности высокочастотных каналов релейной защиты».

**П**ересмотр действовавшего ранее СТП 09110.35.602-05 был вызван необходимостью разработки новых требований в связи с изменением состава оборудования, работающего в высокочастотных (ВЧ) каналах релейной защиты в сети 110–750 кВ объединенной энергетической системы Беларуси.

Новый стандарт устанавливает требования для оперативного персонала при проверке исправности ВЧ-каналов релейной защиты и противоаварийной автоматики (РЗА) линий электропередачи напряжением 110–750 кВ и является основой для разработки соответствующих местных инструкций.

Структурно СТП 33240.35.602-23 состоит из девяти разделов и рекомендуемого приложения А.

В **разделах 1–4** установлена область применения стандарта, приведены используемые в нем нормативные ссылки, термины и определения, обозначения и сокращения.

**Раздел 5 «Общие положения»** содержит информацию о видах и элементах ВЧ-защит, применяемых в объединенной энергетической системе Беларуси, их действии

при коротком замыкании и другие общие положения по выполнению передачи блокирующих сигналов.

В **разделе 6 «Контроль канала высокочастотных защит»** изложен порядок контроля оперативным персоналом, обслуживающим устройства РЗА, каналов ВЧ-защит. В частности, установлено, что состояние каналов контролируется визуально по светодиодным индикаторам, показаниям приборов, встроенных в приемопередатчик, а также по информации, отображаемой на дисплеях приемопередатчика или на экране автоматизированного рабочего места оперативного персонала.

При отсутствии или неисправности устройства автоматического контроля (АК) или встроенного блока АК канал проверяется ежедневно (один раз в сутки) путем ручного пуска передатчиков на обоих концах воздушной линии электропередачи.

Дополнительно к ежедневной проверке ВЧ-каналы проверяют вручную в следующих случаях:

- перед вводом в работу ВЧ-защиты;
- после срабатывания устройств РЗА ВЛ;

- при срабатывании сигнализации о неисправности ВЧ-канала.

Определены также действия оперативного персонала в случае, если значения замеров не соответствуют указанным в стандарте.

СТП 33240.35.602-23 содержит перечень основных неисправностей ВЧ-канала, которые способна обнаружить его автоматическая проверка при помощи устройства АК или встроенного блока АК.

В разделе 7 «Контроль высокочастотных каналов передачи команд релейной защиты и противоаварийной автоматики» приведены:

- применяемые в энергосистеме виды устройств передачи аварийных сигналов и команд (УПАСК), работающих по ВЧ-каналу;
- порядок контроля состояния ВЧ-канала и виды неисправностей, которые такой контроль позволяет выявить при постоянной передаче контрольного сигнала;
- действия оперативного персонала при срабатывании сигнализации о неисправностях.

**Раздел 8 «Требования к действиям оперативного персонала при эксплуатации высокочастотного канала»** регламентирует порядок вывода и ввода ВЧ-защиты. Раздел также содержит требования о необходимости фиксирования в оперативном журнале всех видов неисправностей ВЧ-канала либо ВЧ-защиты, которые выявлены в результате срабатывания сигнализации.

**Раздел 9 «Обязательные требования при проверке высокочастотного канала»** определяет условия, при которых проводятся проверка ВЧ-канала и предварительная оценка его состояния. В разделе также установлено, что при проверке ВЧ-канала дифференциально-фазной ВЧ-защиты величина тока нагрузки должна быть достаточна для манипуляции ВЧ-сигнала и соответствовать указанной в местной инструкции по эксплуатации защит ВЛ.

В рекомендуемом **приложении А** приведена форма журнала проверки ВЧ-канала.

В ходе разработки СТП 33240.35.602-23 были учтены замечания и предложения государственного предприятия «Белорусская АЭС» и энергоснабжающих организаций, входящих в состав ГПО «Белэнерго».

О.Е. ЯМНЫЙ,  
главный специалист-  
электрик технического отдела  
РУП «Белэнергосетьпроект»



Н.А. ХИЛЬКО,  
ведущий специалист  
по стандартизации технического  
отдела РУП «Белэнергосетьпроект»



## УСОВЕРШЕНСТВОВАНЫ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ СЕТЕЙ 0,38–20 кВ И ИХ ИЗМЕРЕНИЮ

Комментарии к стандарту ГПО «Белэнерго» СТП 33240.20.360-23

С 25 сентября 2023 г. введен в действие СТП 33240.20.360-23 «Сети электрические напряжением 0,38–20 кВ. Требования к выполнению и пособие по измерению заземляющих устройств», утвержденный приказом ГПО «Белэнерго» от 20 сентября 2023 г. № 262. Стандарт введен взамен СТП 09110.20.360-01 (МР 09110.20.360-01) «Методические рекомендации по рациональному выполнению заземляющих устройств и пособие по их измерениям в сетях 0,38–10 кВ».

