

Энергетическая Стратегия

№3 (69) май–июнь 2019

научно-практический журнал



БелАЭС станет частью единого энергетического комплекса Беларуси

Интервью заместителя Министра энергетики Республики Беларусь М.И. Михадюка и первого заместителя генерального директора – главного инженера ГПО «Белэнерго» В.В. Боброва





КОМАНДА БЕЛЭНЕРГО СТАЛА ФИНАЛИСТОМ МЕЖДУНАРОДНОГО МОЛОДЕЖНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ФОРУМА

На площадке Петербургского международного экономического форума, проходившего 6–8 июня, в рамках финального этапа Международного молодежного энергетического форума состоялась защита проектов молодых специалистов. Команды из КНР (ГЭК Китая), Беларуси (ГПО «Белэнерго»), Сербии (Elektroprivreda Srbije, Elektromreza Srbije), России (ПАО «Россети») и Италии (Enel) представили свои проекты международному жюри.

В номинации «Лучшее предпринимательское и организационное решение» жюри присудило победу команде Республики Беларусь за проект «Взаимодействие с цифровыми игроками на сетевом рынке».

В состав команды вошли молодые специалисты ГПО «Белэнерго» М.А. Драко, А.В. Серемяжко, Э.И. Ёч, А.С. Трусов, М.Л. Иванчикова, Е.В. Тихая (РУП «Белэнергосетьпроект»), Е.В. Ивашко (РУП «БЕЛТЭИ»), А.А. Лавринович, И.О. Третьян (ОАО «Белэлектромонтажналадка»), Е.А. Зеневич (РУП «Брестэнерго»).



II Международная специализированная выставка
низковольтной электротехники и электроники

ELECTRO INSTALL 2019

Ноябрь 5–7



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР

Украина, г. Киев, Броварской пр-т, 15

тел.: (044) 201-11-57, 206-87-96, e-mail: lyudmila@iec-expo.com.ua

www.iec-expo.com.ua, www.tech-expo.com.ua

Альбом «ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ. 10 ЛЕТ С БЕЛОРУССКОЙ ЭНЕРГЕТИКОЙ»

ПО ИТОГАМ КОНКУРСА ЭЭС СНГ ПРИЗНАН ОДНИМ ИЗ ЛУЧШИХ ИЗДАНИЙ

20 июня в г. Москве состоялось подведение итогов Конкурса на лучшее печатное издание государств – участников СНГ, организованного в рамках Электроэнергетического Совета СНГ. Второе место в номинации «Непериодические издания» занял альбом «Энергетическая стратегия. Десять лет с белорусской энергетикой», изданный Информационно-издательским центром ОАО «Экономэнерго».

Альбом посвящен 10-летию с момента создания научно-практического журнала Министерства энергетики Республики Беларусь «Энергетическая стратегия». В фотографиях и фрагментах публикаций за период с 2008 по 2018 год нашли отражение наиболее яркие события в энергетической сфере Беларуси, значимые достижения и трудовые будни отраслевых организаций и предприятий. В альбоме запечатлены масштабные энергетические проекты и главная ценность отрасли – ее люди, энергетики с большой буквы, которые своим добросовестным и ответственным трудом обеспечивают стабильную и надежную работу Белорусской энергосистемы.

Редакция журнала благодарит организаторов и членов жюри конкурса за высокую оценку проделанной работы.

Мы также признательны Министерству энергетики Республики Беларусь за организационную и информационную поддержку издания.



СОДЕРЖАНИЕ

Учредитель

**МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Редакционная коллегия:

Закревский В.А.	к.т.н., заместитель Министра энергетики Республики Беларусь (председатель)
Бондарь А.М.	главный инженер ГП «Белорусская АЭС»
Бородуля В.А.	член-корр. НАН Беларуси, д.т.н., профессор, заведующий лабораторией Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси
Дрозд П.В.	генеральный директор ГПО «Белэнерго»
Забелло Е.П.	д.т.н., профессор кафедры «Электрооборудование сельскохозяйственных предприятий» БГАТУ
Карницкий Н.Б.	д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Тепловые электрические станции» БНТУ
Лиштван И.И.	д.т.н., академик НАН Беларуси, главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси
Малашенко М.П.	заместитель председателя Госстандарта – директор Департамента по энергоэффективности
Майоров В.В.	генеральный директор ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»
Кушнаренко А.И.	генеральный директор ГПО «Белтопгаз»
Русан В.И.	д.т.н., профессор кафедры практической подготовки студентов БГАТУ
Рыков А.Н.	к.т.н., директор РУП «Белнипиэнергопром»
Седнин В.А.	д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника» БНТУ (заместитель председателя)
Фурсанов М.И.	д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электрические системы» БНТУ
Якубович П.В.	директор РУП «БЕЛТЭИ»

НОВОСТИ

Новости ТЭК.....4

Мировая энергетика. Факты. Прогнозы. Аналитика7

ПРИОРИТЕТЫ

**БелАЭС станет частью единого
энергетического комплекса Беларуси**
*Интервью заместителя Министра энергетики Республики Беларусь
М.И. Михадюка и первого заместителя генерального
директора – главного инженера ГПО «Белэнерго» В.В. Боброва10*

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

Седнин В.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
«Промышленная теплоэнергетика и теплотехника» БНТУ,
Седнин А.В., к.т.н., доцент, заведующий центром автоматизированных систем
управления в теплоэнергетике и промышленности филиала НИПИ БНТУ,
Волков А.В., д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский
университет «МЭИ»,
Рыженков А.В., д.т.н., директор НЦ «Износостойкость»
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
Лукин М.В., к.т.н., доцент, старший научный сотрудник НЦ «Износостойкость»
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»

**Эффективность модификации поверхности теплообмена
конденсационных установок паровых турбин. Часть 2.....16**

Драко М.А., м.т.н., заведующий ЭТЛ ОУКЭ РУП «Белэнергосетьпроект»,
Мойсеев О.А., заместитель заведующего ЭТЛ ОУКЭ
РУП «Белэнергосетьпроект»,
Серемьяко А.В., заведующий ТВН ОУКЭ РУП «Белэнергосетьпроект»,
Ёч Э.И., инженер ТВН ОУКЭ РУП «Белэнергосетьпроект»

**О проблеме наведенного напряжения
на отключенных линиях электропередачи. Часть 1.....20**

МНЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТА

Забелло Е.П., д.т.н., профессор кафедры «Электрооборудование
сельскохозяйственных предприятий» БГАТУ

**К вопросу об интеграции объектов распределенной генерации
в энергосистему24**

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГОГАЗНАДЗОР

Лосенков Д.М., заместитель генерального директора ГУ «Государственный
энергетический и газовый надзор»

**О реорганизации органов государственного
энергетического надзора.....29**

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ

Колпашиков В.Л., к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник
Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси

**Совершенствование методики сведения баланса природного газа
в системе «газоснабжающая организация – потребители».....32**

НАУКА – ЭНЕРГЕТИКЕ

- Фурсанов М.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электрические системы» БНТУ, Дуль И.И., м.т.н., ведущий инженер отдела проектирования энергосистем РУП «Белэнергосетьпроект»
- Гистерезисная модель магнитной системы трансформаторов и управляемых шунтирующих реакторов37**

- Анищенко В.А., д.т.н., профессор кафедры «Электроснабжение» БНТУ, Лаптева Т.А., м.т.н., инспектор РЭГИ № 1 ММРО ЭУ филиала ГУ «Государственный энергетический и газовый надзор» по городу Минску и Минской области
- Надежность резервированных релейно-контактных систем41**

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО И ОПЫТ

- Авчинников А.Б., старший преподаватель Международного государственного экологического института имени А.Д. Сахарова БГУ
- Энергопотребление в странах мира46**

ПОДГОТОВКА КАДРОВ

- Хромов И.В., директор филиала «Учебный центр» РУП «Гомельэнерго»
- Опыт организации обучения потребителей по вопросам безопасной эксплуатации электро- и теплоустановок50**
- Высоцкая С.А., психолог филиала «Минские электрические сети» РУП «Минскэнерго»
- Инструменты эффективного управления мотивацией персонала.....52**

СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

- Тарашук А.М., к.т.н., начальник турбинного участка филиала «Инженерный центр» ОАО «Белэнергоремналадка»
- Новые Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Республики Беларусь**
- Комментарии к стандарту ГПО «Белэнерго» СТП 33240.20.501-19.....58**
- Национальный фонд ТНПА – энергетике60**

ПРАВО

- Новости законодательства (май–июнь).....62**

Энергетическая безопасность**Традиционная и ядерная энергетика****Газоснабжение и торфяная промышленность****Возобновляемая и малая энергетика****Энергоэффективность и экология****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.
Реклама	Бричкалевич А.А.

Уважаемые рекламодатели!

По вопросам размещения рекламы обращайтесь по тел.: (+375 17) 286-08-28
VELCOM (+375 29) 399-11-04
МТС (+375 33) 319-11-04

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.

Адрес редакции:

220088, г. Минск, ул. Захарова, 59
Тел./факс: (+375 17) 286-08-28
Тел.: (+375 17) 293-46-82
e-mail: info@energystrategy.by
2934682@mail.ru
www.energystrategy.by

Цена свободная

Свидетельство о регистрации журнала
№ 931 от 27.08.2010.

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

Отпечатано в ГОУПП «Гродненская типография». 230025, г. Гродно, ул. Полиграфистов, 4. ЛП №02330/39 до 29.03.2019. Печать офсетная. Бумага мелованная. Подписано в печать 21.06.2019 г., формат 60х90%, тираж 1500 экз., заказ № 2814.

© Информационно-издательский центр
ОАО «Экономэнерго», 2019

Фото на обложке Данюковой А.В.

НОВОСТИ ТЭК

Подписан международный договор об общем электроэнергетическом рынке ЕАЭС

29 мая в г. Нур-Султан (Республика Казахстан) по итогам заседания Высшего Евразийского экономического совета подписан международный договор о формировании общего рынка электроэнергии Союза (ОЭР). Это первый из трех подобных документов в сфере энергетики, которые должны быть заключены в рамках ЕАЭС.