СТП 33240.20.360-23 разрабатывался в целях совершенствования требований к заземляющим устройствам (ЗУ) в электроустановках напряжением 0,38–20 кВ на вновь сооружаемых, подлежащих техническому перевооружению и реконструируемых энергообъектах РУП-облэнерго. Стандарт устанавливает требования к сетям напряжением 0,38–20 кВ в части проектирования, выполнения и измерения ЗУ воздушных линий и распределительных устройств соответствующего напряжения.

Документ разработан РУП «Белэнергосетьпроект» с учетом:

- последних публикаций Международной электротехнической комиссии (МЭК), касающихся технических и методических подходов к выполнению ЗУ;

- требований НПА и ТНПА Республики Беларусь и Российской Федерации;
- международных, региональных стандартов и стандартов организаций.

Новый стандарт содержит 13 разделов. В первых трех установлена область его применения, приведены нормативные ссылки и 89 терминов с определениями, а также перечень сокращений, относящихся к объекту стандартизации.

В **разделе 4** приведена классификация ЗУ, заземлителей и заземляющих проводников по выполняемым функциям, типу и конструктивному исполнению.

**Раздел 5** содержит общие требования к ЗУ, заземлителям и заземляющим проводникам электроустановок и состоит из 5 подразделов.

Подразделом 5.1 установлено, что характеристики ЗУ должны отвечать требованиям электробезопасности и надежной работы оборудования в нормальных и аварийных условиях в течение всего срока службы электроустановки. В подразделе перечислены ТНПА, которым ЗУ должны соответствовать.

В подразделе 5.2 установлены эксплуатационные функции электроустановок, которые должны обеспечивать ЗУ, и определена приоритетность требований, предъявляемых к защитному заземлению. В подразделе 5.3 содержатся требования к конструкции ЗУ.

Подраздел 5.4 определяет требования к ЗУ, заземлителям и заземляющим проводникам электроустановок подстанций напряжением выше 1 кВ в части нормируемых параметров по условиям обеспечения электробезопасности и электромагнитной совместимости для нормальных и наиболее опасных аварийных режимов.

Подраздел 5.5 устанавливает требования к ЗУ электроустановок напряжением до 1 кВ в части назначения, конструкции ЗУ, систем уравнивания потенциалов, главного заземляющего зажима (шины), заземляющих проводников, РЕ-проводников, а также надежности ЗУ. В подразделе приведены схемы разделения совмещенного защитного и нейтрального проводника.

В разделе 6 регламентируются вопросы нормирования электрических параметров ЗУ. В частности, приведены допустимые величины сопротивления грозозащитных, рабочих и защитных ЗУ различных видов электроустановок напряжением 0,38–20 кВ и расчетный сезон, при котором должны быть обеспечены эти величины.

Раздел 7 устанавливает требования к выполнению ЗУ на железобетонных опорах, ВЛП (ВЛ) 10 (20) кВ, разделы 8 и 9 – на ВЛИ и КЛ 0,38 кВ соответственно, раздел 10 – на РП и ТП 10/0,4 кВ. Конструктивное выполнение ЗУ приведено в разделе 11, а требования по обеспечению условий электробезопасности в электроустановках – в разделе 12.

В разделе 13 определены особенности выполнения заземлителей в сетях 0,38–20 кВ. Раздел содержит 8 подразделов, содержащих требования к выбору заземлителей,

рекомендации по расчету, выбору и выполнению ЗУ и их укладке в землю. Приведена методика выбора конструкции заземляющего устройства на стадии сооружения и изменения величины сопротивления ЗУ относительно расчетного сезона, а также условия изменения конструкции ЗУ.

Раздел 14 включает пособие по измерению сопротивления заземлителей (ЗУ), в котором изложены принципы, правила и порядок производства измерения сопротивления заземлителей, порядок устройства токового электрода и определения сопротивления по результатам измерений, а также подходы к измерению сопротивления заземлителей малых размеров.

Стандарт включает четыре приложения.