Международный договор определяет правовые основы и принципы формирования, функционирования и развития ОЭР, устанавливает сферы, которые будут урегулированы соответствующими правилами, а также наделяет полномочиями Евразийский межправительственный совет и Совет Комиссии по утверждению актов, регулирующих ОЭР ЕАЭС. Документ определяет органы и организации, которые осуществляют управление и обеспечивают функционирование ОЭР, его участников и инфраструктурные организации, способы торговли электрической энергией.

Создание ОЭР позволит установить прозрачные рыночные цены на электроэнергию для потребителей и будет способствовать экономическому росту стран евразийской «пятерки». Предприятия государств-членов смогут покупать более дешевую электроэнергию на евразийском пространстве, что снизит себестоимость выпускаемой ими продукции и положительно отразится на ценах для конечных потребителей. Также формирование общего рынка позволит укрепить энергобезопасность стран Союза.

Еще одним важным шагом к созданию общего рынка электроэнергии стало присоединение Армении и Кыргызстана к Методологии осуществления межгосударственной передачи электрической энергии (мощности) между государствами-членами. Таким образом, Армения и Кыргызстан приняли общие

для ЕАЭС принципы и правила доступа к услугам субъектов естественных монополий в сфере электроэнергетики, включая основы ценообразования и тарифной политики.

Правительство продлило сроки интеграции БелАЭС в энергосистему

Постановлением Совета Министров от 25 апреля 2019 года № 260 сроки интеграции станции в энергосистему продлены до 2025 года. Это относится также к срокам предпроектной проработки и установки электродвигателей в котельных организациях, не входящих в состав ГПО «Белэнерго», разработки нормативных правовых актов, регулирующих вопросы формирования тарифов на электроэнергию, и реализации мероприятий по формированию оптового рынка электроэнергии. Строительство пиково-резервных энергоисточников на базе газотурбинных установок либо газопоршневых агрегатов суммарной мощностью до 800 МВт планируется завершить в 2021 году.

В Беларуси завершила работу миссия МАГАТЭ по учету и контролю ядерных материалов

В Беларуси завершила работу миссия консультативной службы МАГАТЭ по вопросам учета и контроля ядерных материалов (миссия ISSAS). Международные эксперты изучили работу белорусской государственной системы учета и контроля ядерных материалов в ходе выполнения соглашения с МАГАТЭ о применении гарантий в связи с Договором о нераспространении ядерного оружия, правовые основы этой работы, лицензионные требования в области использования атомной энергии и источников ионизирующего излучения, организацию надзора. Специалисты МАГАТЭ посетили БелАЭС, Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны, ряд других организаций.

Минэнерго уверено в возможности конструктивного сотрудничества Беларуси с Литвой в области ядерной энергетики

2 мая в Минэнерго состоялась встреча Министра энергетики Республики Беларусь В.М. Каранкевича с членом Комитета по промышленности, исследованиям и энергетике Европейского парламента Р. Паксасом. В ходе встречи стороны обсудили вопросы сотрудничества в энергетической сфере и перспективы его развития. Одной из тем обсуждения стал проект сооружения Белорусской АЭС.

В ходе встречи В.М. Каранкевич заявил, что Министерство энергетики уверено в возможности конструктивного сотрудничества Беларуси с Евросоюзом, а также с Литвой в области ядерной энергетики.

Глава Минэнерго напомнил, что наша страна на добровольной основе провела стресс-тесты АЭС и партнерскую проверку. По итогам стресс-тестов разработан национальный план действий по усилению безопасности БелАЭС. Беларусь активно взаимодействует с МАГАТЭ и Всемирной ассоциацией организаций, эксплуатирующих атомные станции (ВАО АЭС). Министр подчеркнул, что главным приоритетом при реализации проекта первой белорусской атомной станции является безопасность.



В ходе встречи Министра энергетики Республики Беларусь В.М. Каранкевича с членом Комитета по промышленности, исследованиям и энергетике Европейского парламента Р. Паксасом

Кадровые назначения



4 июня 2019 года на должность генерального директора ГПО «Белтопгаз» назначен Алексей Иванович Кушнарченко

Алексей Иванович Кушнарченко родился 8 августа 1975 года в г. Полоцке. В 1997 году окончил Полоцкий государственный университет по специальности «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», в 2007 году – Академию управления при Президенте Республики Беларусь по специальности «Экономика и управление на предприятии промышленности». Трудовую деятельность начинал в филиале «Витебское производственное управление газового хозяйства» ПРУП «Витебскоблгаз», где за короткое время прошел путь от мастера до заместителя директора филиала. С 2002 года работал на головном предприятии на руководящих должностях разного уровня. С 2010 года более 9 лет возглавлял РУП «Могилевоблгаз».

Является депутатом Могилевского областного Совета депутатов.

Запрос на проведение миссии ISSAS в Беларуси был направлен МАГАТЭ в марте 2018 года от имени МЧС Беларуси.

На БелАЭС завершены два важных этапа работы

28 апреля на первом энергоблоке Белорусской АЭС успешно прошла загрузка 163 имитаторов тепловыделяющих сборок (ТВС). Это ключевое событие подготовки реакторной установки к этапу холодной и горячей обкатки. На данном этапе имитаторы используются вместо штатных ТВС во время пусконаладочных работ. Они представляют собой точную копию рабочих сборок, полностью повторяют их конструкцию, но не содержат ядерного топлива.

В начале июня на втором энергоблоке АЭС завершен один из самых трудоемких процессов – натяжение пучков системы преднапряжения защитной оболочки (СПЗО). Проектом строительства Белорусской АЭС предусмотрено сооружение двух защитных оболочек здания реактора – внутренней и наружной. Внутренняя оболочка исключает выход радиоактивных веществ в окружающую среду, наружная – совместно с внутренней служит физической защитой от природных (ураган, землетрясение и т.д.) и техногенных внешних воздействий.

Цифровая трансформация – главная тема семинара национальных регуляторов в сфере энергетики

Заместитель Министра энергетики В.А. Закревский принял участие в семинаре национальных регуляторов в сфере энергетики в рамках инициативы «Восточное партнерство». Организаторами мероприятия, проходившего 21–22 мая в г. Минске, с европейской стороны выступили Европейская комиссия, Совет европейских органов регулирования энергетики (CEER), Совет по регулированию Энергетического сообщества (ECRB). В составе участников – представители регулирующих органов ЕС и стран-партнеров, госорганов, различных организаций.

Основной темой мероприятия стала цифровизация. Выступая на семинаре, В.А. Закревский подчеркнул своевременность и актуальность вопросов, находящихся в фокусе

внимания участников, так как на современном этапе цифровизация обеспечивает конкурентные преимущества, является важнейшей составляющей формирования современного информационного общества. «Объединяя виртуальную реальность и материальный мир, благодаря глубоким знаниям в области энергетики и владению соответствующими технологиями можно добиться таких ключевых результатов цифровизации в энергетике, как повышение эффективности, снижение себестоимости продукции, ускорение технологических процессов, создание новых интеллектуальных экосистем, которые ближе к потребителю», – отметил заместитель Министра.



Заместитель Министра энергетики Республики Беларусь В.А. Закревский выступает с приветственным словом на семинаре национальных регуляторов в сфере энергетики

Подведены итоги работы организаций ГПО «Белэнерго» за I квартал

14 мая в Минске состоялось заседание Президиума Совета ГПО «Белэнерго». В мероприятии приняли участие заместитель Министра энергетики С.В. Реентович, председатель Республиканского комитета Белорусского профессионального союза работников энергетики, газовой и топливной промышленности В.В. Диклов, руководители ряда организаций и структурных подразделений ГПО «Белэнерго».

Участники мероприятия обсудили итоги выполнения доведенных ключевых показателей эффективности работы, вопросы антикоррупционной деятельности, охраны труда, реализацию мероприятий, предусмотренных комплексным планом развития электроэнергетической сферы до 2025 года с учетом ввода Белорусской атомной электростанции, отраслевой программы развития электроэнергетики на 2016–2020 годы, выполнение технико-экономических показателей работы энергосистемы и другие вопросы.

В I квартале 2019 года были приняты в эксплуатацию: установка оборудования подготовки топлива для котла на МВТ на мини-ТЭЦ «Барань»; административно-бытовое здание Лель-

чицкого участка филиала «Энергосбыт» РУП «Гомельэнерго»; 2-я очередь второго пускового комплекса ПС 110 кВ «Островец-Восточная»; 4-я очередь первого пускового комплекса АСУ ТП Минских тепловых сетей. Осуществлены строительство и реконструкция тепловых сетей протяженностью 16,7 км, электрических сетей 0,4–330 кВ протяженностью 252,4 км.

Подготовлено по материалам Минэнерго, ГПО «Белэнерго», ГПО «Белтопгаз», информагентств, собственных корреспондентов

Поздравляем!

Определены победители соревнований бригад по ремонту и обслуживанию распределительных сетей 0,4–10 кВ

16 июня на базе учебно-тренировочного полигона филиала «Гродненские электрические сети» РУП «Гродноэнерго» завершились республиканские соревнования профессионального мастерства бригад по ремонту и обслуживанию распределительных электрических сетей 0,4–10 кВ. Первое место с большим отрывом заняла команда РУП «Гродноэнерго», второе – команда РУП «Минскэнерго», третье – команда РУП «Витебскэнерго». Остальные места распределились следующим образом: четвертое место – РУП «Гомельэнерго», пятое – РУП «Могилевэнерго», шестое – РУП «Брестэнерго».

Команда-победитель продолжит подготовку к следующему этапу – международным соревнованиям профмастерства, которые пройдут в Казахстане в сентябре.



Названы лучшие организации ГПО «Белэнерго»

В Министерстве энергетики Республики Беларусь подведены итоги отраслевого производственного соревнования среди коллективов организаций, входящих в состав ГПО «Белэнерго», за 12 месяцев 2018 года. Лучшими среди энергоснабжающих организаций признаны РУП «Гродноэнерго» (первое место), «Брестэнерго» (второе место), «Минскэнерго» (третье место); среди электростанций – Березовская ГРЭС, Гомельская ТЭЦ-2, Жодинская ТЭЦ; среди филиалов «Электрические сети» – Минские электросети, Ошмянские электросети, Барановичские электросети; среди филиалов «Тепловые сети» – Витебские теплосети, Лидские теплосети, Брестские теплосети; в группе других организаций – РУП «ОДУ», ГП «Белэнергострой», ОАО «Белэнергоремналадка», занявшие первое, второе и третье призовые места соответственно.

ОАО «Западэлектросетьстрой» признано лучшим экспортером 2018 года

По итогам конкурса «Лучший экспортер 2018 года», организованного Белорусской торгово-промышленной палатой, победителем в номинации «Услуги» стало ОАО «Западэлектросетьстрой». Объем экспорта его услуг по итогам 2018 года составил более \$ 65 млн. Уже более 50 лет предприятие участвует в международных проектах. География партнерства обширна – Китай, Россия, Украина, Польша, Грузия, Азербайджан, Литва, Латвия и др. В частности, на протяжении трех лет предприятие сотрудничало с китайской компанией NCPE.



МИРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Факты. Прогнозы. Аналитика

Проблемы «Турецкого потока»

Большая часть газопровода «Турецкий поток» уже готова: с российской стороны сухопутная и морская части – на 100 %, с турецкой – на 73,5 %. Планируется, что «Турецкий поток» будет введен в эксплуатацию в ноябре текущего года, а первый газ по нему будет пущен к 31 декабря.

Газопровод проложен из России в Турцию по дну Черного моря в обход транзитеров. Первая нитка мощностью 15,75 млрд м³ газа в год рассчитана на турецкий рынок, вторая (аналогичная) – на поставки в страны Южной и Юго-Восточной Европы. Вторая очередь маршрута пока находится на стадии согласования с европейскими странами, по территории которых он будет проходить. Пока же газ из России в Турцию поступает транзитом через Украину и по трубам «Голубого потока».

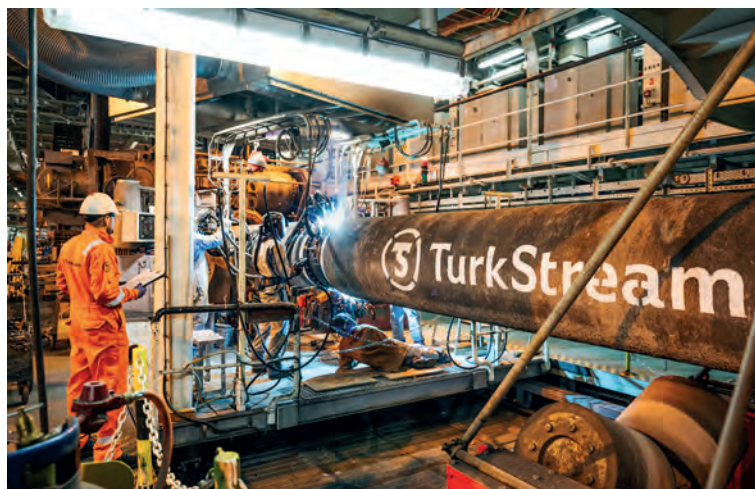
Прошло уже более полугода с момента, когда главы России и Турции запустили сварку завершающего стыка морской части газопровода, но до сих пор стороны не могут договориться о цене на российский газ, который пойдет по этому маршруту. Между тем конкурентов у России на турецком рынке немало. Анкара успешно превращается в важнейший топливный хаб Европы, который может диктовать свою волю не только потребителям, но и поставщикам.

В 2018 году был запущен Трансанатолийский газопровод (TANAP) мощностью 16 млрд м³ в год. По нему газ с каспийского месторождения Шах-Дениз идет через территорию Азербайджана, Грузии в Турцию и далее к границам Греции и Болгарии. Кроме того, Анкара закупает газ у Ирана.

Турция сейчас – крайне конкурентный рынок сбыта. СПГ страна закупает у разных поставщиков – Катара, США и других стран, в зависимости от того, чье предложение выгоднее. В прошлом году закупки Турцией СПГ выросли на 13,2 %. Одновременно закупки российского трубопроводного газа снизились более чем на 17 %. Аналитики констатируют, что тенденция сохранится и в этом году, причем цифры роста импорта СПГ и падения закупок российского газа станут еще выше.

На фоне теплой зимы и спада на азиатских рынках цены на сжиженный газ в Европе упали до рекордно низких уровней, и на данный момент он дешевле российского газа. По данным ассоциации GIIGNL – международной группы импортеров СПГ, в прошлом году Турция закупила порядка 8,3 млн т этого топлива (18,6 млрд м³ с учетом коэффициента пересчета), став вторым по величине импортером сжиженного газа в Европе. При этом в 2018 году страна снизила закупку российского газа на 17,24 % – с 29 до 24 млрд м³ в год, что является самым низким показателем с 2012 года.

В целом в последний год импорт Турцией голубого топлива снизился на фоне ухудшения привлекательности использования газа в электрогенерации и снижения его потребления в коммунально-бытовом секторе. Таким образом, потребности в газе у Турции сокращаются, а пул поставщиков только растет.



В России принята новая Доктрина энергетической безопасности

Указом Президента Российской Федерации от 13 мая 2019 года № 216 утверждена новая Доктрина энергетической безопасности Российской Федерации, которая является документом стратегического планирования в сфере национальной безопасности РФ. Доктрина разработана Министерством энергетики России совместно с другими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти и организациями ТЭК.

К основным направлениям обеспечения энергетической безопасности в документе отнесены: совершенствование государственного управления в области обеспечения безопасности, поддержание на необходимом уровне минерально-сырьевой базы и основных производственных фондов организаций ТЭК, оптимизация территориально-производственной структуры ТЭК с учетом необходимости укрепления единства экономического пространства страны, обеспечение международно-правовой защиты интересов российских организаций ТЭК и энергомашиностроения, поддержка экспорта их продукции, технологий и услуг, обеспечение технологической независимости ТЭК и повышение его конкурентоспособности.

Для своевременного выявления вызовов, угроз и рисков для энергетической безопасности и оперативного реагирования на них Доктриной предусмотрено формирование системы управления соответствующими рисками, а также проведение мониторинга и оценка состояния энергетической безопасности страны.

Конкретизацию и развитие положений Доктрины, в том числе планирование мер по обеспечению энергетической безопасности, предполагается произвести при доработке проекта Энергетической стратегии России на период до 2035 года, а также в других документах стратегического планирования и нормативных правовых актах.



Введен в эксплуатацию крупнейший ветропарк на Балтике

На немецком острове Рюген введен в эксплуатацию крупнейший в Балтийском регионе ветропарк Arkona мощностью 385 МВт. Он был возведен за рекордное время – 14 месяцев, на проект затрачено около € 1,2 млрд. По прогнозам, электроэнергии нового ветропарка будет достаточно для энергоснабжения в среднем 400 тыс. домохозяйств. Кроме того, его эксплуатация позволит сократить выбросы CO₂ на 1,2 млн т в год.

Это четвертый ветропарк ФРГ на балтийском побережье и четвертый подобный объект компании Equinor в Европе. Портфель ветроэнергетических проектов Equinor в настоящее время обеспечивает возобновляемой энергией 1 млн европейских домохозяйств. Компании также принадлежат доли в проектах Baltik II и III в польском секторе Балтийского моря. В Великобритании Equinor выступает оператором ветропарков Sheringham Shoal, Dudgeon и Hywind Scotland.

Наряду с Германией и Норвегией в проекте строительства Arkona участвовала Франция. Французская Engie подписала четырехлетний контракт на закупку электроэнергии у оператора Arkona Offshore Wind Farm – совместного предприятия Equinor и E.ON.

По плану правительства ФРГ к 2030 году 65 % электроэнергии в стране должно вырабатываться из возобновляемых источников.

Япония планирует субсидировать производителей ядерной энергетики

Правительство Японии рассматривает вопрос о создании системы субсидирования производителей электроэнергии на атомных станциях. Эта инициатива обусловлена тем, что АЭС должны соответствовать более жестким стандартам безопасности после аварии на атомной станции «Фукусима-1» в 2011 году. Производство электроэнергии на АЭС является самым экономичным способом генерации, но значительные затраты на обеспечение безопасности мирного атома в Японии существенно сокращают его конкурентоспособность.

К 2030 году японское правительство планирует генерировать на атомных электростанциях до 22 % электроэнергии, однако для этого стране необходимо реанимировать атомную промышленность. В связи с этим власти намерены создать систему субсидий уже к концу следующего финансового года

в соответствии с запланированным пересмотром системы льготных тарифов, устанавливающей цены на покупку электроэнергии, произведенной на ВИЭ. Это позволит производителям, использующим АЭС, добавить определенный процент к цене электроэнергии, которую приобретают у них розничные продавцы. Подобный опыт уже был в штате Нью-Йорк, где внедрили такую систему поддержки АЭС.

В 2030 году японские власти начнут требовать от розничных продавцов закупать 44 % электроэнергии из неископаемых источников, таких как АЭС и ВИЭ. Пока же в Стране восходящего солнца общественное мнение в отношении АЭС

остается неоднозначным, и, возможно, это затруднит продвижение программы субсидий, так же как и распространение ВИЭ усложнит перспективы развития ядерной энергетики.

В Мировом энергетическом совете поддержали «Северный поток – 2»

Генеральный секретарь Мирового энергетического совета Кристофер Фрай поддержал строительство «Северного потока – 2». Он отметил, что Европе выгодно закупать газ у России и подчеркнул важную роль голубого топлива в условиях отказа от угля и нефти в качестве источников энергии.

Строительство «Северного потока – 2» предполагает прокладку двух ниток трубопровода по дну Балтийского моря от России до Германии. Газопровод пройдет через территориальные воды или исключительные экономические зоны Финляндии, Швеции и Дании, которая еще не дала разрешение на строительство.



В Европе реализацию проекта поддерживают Норвегия, Австрия и Германия, заинтересованные в надежных поставках газа. Против выступают Литва, Латвия, Польша, называющие проект политически мотивированным, и Украина, не желающая терять доходы от транзита российского газа.