В справочном приложении А подробно рассмотрена система уравнивания потенциала в зданиях. Приведены:

- схемы соединения проводников уравнивания потенциалов и защитных заземляющих проводников (радиальная схема присоединения защитных проводников РЕ, радиальное соединение нескольких систем уравнивания потенциалов в виде сетки, совмещенная сетчато-радиальная система);
- требования по присоединению защитных проводников РЕ к кольцевому проводнику уравнивания потенциалов;
- подходы к выполнению сети уравнивания потенциалов в многоэтажных зданиях;
- требования к системе уравнивания потенциалов, защитным проводникам уравнивания потенциалов, защитным проводникам уравнивания потенциалов для дополнительного уравнивания.

Рекомендуемое приложение Б содержит рациональные конфигурации заземлителей опор ВЛ 0,38 и 10 (20) кВ, трансформаторных подстанций напряжением 10 (20)/0,4 кВ, состоящих из обязательного и дополнительного заземлителей, при более высоких удельных сопротивлениях грунта.

В справочных приложениях В и Г рассмотрены физические основы заземления и электробезопасности и приведены рекомендации в виде примеров по выбору дополнительных базовых элементов для доведения сопротивления ЗУ до нормируемых величин.

## НОВОЕ ИЗДАНИЕ



## ПРАВИЛА РАССЛЕДОВАНИЯ И УЧЕТА НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15.01.2004 № 30 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь от 16.01.2024 № 36)

### ОЗНАКОМИТЬСЯ

с документами можно  
в ЭИС «Энергодокумент»  
[energodoc.by](http://energodoc.by)

### ЗАКАЗАТЬ

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

Д.К. ПРОНЬКО,  
руководитель группы ХВО и ВХР  
цеха наладки тепломеханического  
оборудования филиала «Инженерный  
центр» ОАО «Белэнергоремналадка»



## УСТАНОВЛЕНЫ НОВЫЕ НОРМЫ В ОБЛАСТИ ВОДОПОДГОТОВКИ

Комментарии к стандарту ГПО «Белэнерго» СТП 33240.10.405-23

С 1 февраля вступил в силу СТП 33240.10.405-23 «Нормы удельного расхода хлористого натрия для нужд водоподготовительных установок, методические указания по их применению», утвержденный приказом ГПО «Белэнерго» от 29.12.2023 № 354. Стандарт введен взамен СТП 34.10.405-87 «Методические указания по применению норм удельного расхода поваренной соли для регенерации натрий-катионитовых фильтров водоподготовительных установок» и СТП 33243.10.404-16 «Нормы удельного расхода поваренной соли на регенерацию Na-катионитовых фильтров водоподготовительных установок».

СТП 33240.10.405-23 определяет нормы расхода хлористого натрия на регенерацию органопоглощающих и натрий-катионитовых фильтров, содержит методические указания по применению норм в отношении последних, а также устанавливает нормы расхода хлорида натрия на проведение соле-щелочных отмывок анионитовых фильтров обессоливающих установок.

При разработке стандарта были объединены требования СТП 34.10.405-87 и СТП 33243.10.404-16. В процессе работы над документом были изучены ТНПА, необходимые для его разработки, расширены и детализированы прежние нормативные требования в области водоподготовки.

В связи с тем, что основным действующим веществом при водоподготовке является хлористый натрий, в заголовке стандарта термин «поваренная соль» заменен термином «хлористый натрий».

Новая редакция СТП содержит следующие разделы:

- область применения;
- нормативные ссылки;
- термины и определения;
- общие положения;
- нормы удельного расхода хлористого натрия;
- расходы воды на собственные нужды;
- методика расчета расхода хлористого натрия.

В разделе 4 «Общие положения» приведены актуализированные данные о применяемых на энергообъектах ГПО «Белэнерго» фильтрующих ионообменных материалах, реагентах, схемах водоподготовительных установок и схемах регенерации.

В разделе 5 «Нормы удельного расхода хлористого натрия» приведены актуальные нормы расхода хлористого натрия для регенерации Na-катионитовых фильтров, применяемых в различных водоподготовительных установках и при использовании разных методов регенерации, а также для регенерации органопоглощающих фильтров и про-

ведения соле-щелочных промывок анионитов обессоливающих установок.

Введен раздел 6 «Расходы воды на собственные нужды», в котором установлен метод расчета объемного и процентного расхода воды на собственные нужды установки, даны указания по его применению.

В разделе 7 «Методика расчета расхода хлористого натрия» скорректирован порядок расчета расхода 100%-ного хлористого натрия на выработку 1 м<sup>3</sup> умягченной воды, а также на одну регенерацию органопоглощающих фильтров или одну соле-щелочную промывку анионитов обессоливающих установок. Приведена методика расчета годового потребления хлористого натрия на нужды водоподготовительных установок.