Реализации проекта также противодействуют США, которые хотят наладить поставки в Европу своего СПГ. Законопроект, подготовленный американскими сенаторами, предусматривает введение санкций против лиц и компаний, участвующих в стро-

ительстве газопровода «Северный поток – 2». Под санкции также попадут физические и юридические лица, которые продают или арендуют суда для использования их в строительстве «Северного потока – 2», и те, кто предоставляет для этих кораблей финансовую и техническую поддержку, а также страхует их.

Представитель оператора проекта Nord Stream 2 Йенс Мюллер заявил, что проект полностью соответствует закону и не нуждается в плане Б на случай введения санкций США. Он подчеркнул, что финансирование строительства полностью гарантировано со стороны инвесторов и акционеров, а укладка труб продолжается согласно плану.

Российские эксперты считают «Северный поток – 2» важнейшим вкладом в укрепление энергетической безопасности Европы. Новая магистраль составит серьезную конкуренцию американским производителям и поставщикам газа. После начала эксплуатации трубопровода европейские потребители смогут экономить € 8 млрд в год за счет снижения цены на газ на 13 %.

Ученые сделали большой шаг к производству «зеленого» водорода

Команда исследователей, возглавляемая специалистами из университета Ньюкасла, представила первый термодинамически обратимый химический реактор, способный синтезировать водород как поток чистого продукта. В проекте участвовали также ученые из университетов Дарема и Эдинбурга и Европейского центра синхротронного излучения во Франции.

Утверждается, что устройство является «трансформационным» шагом вперед. Система позволяет избежать смешивания реагирующих газов, проводя кислород между потоками с помощью твердотельного резервуара. Кислородный резервуар разработан так, чтобы оставаться в состоянии относительного равновесия с потоками газообразных реагентов, следующих по реакционной траектории. Элемент обладает «химической памятью»: он запоминает состояния, с которыми сталкивался. В результате исключается потребность в дорогом разделении конечных продуктов.

Все процессы, химические, механические или электрические, являются термодинамически необратимыми. Это снижает их эффективность. Новая система впервые решает эту проблему. Использование воды и CO для синтеза водорода и углекислого газа предотвращает загрязнение целевого продукта. Команда ученых показала возможность достижения высокого уровня конверсии. Водород и CO₂ синтезируются на противоположных сторонах системы как чистые продукты.

В Иране работают свыше 3200 фотоэлектростанций на крышах

В настоящее время в Иране функционируют более 3200 фотоэлектрических станций, смонтированных на крышах зданий. Более 90 % таких систем были установлены в неблагоприятных районах. Эксперты утверждают, что создание солнечных электростанций привело к повышению уровня жизни жителей приграничных и слаборазвитых районов. Планируется, что к марту 2020 года в стране будет установлено на крышах более 2000 новых фотоэлектрических станций.

На возобновляемые источники энергии, включая гидроэнергетику, в Иране приходится всего 6 % выработки энергии, а доля природного газа достигает 90 %. Мощность иранских электростанций на возобновляемых источниках в настоящее

время составляет 724 МВт, одновременно строятся новые электростанции мощностью 416 МВт.

Из общей мощности энергообъектов Ирана, использующих ВИЭ, 44 % приходится на солнечные электростанции, 40 % – на ветроэлектростанции и 13 % – на малые ГЭС. В ближайшие пять лет Иран планирует увеличить мощность зеленой энергетики на 5000 МВт для удовлетворения растущего внутреннего спроса и расширения своего присутствия на региональном рынке электроэнергетики.

Свыше половины населения Северной Кореи живет без электроснабжения

Согласно докладу Всемирного банка, КНДР – одно из 20 государств мира с наиболее острым дефицитом электричества: свыше половины населения страны проживает без электроснабжения. Страна вошла в перечень государств мира с самым низким уровнем обеспеченности электрической энергией – наряду с Эфиопией, Угандой, Танзанией и Мали.

В 2017 году только 44 % из 25 млн жителей Северной Кореи имели доступ к электричеству, что значительно ниже среднего мирового показателя, составляющего 89 %. Даже в столице страны Пхеньяне подача электроэнергии строго нормирована и ее осуществляют по графику: в жилых домах отключают ровно в 23:00 и возобновляют только в 5 часов утра.

Одна из причин дефицита электричества в Северной Корее – жесткие экономические санкции, которые действуют против республики. В частности, значительно снижены поставки зарубежного оборудования, что осложняет создание новых электрогенерирующих мощностей. Тем не менее зарубежные эксперты утверждают, что в стране намечается положительная динамика развития энергетики.

США резко нарастили импорт нефти из России

По итогам первых двух недель мая поставки нефти из России в Штаты вышли на отметку в 5 млн барр. Об этом сообщили эксперты Bloomberg. В инвестиционном банке Каракаса подтвердили, что объем поставок в США черного золота российского происхождения в последнее время действительно стремительно вырос. Американские НПЗ запланировали трехкратное увеличение приема сырья из Российской Федерации.

Аналитики констатировали, что российские поставки демонстрируют весьма уверенный рост на фоне сокращения объемов экспорта из иных регионов нефтедобычи. Венесуэльские поставщики оказались сейчас под действием санкционных ограничений, тогда как ОПЕК продолжает уменьшать суммарные объемы производства.

Кроме того, Белый дом пошел на такую меру, как ужесточение санкций в отношении Ирана. В частности, они включали запрет на осуществление закупок черного золота. На шесть месяцев исключение было сделано для восьми государств, в числе которых оказались Япония, Турция и Китай. Срок действия этих исключительных условий изначально должен был продлиться до 2 мая 2019-го, но в конце апреля Дональд Трамп объявил об отмене всех послаблений в отношении объемов экспорта нефти из Ирана.

Подготовлено по материалам международных энергетических агентств, информационных порталов и печатных СМИ

БЕЛАЭС СТАНЕТ ЧАСТЬЮ ЕДИНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА БЕЛАРУСИ

К сведению

В настоящее время на Белорусской АЭС продолжаются полномасштабные работы на всех зданиях и сооружениях первого и второго энергоблоков.

Первый энергоблок находится в высокой степени готовности. На энергоблоке и общестанционных сооружениях завершаются строительно-монтажные работы. Ведутся пусконаладочные работы на всех технологических системах.

Ряд систем станции уже функционируют по штатной схеме, в том числе системы технического водоснабжения и химической водоподготовки. По штатной схеме также подано напряжение на площадку строительства АЭС для выполнения пусконаладочных работ, которые ведутся практически во всех цехах первого энергоблока.

Успешно прошла загрузка имитаторов тепловыделяющих сборок. Следующим этапом станет холодная и горячая обкатка всего оборудования, которая завершится его ревизией.

Строительно-монтажные работы на втором энергоблоке выполнены на 67 % от запланированного объема. Смонтированы корпус реактора и основное оборудование реакторной установки, ведется монтаж технологических трубопроводов, систем турбины и электротехнического оборудования.



Указом Президента Республики Беларусь от 11 мая 2019 года № 172 предусмотрено вхождение с 1 января 2020 года республиканского унитарного предприятия «Белорусская атомная электростанция» в состав государственного производственного объединения электроэнергетики «Белэнерго».

О значении этого события для энергетической сферы страны корреспонденту журнала рассказали заместитель Министра энергетики Республики Беларусь М.И. Михадюк и первый заместитель генерального директора – главный инженер ГПО «Белэнерго» В.В. Бобров.



**Заместитель Министра энергетики Республики Беларусь
Михаил Иванович Михадюк**

О вхождении Белорусской АЭС в состав ГПО «Белэнерго»

Сегодня проект строительства Белорусской АЭС находится в активной стадии реализации. Осенью планируется обеспечить физический пуск первого энергоблока, затем энергетический пуск, после чего наступит этап опытно-промышленной эксплуатации. По завершении этих ключевых событий с выходом на номинальную мощность первый энергоблок будет введен в промышленную эксплуатацию. Аналогичные стадии пройдет второй энергоблок, и Белорусская АЭС вступит в стадию эксплуатации, которая продлится не менее 60 лет.

На этапе эксплуатации потребуется обеспечить выполнение значительного объема работ по многим направлениям. Это обеспечение поставок ядерного топлива; обращение с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом; ремонтно-эксплуатационное обслуживание оборудования, зданий и сооружений АЭС; обеспечение работы систем ядерной и радиационной безопасности, а также системы физической защиты; подготовка кадров и формирование

специализированных отраслевых организаций для обслуживания АЭС; разработка нормативно-правовой и технической документации по безопасной эксплуатации станции; взаимодействие с международными организациями и т.д.

Это широкий круг задач, а для РУП «Белорусская атомная электростанция» основной задачей является надежная и безопасная эксплуатация АЭС.

В мировой практике страны, реализующие ядерные энергетические программы и использующие атомную энергию, создают специализированные отраслевые предприятия, которые осуществляют организацию всего комплекса работ, необходимых для обеспечения безопасной работы ядерной установки.

В связи с тем, что сооружение Белорусской АЭС ведется по российскому проекту, нам предстоит большая совместная работа по адаптации белорусских технических документов к российским нормам в области ядерной энергетики, а также по созданию в отрасли специализированных организаций, которые будут осуществлять техническое сопровождение эксплуатации АЭС.

В Белорусской энергосистеме единую научно-техническую политику в области организации технического обслуживания



(эксплуатация и ремонт) энергетических объектов, а также внедрения информационных технологий и разработки технических нормативных правовых актов осуществляет ГПО «Белэнерго».

АЭС, связанная с энергосистемой семью линиями электропередачи напряжением 330 кВ, будет работать в едином режиме с энергосистемой. Для обеспечения эффективной и надежной эксплуатации атомной электростанции и создания единого технологического комплекса Белорусской энергосистемы был принят Указ Президента Республики Беларусь от 11 мая 2019 года № 172 о введении РУП «Белорусская атомная электростанция» в состав ГПО «Белэнерго» с 1 января 2020 года.