По результатам анализа замечаний и предложений, полученных от РУП-облэнерго и РУП «Белнипиэнергопром», в требования к водоподготовке внесен ряд изменений, в том числе:

- диапазон среднего значения жесткости исходной воды при использовании катионита КУ-2-8 или его аналогов расширен до значения 1,0–9,4 мг-экв/дм<sup>3</sup>;
- в шапке таблицы 5.1 раздела 5.2 термины «прямоточная регенерация» и «противоточная регенерация» заменены терминами «прямоточная технология» и «противоточная технология» соответственно;
- таблица 5.1 также дополнена нормами удельного расхода хлористого натрия, г/г-экв (прямоточная технология), для натрий-катионирования в схемах последовательного и параллельного водород-натрий-катионирования с катионитом марки КУ-2-8 или его аналогом;
- расширен перечень сортов хлористого натрия, применяемых для нужд водоподготовительных установок.

Стандарт предназначен для организаций, входящих в состав ГПО «Белэнерго».

А.А. РОМАНОВСКИЙ,  
начальник отдела эксплуатации  
и ремонта зданий и сооружений  
ГПО «Белэнерго»



## ВВЕДЕНА ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ БАШЕННЫХ И ВЕНТИЛЯТОРНЫХ ГРАДИРЕН

Комментарии к стандарту ГПО «Белэнерго» СТП 33240.22.402-23

С 1 января введен в действие СТП 33240.22.402-23 «Башенные и вентиляторные градирни. Инструкция по эксплуатации», утвержденный приказом ГПО «Белэнерго» от 14 декабря 2023 г. № 327. Стандарт введен впервые с отменой СТП 34.22.402 (РД 34.22.402) «Типовая инструкция по приемке и эксплуатации башенных градирен: МТ 34-70-001-82».

**Н**овый стандарт предназначен для организаций, входящих в состав ГПО «Белэнерго», в ведении которых находятся градирни, и определяет порядок приемки в эксплуатацию вновь построенных, реконструированных и отремонтированных градирен различных конструкций, их пуска, надзора, контроля за охлаждающим эффектом и способом устранения неисправностей.

**Разделом 5** стандарта установлено, что для осуществления эксплуатационного контроля за градирнями должны быть созданы службы технической эксплуатации, выполняющие функции ответственного эксплуатанта. Основные задачи при технической эксплуатации градирни – обеспечение работоспособности, безопасной эксплуатации и проектных режимов эксплуатации строительных конструкций и инженерных систем.

**В разделе 6** приведен порядок приемки градирен в эксплуатацию. В частности, регламентированы работа приемочной комиссии, порядок приемки строительных конструкций в эксплуатацию, пробный пуск и приемочные испытания градирни. Приемочные испытания проводятся с целью выявления фактического охлаждающего эффекта и сравнения его с проектным. Работу градирни следует считать удовлетворительной, если фактический охлаждающий эффект будет отличаться от проектного не более чем на 0,5 °С. Если охлаждающий эффект не соответствует проектному, прием градирни в эксплуатацию запрещается.

Определено, что в течение гарантийного срока монтажные и строительные организации обязаны в установленные комиссией сроки и за свой счет устранять дефекты, возникшие по их вине.

**В разделе 7** регламентированы вопросы эксплуатации градирен, включая подготовку градирни к пуску, пуск, обслуживание, зимний режим работы, останов, охрану труда при эксплуатации градирни и контроль за ее работой.

В частности, установлен порядок проведения необходимых мероприятий после кратковременного останова градирни перед ее пуском, а также порядок пуска градирни зимой. Приведены мероприятия, которые должны

проводиться после пуска градирни, находившейся в ремонте, реконструкции или зимней консервации.

Основной задачей при эксплуатации градирни является обеспечение надежности ее работы и поддержание охлаждающего эффекта на уровне проектных показателей. С этой целью необходимо ежедневно не реже одного раза в смену осуществлять надзор за состоянием элементов градирни.

Детальный осмотр элементов водораспределительного и оросительного устройств градирни с отключением отдельных зон орошения должен производиться не реже двух раз в год: перед летней и зимней эксплуатацией. Детальное обследование градирен проводится в соответствии с СТП 33240.22.301 «Методика обследования башенных и вентиляторных градирен».

Водосборный бассейн не должен иметь течей. Проверка его гидравлической плотности должна производиться в первые два года эксплуатации ежегодно, в дальнейшем – не реже одного раза в три года. Проверка осуществляется путем наблюдения за уровнем воды в бассейне в течение двух-трех суток при отключенной от других охладителей градирни и плотно закрытых задвижках на водоотводящих трубах.