Принятие данного Указа позволит в период эксплуатации АЭС проводить единую техническую политику в энергетической сфере, формировать общие режимы работы Белорусской энергосистемы, а также активно использовать потенциал, накопленный в электроэнергетической отрасли за предшествующие десятилетия.

О реализации Указа № 172

Анализ организационных структур, управляющих атомной отраслью в других странах, показал, что наиболее оптимальным для Беларуси вариантом будет

держки данного процесса. Комплектация подразделений будет осуществляться как белорусскими профессиональными кадрами, так и зарубежными специалистами, имеющими опыт работы на АЭС.

В отрасли разработана и в настоящее время реализуется программа подготовки руководителей и специалистов ГПО «Белэнерго», которые будут работать в сфере ядерной энергетики. В рамках программы в IV квартале этого года запланировано проведение двух обучающих семинаров МАГАТЭ, на которых будет представлен мировой опыт управления АЭС эксплуатирующими организациями и их технической поддержки по всем необходимым направлениям.

Интеграция БелАЭС в Белорусскую энергосистему

Интеграция БелАЭС в энергосистему жизненно важна для энергетической сферы республики и в целом для страны. Это вопрос надежности и стабильности электроснабжения как реального сектора экономики, так и населения. Для его решения в республике принят ряд документов, положения которых уже реализуются предприятиями и организациями отрасли. Принятие Указа Президента Республики Беларусь о введении РУП «Белорусская атомная электростанция» в состав ГПО «Бел-

После ключевых событий в реализации проекта строительства БелАЭС, в том числе физического и энергетического пусков второго энергоблока, Белорусская АЭС вступит в стадию промышленной эксплуатации, которая продлится как минимум 60 лет

В отрасли разработана и в настоящее время реализуется программа подготовки руководителей и специалистов ГПО «Белэнерго», которые будут работать в сфере ядерной энергетики

создание соответствующих структур в составе аппарата управления ГПО «Белэнерго», в том числе с расширением задач существующих подразделений. Задачей этих структур будет управление жизненным циклом станции на протяжении всего срока службы, а также обеспечение технической под-

энерго» также будет способствовать эффективной интеграции БелАЭС в Белорусскую энергосистему.

В рамках Комплексного плана развития электроэнергетической сферы до 2025 года с учетом ввода Белорусской атомной электростанции планируется до 2021 года ввести в работу до 800 МВт

мощностей пиково-резервных энергоисточников на базе газотурбинных установок или газопоршневых агрегатов.

Хочу отметить, что строительство пиково-резервных источников – это общепринятый подход к резервированию на случай нештатных ситуаций, который реализуется в каждой стране, имеющей мощные энергоблоки.

Кроме того, постановлением Совета Министров от 6 августа 2018 года № 579 утвержден межотраслевой комплекс мер по увеличению потребления электроэнергии до 2025 года, сформированный из инвестиционных проектов, планируемых к реализации до 2025 года в организациях Минпрома, Минтранса, Минстройархитектуры, Минжилкомхоза, концернов «Беллегпром», «Белнефтехим», «Беллесбумпром». По итогам реализации всех мероприятий комплекса прирост потребления электрической энергии в 2026 году ожидается на уровне 2,5 млрд кВт·ч в год, что позволит улучшить технико-экономические показатели работы Белорусской энергосистемы в условиях эксплуатации атомной электростанции.



К сведению

В настоящее время установленная мощность объектов генерации ГПО «Белэнерго» составляет 90 % от мощности всех энергоисточников страны.

В составе объединения функционируют 42 тепловые электростанции, в том числе 12 ТЭС высокого давления, 25 гидроэлектростанций и Новогрудская ветроэлектрическая станция.

Выработка электроэнергии источниками Белэнерго составляет 34,83 млрд кВт·ч, протяженность линий электропередачи 35–750 кВ – порядка 280 тыс. км.



Первый заместитель генерального директора – главный инженер ГПО «Белэнерго» Владимир Владимирович Бобров

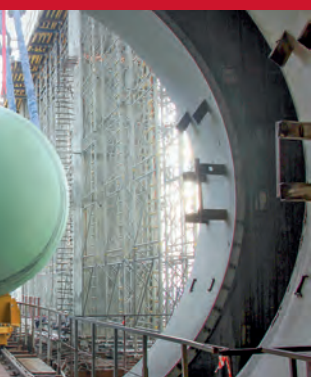
О единой технической политике

Установленная мощность Белорусской энергосистемы в настоящее время составляет 10 ГВт. С вводом в эксплуатацию АЭС этот показатель увеличится на 2,4 ГВт, то есть на 24 %. Это значительный рост. Он потребует реализации единой технической политики, направленной на обеспечение сбалансированной работы энергосистемы, четкого функционирования всех ее составляющих: конденсационных и тепловых электростанций, распределительных линий электропередачи, связывающих потребителей и генерирующие источники, а также ВЛ, по которым осуществляются межгосударственные перетоки электроэнергии. И если мозг отрасли – это Министерство энергетики, которое решает стратегические задачи и намечает пути развития энергетической сферы, то основным хозяйствующим субъектом, реализующим технические задачи сбалансированной работы энергосистемы, в данном случае является ГПО «Белэнерго». Именно на его уровне принимаются практические решения и обеспечивается достижение долгосрочных технико-экономических показателей.

Интеграция АЭС в Белорусскую энергосистему – достаточно сложный процесс, который потребует осуществления большого количества организационных и технических мероприятий, направленных на резервирование, распределение электроэнергии, решение других технических вопросов, которые могут возникнуть с появлением источника высокой мощности в одной точке. В этой ситуации вхождение РУП «Белорусская атомная электростанция» в состав объединения упростит механизмы реализации технических мероприятий и контроля за выполнением принятых решений.

Обеспечение сбалансированной работы энергосистемы

На современном этапе развития технологий в энергетике почти не осталось технически нерешаемых задач. Вопрос состоит только в их экономической целесообразности. В настоящее время в стране реализуется комплекс технических решений по обеспечению сбалансированной работы энергосистемы, включая строительство пиково-резервных энерго-



Реализация всех технических и организационных решений по интеграции БелАЭС позволит обеспечить равномерность графика нагрузки энергосистемы в периоды максимального и минимального потребления электроэнергии и создать резерв мощности

источников, установку электродвигателей, создание соответствующей инфраструктуры на объектах электроэнергетики, ЖКХ и в других отраслях. В частности, на Гомельской ТЭЦ уже установлено два электродвигателя суммарной мощностью 80 МВт. Ведется подготовка технико-экономических обоснований, разработка архитектурных проектов на ряде других объектов Белорусской энергосистемы. В Могилевэнерго до конца года будут завершены конкурсные торги на строительство двух водогрейных электродвигателей по 20 МВт для Могилевской ТЭЦ-2 и двух по 15 МВт – для Бобруйской ТЭЦ. Планируется, что они будут введены в эксплуатацию в I квартале 2020 года. В целом установка электродвигателей должна быть завершена до 2021 года. Их суммарная мощность составит 916 МВт.

В то же время мы продолжаем изучать вопросы эффективности использования ТЭЦ и АЭС для создания оптимального баланса загрузки атомной станции и объектов генерации, работающих на органическом топливе. В частности, прорабатываем меры, которые позволят не допустить остановки высокоэффективных конденсационных энергоблоков, обеспечивающих поддержание частоты в энергосистеме. Кроме того, это социально значимый вопрос, ведь, к примеру, такие электростанции, как Лукомльская и Березовская ГРЭС, являются градообразующими предприятиями. И очень важно сохранить их с точки зрения занятости населения.

О резервных источниках электроэнергии

Создание резервных источников – одно из необходимых условий надежной и экономичной работы Белорусской энергосистемы. В случае отключения одного из блоков БелАЭС на регламентные работы или его непланового останова Белорусская энергосистема одновременно потеряет 1200 МВт. Безусловно, эти потери некоторое время будут компенсироваться за счет межгосударственных перетоков. Но в любом случае отрасль должна иметь резервные источники. Сейчас проходят торги на строительство пиково-резервных источников на базе

Создание резервных источников – одно из необходимых условий надежной и экономичной работы Белорусской энергосистемы

газотурбинных установок либо газопоршневых агрегатов. Такие энергоисточники включаются на полную мощность в течение 15 минут, позволяя обеспечить энергоснабжение в первую очередь потребителей с непрерывным технологическим циклом, отключение которых может нанести гораздо больший ущерб, чем отключение энергосистемы.

Держать же вращающийся резерв в виде энергоблоков ТЭЦ невыгодно как с экономической, так и с технической точки зрения. При работе на минимальной нагрузке они имеют гораздо меньший КПД, худшие удельные технические показатели, в том числе более высокий удельный расход топлива. Таким образом, пиково-резервные источники дают возможность сохранить экономичность работы энергосистемы.

В настоящее время специалисты ГПО «Белэнерго» прорабатывают возможность реализации ряда других мероприятий технического характера. Мы также проводим переговоры с нашими соседями о возможности экспорта электроэнергии. Единая политика в этом вопросе будет иметь важное значение для обеспечения баланса Белорусской энергосистемы.

Межгосударственные перетоки электроэнергии

С энергосистемами соседних стран нас связывают несколько межгосударственных ЛЭП, в том числе пять – с литовской энергосистемой, четыре – с российской и две – с украинской. Однако Литва собирается выйти из электроэнергетической системы БРЭЛЛ. Украина также ориентируется на европейский энергетический рынок. Польша планирует построить собственную АЭС. Тем не менее нужно вести разговор с нашими коллегами из соседних стран о возможном сотрудничестве в сфере энергетики, строительстве вставок постоянного тока, максимально заинтересовывать их во взаимовыгодном партнерстве.

Сейчас мы достаточно успешно занимаемся экспортом электроэнергии на скандинавский спотовый рынок «Нордпул». Наша электроэнергия весьма конкурентоспособна по стоимости. Конечно, и здесь есть определенные политические риски. Например, Литовская Республика планирует закрыть свое





Премьер-министр Беларуси С.Н. Румас в ходе посещения БелАЭС

«Вхождение РУП «Белорусская атомная электростанция» в состав объединения упростит механизмы реализации технических мероприятий и контроля за выполнением принятых решений»»

торговое сечение для участия Беларуси в рынке электроэнергии после ввода Белорусской АЭС. Но, какова бы ни была ситуация, с соседями надо вести диалог и сохранять добрые отношения.