Осмотр водораспределительной системы должен производиться в летнее время не реже двух раз в месяц. При этом следует выявлять и устранять неудовлетворительное разбрызгивание охлаждаемой воды по площади оросителя.

В зимнее время необходим особо тщательный контроль за работой градирни, чтобы не допустить обледенения оросителя и тем самым предотвратить его разрушение и снижение охлаждающего эффекта.

Пластмассовые оросители применяются при замене пришедших в негодность деревянных и асбестоцементных, а также при сооружении новых градирен большой производительности.

При осмотре железобетонной оболочки необходимо обратить внимание на состояние бетона, наличие следов его выщелачивания и обнаженной арматуры. Особенное

опасение должны вызывать признаки разрушения наклонной опорной колоннады.

В случае обнаружения дефектов, влияющих на прочность конструкции, они должны немедленно устраняться. Не допускается эксплуатация железобетонной оболочки со сквозными разрушениями.

Стандарт включает восемь обязательных приложений, в которых приведены:

- форма паспорта градирни (**приложение А**);
- форма журнала контроля температуры бетона (**приложение Б**);

- форма акта проверки внутренней очистки трубопроводов водораспределения градирни (**приложение В**);
- форма акта испытания арматуры технологических трубопроводов водораспределения градирни (**приложение Г**);
- форма акта испытания трубопроводов водораспределения градирни на прочность и плотность (**приложение Д**);
- форма журнала сварочных работ (**приложение Е**);
- форма журнала приемочных испытаний градирни (**приложение Ж**);
- нормативные характеристики башенных градирен площадью орошения 500–4200 м<sup>2</sup>, поправка на ветер (**приложение К**).



В.Г. ПЕТКЕВИЧ,  
начальник управления эксплуатации  
электротехнического оборудования  
ГПО «Белэнерго»

## ИЗМЕНИЛИСЬ ТРЕБОВАНИЯ К ВЕДЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМ, РАЙОННЫМ КОТЕЛЬНОМ И ПОДСТАНЦИЯМ 35 кВ И ВЫШЕ

*Комментарии к стандарту ГПО «Белэнерго» СТП 33240.20.601-24*

С 1 февраля введен в действие СТП 33240.20.601-24 «Электротехническое оборудование электрических станций, районных котельных и подстанций 35 кВ и выше. Ведение технической документации», утвержденный приказом ГПО «Белэнерго» от 29 декабря 2023 г. № 356. Стандарт разработан управлением эксплуатации электротехнического оборудования ГПО «Белэнерго» взамен СТП 33240.20.601-18 «Типовая инструкция по ведению технической документации и отчетности по подстанциям 35 кВ и выше».

**Н**овый стандарт устанавливает перечень инструктивных материалов и обязательной технической документации, связанной с оперативным обслуживанием, эксплуатацией и ремонтом электротехнического оборудования электрических станций, районных котельных и подстанций 35 кВ и выше объединенной энергетической системы Республики Беларусь, а также порядок ведения этой документации. В стандарт дополнительно были включены требования, относящиеся к электрическим станциям.

При разработке стандарта использованы следующие ТНПА в области технического нормирования и стандартизации:

- ТКП 339-2022 (33240) «Электроустановки на напряжение до 750 кВ...»;
- СТП 33243.04.181-17 «Правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей»;
- СТП 33240.12.102-22 «Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики»;
- СТП 33243.20.366-16 «Нормы и объем испытаний электрооборудования Белорусской энергосистемы»;

- СТП 33240.20.501-23 «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. Третье издание».

Стандарт включает 7 разделов и 16 обязательных приложений.

В **разделах 1–3** установлена область применения стандарта, приведены нормативные ссылки, применяемые в стандарте термины с определениями, обозначения и сокращения.

**Разделом 4 «Общая часть»** установлено, что техническая документация должна быть выполнена в форме, обеспечивающей удобное использование при эксплуатации и ремонтах электротехнического оборудования. Разделом определены требования к составу и объему технической документации, которая должна находиться в каждом электрическом цехе, службе электрохозяйства, филиале электрических сетей (подстанции с дежурным персоналом). Установлено также, что вид носителя документации (бумажный или электронный) определяется решением руководства РУП-облэнерго или филиала в зависимости от местных условий. Регламентированы также

оформление журналов, срок их хранения, порядок проверки руководящим административно-техническим персоналом.