О переходном периоде

РУП «Белорусская атомная электростанция» войдет в состав ГПО «Белэнерго» с 1 января 2020 года. В переходный период будет проработана внутренняя структура Белэнерго, что позволит обеспечить эффективное управление эксплуатацией АЭС. Сегодня работники объединения способны выполнять часть работ, касающихся оборудования паровых турбин, а также вспомогательного и электротехнического оборудования. Мы уже занимаемся решением всех вопросов, связанных со схемой выдачи мощности, которая была введена в эксплуатацию в прошлом году. В настоящее время ведется подготовка специалистов в области надежности работы энергосистемы, резервирования на АЭС тех или иных направлений деятельности, эффективности физической защиты и т.д.

Самой острой проблемой остается кадровое обеспечение управления эксплуатацией ядерного острова – реактора и его парогенерирующих установок. Сюда включается организация обслуживания и регламентных работ,

обращение с ядерным топливом, его загрузка и работа с ОЯТ. Для квалифицированного решения этих вопросов мы будем создавать в объединении дополнительные управления и отделы. Придется приложить немало усилий, чтобы найти руководителей с богатым профессиональным опытом в этой сфере. Такие специалисты сегодня уже есть на атомной станции, и мы ведем работу, направленную на создание новых подразделений в ГПО «Белэнерго», совместно с ними.

«С 2013 года в республике на постоянной основе ведется подготовка и выпуск специалистов для ядерной энергетики»»

Только слаженная работа управленческого аппарата Белэнерго и технических специалистов атомной станции даст положительный результат в решении этой сложной задачи.

Беларусь никогда не эксплуатировала атомные электростанции. Тем не менее еще в советский период такие белорусские вузы, как БГУ и БНТУ, готовили специалистов для обслуживания АЭС, включая операторов

ядерных установок. С 2013 года в республике на постоянной основе ведется подготовка и выпуск специалистов для ядерной энергетики.

Реализация всех технических и организационных решений по интеграции БелАЭС позволит обеспечить равномерность графика нагрузки энергосистемы в периоды максимального и минимального потребления электроэнергии и создать резерв мощности. Комплексное решение вопроса даст энергосистеме возможность оста-

ваться по-прежнему самодостаточной и в полной мере обеспечивать условия для комфортной жизни населения и развития народного хозяйства, а также будет способствовать повышению уровня энергетической безопасности страны.

Подготовила Ольга ГОНЧАР



ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА КОНДЕНСАЦИОННЫХ УСТАНОВОК ПАРОВЫХ ТУРБИН

Продолжаем публикацию статьи об основных аспектах применения технологии модификации поверхности теплообмена конденсационных установок паровых турбин с использованием поверхностно-активных веществ. Совместные исследования в этой области осуществляли ученые России и Беларуси в рамках Межгосударственной программы инновационного сотрудничества государств – участников СНГ на период до 2020 года. Опыт использования технологии подтвердил ее экономическую эффективность. В настоящее время она проходит адаптацию на ряде электростанций России и планируется к внедрению на энергетических объектах Беларуси.

Часть 2.

В.А. СЕДНИН,
д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой
«Промышленная теплоэнергетика
и теплотехника» БНТУ

А.В. СЕДНИН,
к.т.н., доцент, заведующий
центром автоматизированных
систем управления в теплоэнергетике
и промышленности
филиала НИПИ БНТУ

А.В. ВОЛКОВ,
д.т.н., профессор ФГБОУ ВО
«Национальный исследовательский
университет «МЭИ»

А.В. РЫЖЕНКОВ,
д.т.н., директор НЦ «Износостойкость»
ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский университет «МЭИ»

М.В. ЛУКИН,
к.т.н., доцент, старший научный
сотрудник НЦ «Износостойкость»
ФГБОУ ВО «Национальный
исследовательский университет «МЭИ»

Методы интенсификации теплообмена

На сегодняшний день в технической литературе имеется огромная информационная база по интенсификации теплообмена [1–7]. Согласно теории гидродинамического пограничного слоя, теплоотдача от жидкости или газа к твердой стенке или наоборот происходит в тонком пристенном слое за счет теплопроводности. Коэффициент теплоотдачи является сложной

функцией, зависящей от физических свойств рабочей среды, скорости ее движения, геометрических размеров канала и формы теплопередающей стенки. Обычно физические свойства рабочих сред и температурный режим известны из исходных данных для расчета теплоотдачи. Таким образом, влиять на интенсивность теплоотдачи можно изменением геометрических размеров каналов, скорости движения рабочей среды и формы поверхности теплообмена.

Наиболее известные методы интенсификации теплообмена можно разделить на три группы (см. таблицу 1): пассивные (не требуют внешнего подвода энергии для интенсификации), активные (требуют внешнего подвода энергии) и сложные (комбинированные) методы.

Активные методы могут основываться на вибрации поверхности, пульсации потока, создании электростатического поля, отсосе пограничного слоя, механической закрутке потока или его турбулизации,

Таблица 1. Классификация способов интенсификации теплообмена [8]

Группа методов интенсификации	Метод интенсификации
Активные	• механические • вибрационные (вибрация поверхности) • пульсация потока • электростатические поля • инъекция • отсос пограничного слоя • струйные аппараты
Пассивные	• обработанные поверхности • шероховатые поверхности • развитые поверхности • перемешивающие устройства • устройства, закручивающие поток • змеевики • устройства поверхностного натяжения • добавки для жидкостей • добавки для газов
Комбинированные	Комбинация двух или более пассивных и/или активных методов

разрушении пограничного слоя с использованием дополнительных потоков газа или жидкости.

К пассивным относятся методы, основанные на изменении фактуры (шероховатости) или формы поверхности теплообмена, увеличении турбулентности потока (перемешивании), закручивании потока, оребрении или гидрофобизации поверхности.

Сложные методы включают в себя несколько методов одновременно (например, воздействие механической вибрации на гидрофобные трубные поверхности).

Наиболее эффективными и перспективными методами интенсификации теплообменных процессов в конденсаторе являются различные способы перевода пленочной конденсации пара в капельную путем гидрофобизации наружных поверхностей трубной системы.

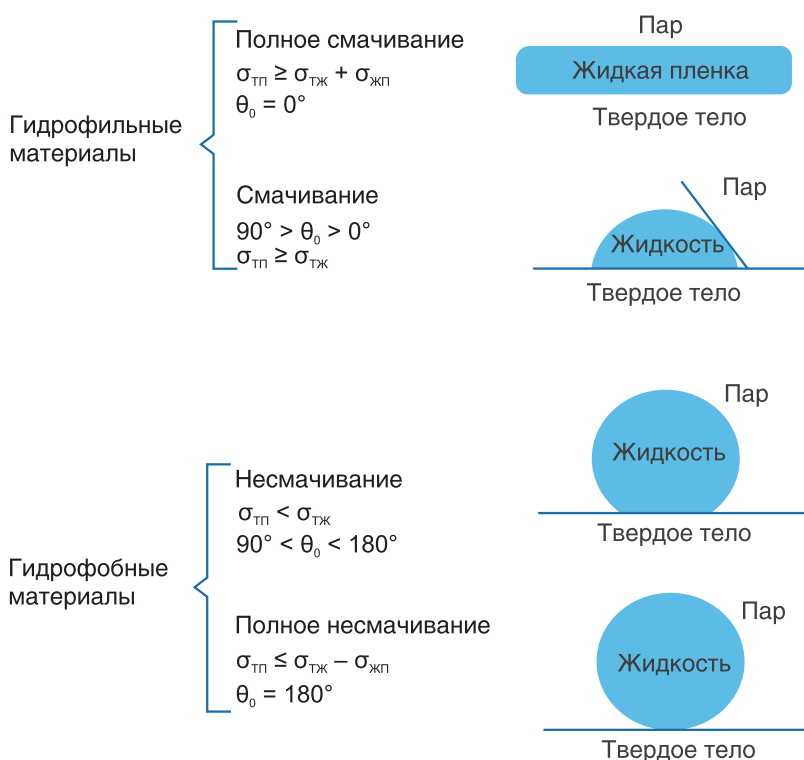


Рис. 1. Типы смачивания

Гидрофобизация поверхностей

Более 200 лет назад Т. Юнг в классической работе «An Essay on the Cohesion of Fluids» [8] показал, что равновесный макроскопический угол смачивания (θ_0) – термодинамическая характеристика, которая может быть выражена через другие термодинамические параметры системы – поверхностные энергии границ раздела «твердое тело – пар» ($\sigma_{\text{тп}}$), «твердое тело – жидкость» ($\sigma_{\text{тж}}$) и «жидкость – пар» ($\sigma_{\text{жп}}$):

$$\cos \theta_0 = (\sigma_{\text{тп}} - \sigma_{\text{тж}}) / \sigma_{\text{жп}}.$$

Из этого соотношения, получившего в дальнейшем название «уравнение Юнга», следует, что для изменения угла смачивания достаточно изменить свойства приповерхностных слоев толщиной в несколько нанометров. Именно эти слои и определяют значения поверхностной энергии.

По величине угла смачивания принято выделять несколько типов смачивания поверхностей (рис. 1).

Несмачиваемость металлической поверхности и организация на ней капельной конденсации могут быть получены либо нанесением на поверхность трубок специальных гидрофобизаторов (органических и неорганических соединений, ультратонкого слоя благородных металлов или тонкой пленки полимеров), либо периодической или непрерывной инъекцией стимулятора капельной конденсации в рабочее тело цикла, обработкой поверхности трубок дисульфидами или иными методами.

Анализ общедоступных источников научно-технической и конъюнктурной литературы, результатов лабораторных и промышленных испытаний [6, 7, 9] позволил выделить в качестве перспективных гидрофобизаторов поверхностно-активные вещества (ПАВ) на основе алифатических пленкообразующих аминов с углеводородным радикалом C16–C20, в частности октадециламин (ОДА).