В разделе 5 «Перечень технической документации» приведен в табличном виде перечень технической, проектной и приемно-сдаточной документации, инструкций, принципиальных схем по эксплуатации электроустановок, оперативной и эксплуатационно-ремонтной документации, документации по работе с персоналом и планированию ремонтных и эксплуатационных работ, которые должны в обязательном порядке храниться и применяться в подразделениях филиалов, указанных в данном разделе.

В разделе 6 «Ведение технической документации» установлены необходимые для выполнения работ журналы, акты, планы, графики, ведомости с кратким описанием их назначения и содержания, а также представлены их формы. В частности, требования раздела касаются принципиальных схем по эксплуатации электроустановок, оперативной, ремонтно-эксплуатационной документации, документации по работе с персоналом, документации по планированию и др.

Раздел 7 «Порядок продления срока эксплуатации электротехнического оборудования свыше нормативного» регламентирует общие подходы к продлению срока эксплуатации электротехнического оборудования, эксплуатируемого дольше срока, установленного производителем.

В приложениях А–С приведены формы журналов, актов, ведомостей, протоколов, которые не прописаны детально в разделе 6.

В частности, приведены:

**обязательное приложение А** к протоколу;

**рекомендуемые формы:**

- журнала технических данных и учета ремонтов электрооборудования (**приложение Б**);
- акта приемки из капитального (среднего) ремонта электрических аппаратов и оборудования (**приложение Г**);
- протокола по ультразвуковому контролю опорно-стержневого фарфорового изолятора (**приложение И**);

- протокола обследования фарфоровых покрышек выключателя типа ВВН-220 ПС «Южная 330 кВ» (справочно) на наличие дефекта «открытая микропористость» методом ультразвукового контроля (**приложение К**);

- таблицы для архивирования, создания базы данных по УЗНК опорно-стержневых изоляторов (ОСИ) на ПК (**приложение Л**);

- ведомости основных параметров технического состояния трансформатора (**приложение М**);

- годового графика испытаний (**приложение П**);

**формы:**

- журнала учета дефектов и неполадок оборудования (**приложение А**);

- карты испытания трансформаторного масла (**приложение В**);

- приемки из комплексного ремонта подстанции (**приложение Д**);

- журнала аккумуляторных батарей (**приложение Е**);

- акта технической комиссии (ТК) на продление дальнейшей эксплуатации объекта (электротехнического оборудования) со сроком эксплуатации свыше нормативного (**приложение Ж**);

- графика ремонтов основного электротехнического оборудования (**приложение Н**);

- плана комплексного капитального ремонта подстанций напряжением 35–750 кВ (**приложение О**);

- ведомости объемов работ по комплексному ремонту (**приложение Р**);

- графика отключений ВЛ и оборудования подстанции 35–330 кВ (**приложение С**).

Целью стандарта является установление единых подходов организаций, входящих в состав ГПО «Белэнерго», к ведению документации, объему, содержанию и удобству использования информации при организации управления, эксплуатации и ремонта электротехнического оборудования.

## АКТУАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ



# ПОЛОЖЕНИЯ О ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Сборник нормативных правовых актов Республики Беларусь

### ОЗНАКОМИТЬСЯ

с документами можно  
в ЭИС «Энергодокумент»  
[energodoc.by](http://energodoc.by)

### ЗАКАЗАТЬ

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

## Законы Республики Беларусь

Закон Республики Беларусь от 04.01.2024 № 341-3

«О присоединении Республики Беларусь к международному договору и мерах по реализации международных договоров в рамках Шанхайской организации сотрудничества»

Республика Беларусь присоединяется к Соглашению о порядке формирования и исполнения бюджета Шанхайской организации сотрудничества, подписанному в г. Сочи 1 декабря 2017 года.

Внесены дополнения в Закон от 07.07.2023 № 275-3 «О присоединении Республики Беларусь к международным договорам в рамках Шанхайской организации сотрудничества», в том числе центральными компетентными органами, ответственными за реализацию Шанхайской конвенции о борьбе с терроризмом, сепаратизмом и экстремизмом, от 15 июня 2001 года, определены Комитет государственной безопасности, Министерство внутренних дел и Государственный пограничный комитет.

Закон вступил в силу с 7 января 2024 года.

## Указы Президента Республики Беларусь

Указ Президента Республики Беларусь от 03.01.2024 № 1

«О Концепции государственной кадровой политики Республики Беларусь»

Утверждена Концепция государственной кадровой политики Республики Беларусь. Ее основными задачами являются:

- вовлечение трудоспособного населения в трудовую деятельность;
- обеспечение качественного кадрового потенциала и удовлетворение потребностей общества в квалифицированных кадрах;
- эффективное использование трудовых ресурсов и их оптимальное распределение между отраслями и регионами страны;
- совершенствование системы подбора и расстановки кадров с учетом их квалификации, профессиональных и личностных качеств, а также работы с резервами кадров;
- мотивация эффективного труда, повышение профессионализма и компетентности работников;
- совершенствование форм и методов оценки кадров и результатов их деятельности;
- обеспечение правовых гарантий и создание условий для работы и профессиональной карьеры.

Указ вступил в силу с 7 января 2024 года.

Указ Президента Республики Беларусь от 18.01.2024 № 21

«О Государственном знаке качества»

В Беларуси учрежден Государственный знак качества. Документом утверждены изображение и описание знака.

Порядок присвоения Государственного знака качества и перечень стимулирующих льгот и преференций, предоставляемых производителям при его присвоении, будут определены Правительством.

Указ Президента Республики Беларусь от 22.01.2024 № 23

«Об изменении указов Президента Республики Беларусь»

Внесены изменения в указы:

– от 24.06.2008 № 349 «О критериях отнесения хозяйственной и иной деятельности, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, к экологически опасной деятельности»;

– от 17.11.2011 № 528 «О комплексных природоохранных разрешениях».

Документом в новой редакции изложены:

– критерии отнесения хозяйственной и иной деятельности, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, к экологически опасной деятельности, утвержденные Указом № 349;

– перечень объектов, оказывающих комплексное воздействие на окружающую среду, установленный Указом № 528.

Указ вступил в силу с 23 января 2024 года.

## Постановления Совета Министров Республики Беларусь

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 26.12.2023 № 937

«Об изменении постановлений Совета Министров Республики Беларусь от 1 марта 2016 г. № 169 и от 18 января 2019 г. № 32»

Внесены изменения в постановление Совмина от 01.03.2016 № 169 «Об утверждении комплексного плана развития электроэнергетической сферы до 2025 года с учетом ввода Белорусской атомной электростанции и межотраслевого комплекса мер по увеличению потребления электроэнергии до 2025 года». В частности, новая редакция межотраслевого комплекса мер по увеличению потребления электроэнергии утверждена на период до 2030 года.

Скорректирован также перечень инвестиционных проектов по строительству пиково-резервных энергоисточников и установке электродкотлов, утвержденный постановлением Совмина от 18.01.2019 № 32. В частности, перенесен на 2024 год срок завершения реализации инвестиционных проектов:

- «Строительство пиково-резервного источника на Бerezовской ГРЭС»;
- «Строительство пиково-резервного энергоисточника на Лукомльской ГРЭС»;
- «Строительство пиково-резервного энергоисточника на ТЭЦ-5».

Постановление вступило в силу с 26 декабря 2023 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 29.12.2023 № 976

«О присоединении Республики Беларусь к международным договорам и реализации международных обязательств в рамках Шанхайской организации сотрудничества»

Республика Беларусь присоединяется к международным договорам в рамках Шанхайской организации сотрудничества (ШОС), в том числе:

- к Меморандуму между Правительствами государств – участников ШОС об основных целях и направлениях регионального экономического сотрудничества и запуске процесса по созданию благоприятных условий в области торговли и инвестиций и Протоколу к нему;
- к Соглашению о технической защите информации в Региональной антитеррористической структуре ШОС;
- к Соглашению между правительствами государств – членов ШОС о сотрудничестве в области культуры;
- к Соглашению между правительствами государств – членов ШОС о сотрудничестве в области сельского хозяйства;
- к Соглашению между правительствами государств – членов ШОС о сотрудничестве в сфере здравоохранения;
- к Соглашению между правительствами государств – членов ШОС о научно-техническом сотрудничестве;
- к Соглашению между правительствами государств – членов ШОС о сотрудничестве в области средств массовой информации;
- к Соглашению между правительствами государств – членов ШОС о сотрудничестве в области охраны объектов культурного наследия;
- к Протоколу между таможенными службами государств – членов ШОС о сотрудничестве в области подготовки и повышения квалификации должностных лиц таможенных органов;
- к Соглашению о межбанковском сотрудничестве (объединении) в рамках ШОС.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16.01.2024 № 14

[«О республиканском плане мероприятий по проведению в 2024 году Года качества»](#)

Утвержден республиканский план мероприятий по проведению в 2024 году Года качества. Документом предусмотрено 69 мероприятий, направленных на:

- укрепление экономического потенциала страны;
- обеспечение качественных показателей через стимулирование инициативы;
- формирование личной гражданской ответственности за достижение высокого качества жизни;
- информационное обеспечение Года качества.