Использование ПАВ в качестве гидрофобизаторов

Поверхностно-активное вещество может адсорбироваться на границе раздела фаз, если оно, присутствуя в поверхностном слое, будет уравнивать разность полярностей этих фаз. При этом полярная группа всегда направлена в сторону более полярной фазы. Если фазами являются вода и металл, то углеводородные радикалы образуют на поверхности металла водоотталкивающий частокоток Ленгмюра. При этом силы когезии (межмолекулярного взаимодействия) воды превышают силы ее адгезии к углеводородным радикалам, и вода собирается в каплю. Таким образом, сконденсированная в виде сплошной пленки паровая фаза на наружных поверхностях трубок конденсатора переходит в капельную форму.

Интенсивность эвакуации жидкой фазы с поверхности теплообмена напрямую зависит от степени ее гидрофобизации или от величины значений краевого угла смачивания: чем они выше, тем быстрее происходит скатывание капель с поверхности трубок, соответственно, ускоряется процесс теплообмена и увеличивается коэффициент теплопередачи конденсатора.

Экспериментальные исследования влияния краевого угла смачивания медных трубных поверхностей на коэффициент теплопередачи при использовании ПАВ были проведены на экспериментальном стенде, моделирующем процессы конденсации пара в конденсаторах находящихся в работе паровых турбин [6]. Экспериментально подтверждено, что с увеличением краевого угла смачивания поверхности теплообмена (θ) с 79° до 149° значение коэффициента теплопередачи на увеличивается 23 %. Фотография модифицированной поверхности трубного пучка приведена на рисунке 2.

Технология гидрофобизации теплообменных поверхностей на основе ПАВ успешно апробирована в 2013 году на ТЭЦ-23 ПАО «Мосэнерго» [7] и в 2017 году на ТЭЦ-2 ООО «ЛУКОЙЛ-

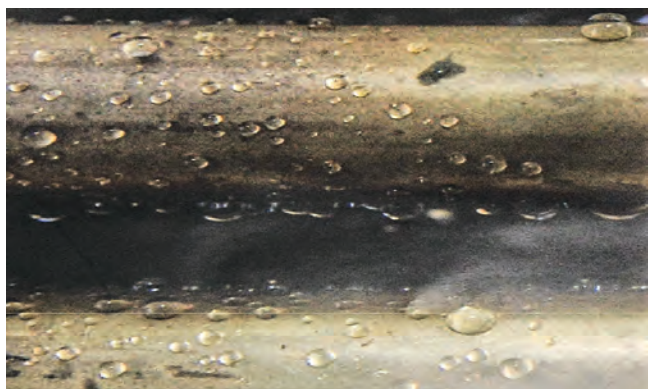


Рис. 2. Конденсация пара на модифицированной поверхности трубок конденсатора с использованием ПАВ [7]

Астраханьэнерго». После проведения модификации водной эмульсией ОДА трубной системы двухкорпусного конденсатора КГ 2-6200-2 турбины Т-110/120-130/5 ТЭЦ-23 на поверхности трубок по паровой стороне была сформирована пленка ОДА со средним углом смачивания $\theta = 11^\circ$ (до обработки $\theta = 79^\circ$), что свидетельствовало о гарантированной гидрофобизации поверхности.

По итогам анализа результатов реализации технологии установлено, что проведение достаточно простых технологических операций, заключающихся в периодической обработке конденсатора водной эмульсией ОДА, позволяет:

- интенсифицировать процесс теплообмена в конденсаторе на 13 %;
- увеличить расход пара в турбину вследствие снижения давления в конденсаторе и, соответственно, увеличить мощность, вырабатываемую энергоблоком;
- увеличить КПД выработки электроэнергии на 1,8 %.

Формирование молекулярных слоев на теплообменных поверхностях конденсатора может быть осуществлено в период останова оборудования или при эксплуатации путем инъекции ПАВ в пар. Однако в случае гидрофобизации поверхности водной эмульсией сорбция ПАВ на поверхности на два порядка выше сорбции из пара.

Уникальной особенностью ПАВ из класса пленкообразующих аминов является также способность многократно снижать скорость накопления отложений на теплообменных поверхностях энергетического оборудования вне зависимости от химического состава теплоносителя, что подтверждается как результатами экспериментальных исследований [10, 11], так и многократной апробацией данной технологии [12–14]. Например, при параметрах, характерных для реальных условий эксплуатации систем технического водоснабжения ТЭС, скорость накопления отложений на внутренних поверхностях трубок конденсатора паровых турбин снижается в 6–8 раз.

В условиях применения ПАВ из класса пленкообразующих аминов для конденсационной турбины дополнительная выработка электроэнергии составит:

Таблица 2. Анализ режимов работы теплофикационного энергоблока на примере Минской ТЭЦ-4 за 2017 год

Месяц	Наработка, ч	Вакуум в конденсаторе, кПа	Режим работы энергоблока			Температура охлаждающей воды на входе $t_{вх}, ^\circ\text{C}$	Температура охлаждающей воды на выходе $t_{вых}, ^\circ\text{C}$	Расход пара в конденсатор, т/ч	Расход охлаждающей воды, т/ч	Активная мощность, МВт
			Конденсационный режим	Одноступенчатый подогрев сетевой воды	Двухступенчатый подогрев сетевой воды					
Январь	744	4,0			■	15	18	79	15 362	186
Февраль	672	4,1			■	16	20	126	18 251	241
Март	744	4,2		■	■	17	19	50	14 395	231
Апрель	720	4,3			■	16	19,5	124	20 507	240
Май	112	4,1			■	14	18	129	18 697	215
Июнь	0									
Июль	0									
Август	0									
Сентябрь	0									
Октябрь	704	3,6		■	■	14	16,7	86	18 597	201
Ноябрь	720	3,5			■	13	16	101	19 517	213
Декабрь	682	3,4			■	12	15,7	132	20 782	214
Σ за год	5098									
С момента пуска	185 832									

■ – отметка указывает на использование соответствующего режима

$$\Delta E = \int_{\tau} \Delta N d\tau = \sum_{i=1}^I \Delta N_i \delta \tau_i \approx N_{\text{ном}} \tau_{\text{ном}},$$

где $\delta \tau_i$ – промежутки времени работы турбины с мощностью ΔN_i , с; $N_{\text{ном}}$, $\tau_{\text{ном}}$ – соответственно номинальная мощность турбины, Вт, и приведенное время работы турбины на номинальной мощности в течение года, с.

Для теплофикационной турбины следует выделять теплофикационный и конденсационный потоки пара. Дополнительная выработка электроэнергии происходит только на конденсационном потоке, превышающем по своей величине вентиляционный пропуск пара в турбину:

$$\Delta E = \int_{\tau} \Delta N_{\text{конд}} d\tau_{\text{конд}} = \sum_{i=1}^I \Delta N_{\text{конд}i} \delta \tau_{\text{конд}i} \approx \Delta N_{\text{конд}} \tau_{\text{конд}},$$

где $\delta \tau_i$ – промежутки времени, когда конденсационный поток превышает вентиляционный пропуск пара в конденсатор, с; $\Delta N_{\text{конд}i}$ – электрическая мощность турбины на конденсационном потоке, соответствующая промежутку времени $\delta \tau_{\text{конд}i}$, Вт; $\Delta N_{\text{конд}}$, $\tau_{\text{конд}}$ – соответственно номинальная электрическая мощность турбины в конденсационном режиме, Вт, и приведенное время работы турбины на номинальной мощности в конденсационном режиме в течение года, с.

Нами был произведен расчет на основе режимных данных одного из энергоблоков Минской ТЭЦ-4 за 2017 год (см. таблицу 2) с номинальным расходом пара в конденсационном режиме $G_{\text{оп}} = 776$ т/ч (215,6 кг/с).

Изменение мощности составило:

$$\Delta N = G_{\text{оп}} (H'_0 - H_0) = 0,496 \text{ МВт}.$$

Работа энергоблока в конденсационном режиме в течение 4 месяцев (интегральная величина периода по данным АСУ ТП энергоблока за 2017 год) обеспечит экономию топлива в объеме

$$0,496 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,334/3 = 483,7 \text{ т у.т./год}.$$

При стоимости природного газа \$ 220 за 1 т у.т. экономический эффект достигнет соответственно \$ 106 тыс. в год.

Выводы

1. Ввиду того что конденсационные устройства являются важным элементом паротурбинных установок и в значительной степени определяют надежность и экономичность функционирования ТЭС, актуальным является совершенствование их работы в части установления и поддержания во время работы турбины оптимального разрежения (вакуума) за ее выходным патрубком.

2. Показано, что повышение эффективности паротурбинных блоков за счет модификации поверхностей теплообмена достигается путем гидрофобизации с использованием ПАВ для перевода режима пленочной конденсации в режим капельной со стороны конденсирующегося пара и для минимизации накопления отложений со стороны охлаждающей воды. Применение технологии приводит к увеличению коэффициента теплопередачи на 15–20 %, снижению давления

в конденсаторе на 0,5–2,0 кПа и в результате – к повышению эффективности работы энергоблока.

3. Использование ПАВ из класса алифатических аминов для модификации внутренних и внешних трубных поверхностей конденсаторов паровых турбин позволит в комплексе решить проблему «недовыработки» электрической энергии за счет поддержания оптимального температурного напора конденсатора путем применения капельного режима конденсации, обеспечивающего существенное снижение скорости накопления отложений в трубных поверхностях.

4. Расчеты для конденсатора типа К2-14000-I, выполненные на основе данных реальных режимов работы одного из энергоблоков Минской ТЭЦ-4, показывают высокую эффективность данной технологии и целесообразность ее применения на электростанциях Белорусской энергосистемы.