Определены также цели мероприятий, механизмы и сроки их реализации, ответственные исполнители.

Постановление вступило в силу с 16 января 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16.01.2024 № 36

[«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 15 января 2004 г. № 30»](#)

Постановлением обновлены Правила расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, утвержденные постановлением Совмина от 15.01.2004 № 30 «О расследовании и учете несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».

Постановление вступило в силу с 25 января 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30.01.2024 № 66

[«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 31 декабря 2021 г. № 796»](#)

Внесены изменения в утвержденные постановлением Совмина от 31.12.2021 № 796 «О реализации Указа Президента Республики Беларусь от 5 октября 2021 г. № 381»:

- Положение о порядке организации проектирования и реконструкции распределительных электрических сетей;
- Положение о порядке частичного возмещения средств физическим лицам, участвовавшим в финансировании реконструкции распределительных электрических сетей.

Изменения касаются распределительных электросетей садоводческих товариществ.

Постановление вступило в силу с 2 февраля 2024 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 31.01.2024 № 73

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

С 1 февраля обнулены все ставки вывозных таможенных пошлин на нефть и нефтепродукты, вывозимые с территории Беларуси за пределы таможенной территории Евразийского экономического союза.

Ставки экспортных пошлин составят 0 долл. США за 1 т на сырую нефть, мазут, битум нефтяной, вазелин и парафин, отработанные нефтепродукты, прямогонный бензин, товарные бензины, дизельное топливо, легкие и средние дистилляты, бензол, толуол, ксилолы, масла смазочные, сжиженные углеводородные газы, этан, бутан, изобутан и др.

Ранее ставки вывозных таможенных пошлин в отношении сырой нефти и отдельных категорий товаров, выработанных из нефти, изменялись с 1 января текущего года постановлением Совмина от 29.12.2023 № 989.

Постановление вступило в силу с 1 февраля 2024 года.

### Министерство антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь

Постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 14.12.2023 № 73

[«Об изменении постановления Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 15 апреля 2021 г. № 27»](#)

Повышены тарифы на услуги по транспортировке нефтепродуктов по магистральному трубопроводу открытого акционерного общества «Гомельтранснефть Дружба» на территории Республики Беларусь, установленные постановлением МАРТ от 15.04.2021 № 27.

Постановление вступило в силу с 1 января 2024 года.

Постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 10.01.2024 № 1

[«Об изменении постановления Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 30 сентября 2016 г. № 31»](#)

Внесено изменение в постановление МАРТ от 30.09.2016 № 31 «О тарифе на услугу по транспортировке природного газа по системе распределительных трубопроводов».

Тариф на услугу по транспортировке газа по системе распределительных трубопроводов газоснабжающих организаций, входящих в состав государственного производственного объединения по топливу и газификации «Белтопгаз», повышен с 21,01 руб. до 22,27 руб. за 1000 м<sup>3</sup>.

Постановление вступило в силу с 20 января 2024 года.

# Женский образ энергетики

по мотивам творчества величайших художников мира

ГЕНЕРИРОВАНО НЕЙРОСЕТЬЮ



Стиль Густава Климта



Стиль Винсента Ван Гога



Стиль Сальвадора Дали



Березовская ГРЭС



Витебская ГЭС



Белорусская АЭС



*Стиль Клода Моне*



*Стиль Анри де Тулуз-Лотрека*



*Стиль Сальвадора Дали*



*Стиль Густава Климта*



*Гродненская ТЭЦ-2*



*Бобруйская ТЭЦ-2*



*Лукомльская ГРЭС*



*Жлобинская ТЭЦ*

*Идея и исполнение Анастасии Данюковой*

25-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ  
ВЫСТАВКА

9-12  
АПРЕЛЯ  
2024

# ВОДА & ТЕПЛО

Минск, пр. Победителей, 20/2

Футбольный манеж

VODAEURO.BY

Международная выставка «ВОДА И ТЕПЛО» ежегодно демонстрирует новые достижения в области отопительной техники, труб и арматуры, систем контроля, очистки и подачи воды, насосного оборудования, оборудования для бассейнов и саун.

Выставка ориентирована на удовлетворение потребностей как различных областей промышленности, так и индивидуальных потребителей.



3-й чемпионат  
МОНТАЖНИКОВ  
ТЕХНАРЬ PRO

ОРГАНИЗАТОР

 **ЭКСПОФОРУМ**  
выставочное предприятие

(+375 17) 367 34 30

voda@expoforum.by