Список литературы

1. Гавриш, А.С. Особенности механизма капельной конденсации и перспективы применения нанотехнологий / А.С. Гавриш // Тепловые процессы в технике. – 2010. – № 10. – С. 461–465.
2. Исаченко, В.П. Теплообмен при конденсации / В.П. Исаченко // М.: Энергия, 1977. – 240 с.
3. Коваленко, Л.М. Теплообменники с интенсификацией теплоотдачи / Л.М. Коваленко, А.Ф. Глушков // М.: Энергоатомиздат. – 1986. – 240 с.
4. Кузма-Кичта, Ю.А. Методы интенсификации теплообмена при конденсации / Ю.А. Кузма-Кичта [и др.] // Тепловые процессы в технике. – 2013. – № 5. – С. 217–223.
5. Попов, И.А. Промышленное применение интенсификации теплообмена – современное состояние проблемы (обзор) / И.А. Попов [и др.] // Теплоэнергетика. – 2012. – № 1. – С. 3–14.
6. Рыженков, В.А. Интенсификация теплообменных процессов в конденсаторах паровых турбин на основе модификации внутренних и внешних поверхностей трубных пучков с использованием ПАВ / В.А. Рыженков [и др.] // Естественные и технические науки. – 2012. – № 3. – С. 327–336.
7. Куршаков, А.В. Интенсификация теплообменных процессов в конденсаторах паровых турбин с использованием поверхностно-активных веществ / А.В. Куршаков [и др.] // Теплоэнергетика. – 2014. – № 11. – С. 16–20.
8. Young, Thomas. An Essay on the Cohesion of Fluids / T. Young // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. – Vol. 95 (1805). – P. 65–87.
9. Дейч, М.Е. Двухфазные течения в элементах турбин и теплоэнергетического оборудования / М.Е. Дейч, Г.А. Филлипов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 327 с.
10. Рыженков, В.А. О состоянии проблемы образования термобарьерных отложений и возможности использования минерализованной воды в системах теплоснабжения в качестве теплоносителя / В.А. Рыженков, М.В. Лукин // Вестн. МЭИ. – 2008. – № 1. – С. 21–28.
11. Лукин, М.В. Модификация теплообменных поверхностей с использованием поверхностно-активных веществ / М.В. Лукин // Главный энергетик. – 2011. – № 9. – С. 50–56.
12. Рыженков, А.В. Результаты реализации ПАВ-технологии в системе теплоснабжения г. Москвы / А.В. Рыженков [и др.] // Энергосбережение и водоподготовка. – 2013. – № 6. – С. 9–14.
13. Рыженков, А.В. Результаты работ по повышению эффективности систем централизованного теплоснабжения на основе ПАВ-технологии за 2003–2013 гг. / А.В. Рыженков [и др.] // Надежность и безопасность энергетики. – 2014. – № 2. – С. 18–22.
14. Lukin, M.V. The Results of the Implementation of SAS Technology for the Renovation and Life Extension of District Heating Systems / M.V. Lukin // Fifth international conference on energy and sustainability «Energy and Sustainability 2014», WIT Press. – P. 125–131.

О ПРОБЛЕМЕ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ОТКЛЮЧЕННЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

При выполнении работ на отключенных воздушных линиях электропередачи (ВЛ), находящихся в зоне влияния действующих ВЛ, одной из важнейших проблем является обеспечение условий, при которых наведенное напряжение на рабочем месте не превышает допустимого значения 25 В и позволяет выполнять работы, связанные с прикосновением к токоведущим частям ВЛ, без применения электрозащитных средств.

Часть 1.

М.А. ДРАКО,
м.т.н., заведующий ЭТЛ ОУКЭ
РУП «Белэнергосетьпроект»

О.А. МОЙСЕЕНКО,
заместитель заведующего
ЭТЛ ОУКЭ РУП
«Белэнергосетьпроект»

А.В. СЕРЕМАЖКО,
заведующий ТВН ОУКЭ
РУП «Белэнергосетьпроект»

Э.И. ЁЧ,
инженер ТВН ОУКЭ
РУП «Белэнергосетьпроект»

За весь период исследований в области наведенного напряжения на отключенных линиях электропередачи было издано множество статей, посвященных анализу этой проблемы. В частности, в публикациях российских авторов Ю.В. Целебровского, А.А. Шарандина, А.И. Вантеева и др. [2–4] даются рекомендации и предлагается ряд технических мероприятий, повышающих безопасность выполнения работ на ВЛ, находящихся под наведенным напряжением.

В Белорусской энергосистеме принят особый подход к вопросу обеспечения электробезопасности работ под наведенным напряжением. В основе подхода лежит расчетный метод определения величины наведенного напряжения, при этом разработка системы организационных и технических мероприятий для безопасного производства таких работ основывается на расчете потенциальных характеристик проводов отключенных ВЛ, находящихся в зоне влияния действующих. Внедрение разработанных на основе этого метода технических мероприятий вкпе с проведением дальнейших натурных проверочных замеров обеспечивает возможность одновременной работы на ВЛ нескольких бригад, что существенно сокращает затраты времени на ремонтные и эксплуатационные работы.

Факторы, влияющие на уровень наведенного напряжения

Возникновение на проводах отключенной линии напряжения, наводимого проходящей рядом ВЛ, предопределяется двумя основными факторами влияния: электростатическим (зависит только от рабочего напряжения влияющей ВЛ) и электромагнитным (зависит от значения рабочего тока влияющей ВЛ и длины участка параллельного следования ВЛ). Заземление ВЛ в любом месте (включение заземляющих ножей или установка переносного заземления) приводит к снижению статической составляющей напряжения до нуля по всей длине провода [2]. Поэтому выполнение работ без применения электрозащитных средств допускается при условии

заземления провода в непосредственной близости к каждому месту прикосновения [1] – в данном случае емкостное влияние действующей ВЛ будет отсутствовать. При этом необходимо учитывать электромагнитное (индуктивное) влияние, результаты которого наблюдаются как на разземленной, так и на заземленной отключенной ВЛ.

В случае сближения или параллельного следования отключенной и действующей ВЛ на отдельных участках максимальные значения наведенного напряжения будут наблюдаться:

- в точках наибольшего сближения ВЛ, проходящих под углом друг к другу;
- по концам участков совместного прохождения ВЛ;
- при пересечении ВЛ под углом, отличным от 90°;
- в местах транспозиции фаз ВЛ.

Уровень наведенного напряжения на ВЛ или ее отдельных участках во многом зависит от длины участка параллельного следования и режима нагрузок влияющей ВЛ. Кроме того, значения наведенного напряжения на различных фазах и грозотросе будут различаться, поскольку зависят от их геометрии относительно проводов влияющей ВЛ. Наиболее сильное воздействие наблюдается в случае двухцепной ВЛ, когда оставшаяся в работе цепь влияет на отключенную, подвешенную на тех же опорах [3].

Безопасность работ на ВЛ при наведенном напряжении

В нормальном режиме работы значения напряжения на незаземленных проводах ВЛ, находящейся под наведенным напряжением, могут достигать тысяч вольт. В аварийном режиме (при возникновении короткого замыкания на влияющей ВЛ) эта величина может быть на порядок больше, поэтому вопросам обеспечения электробезопасности при проведении ремонтных и эксплуатационных работ на отключенных ВЛ, находящихся под наведенным напряжением, должно уделяться повышенное внимание.

В [4] приводятся следующие варианты обстоятельств прикосновения к незаземленному проводу (тросу) ВЛ при нормальном режиме работы:

- при наложении и снятии переносного заземления с нарушением установленного порядка (отсоединение от земли при сохранении контакта с проводом, что вероятно при снятии двух параллельных переносных заземлений или при слабом закреплении контакта с землей);
- при присоединении переносного заземления к закладным деталям и металлическим траверсам железобетонной опоры, которые могут оказаться незаземленными из-за отсутствия связи с арматурным каркасом опоры либо из-за сильной коррозии в узле закладной детали;
- при присоединении переносного заземления к незаземленным или плохо заземленным частям подъемного механизма (телескопической вышки);
- при снятии (разрезке) шлейфов на анкерных опорах;
- при любых работах на незаземленном конце провода или грозотроса.

Следует отметить, что в Республике Беларусь с вводом в действие [1] нормируемое значение наведенного напряжения снизилось с 42 В до 25 В. Ужесточение данного критерия, в свою очередь, повлекло за собой необходимость пересмотра перечня линий, при отключении и заземлении которых по концам (в распределительных устройствах подстанций и станций) значение наведенного напряжения на заземленных проводах, пересчитанное к наибольшему длительно допустимому току влияющей ВЛ, превышает допустимое значение.

В случае, когда наибольшее значение наведенного напряжения по всей длине ВЛ не превышает 25 В, линия относится к категории безопасного действия наведенного напряжения, в связи с чем работы могут проводиться с использованием обычных средств защиты. Линии, по всей длине которых либо на отдельных участках этот показатель превышает установленную норму, относятся к категории линий с опасным действием наведенного напряжения. Согласно [1] на таких ВЛ работы должны производиться после специальных защитных технических мероприятий (установки заземлений, разземления концов ВЛ и заземления на базовый заземлитель, разрезания проводов и др.) по технологическим картам или проектам производства работ (указаниям), которые разрабатываются индивидуально для каждой ВЛ с учетом всех влияющих факторов.

Классификация ВЛ по степени опасности наведенного напряжения

Стандарт [1] относит к линиям, находящимся под наведенным напряжением, ВЛ, воздушные линии связи (ВЛС) и контактные сети электрифицированной железной дороги, которые по всей длине или на отдельных участках общей длиной не менее 2 км проходят на расстоянии 100–250 м от оси другой ВЛ напряжением 110–750 кВ.

Согласно [1] структурные подразделения предприятий, обслуживающие ВЛ, должны иметь перечень линий, которые после отключения находятся под наведенным напряжением. Работники указанных подразделений должны быть ознакомлены с перечнем и величинами наводимого напряжения. При проведении на ВЛ работ по наряду делается запись о наличии наведенного напряжения в строке наряда «Отдельные указания».

Функция распределения наведенного напряжения на проводах и тросах по всей длине ВЛ не является линейной. Учитывая этот факт, определить диапазон возможных максимальных значений величины наведенного напряжения путем измерений не представляется возможным. Наиболее приемлемым выходом из данной ситуации является оценка уровня наведенного напряжения с применением математического аппарата.

Для разработки конкретных защитных мероприятий расчетным путем производится классификация участка или всей ВЛ по степени опасности наведенного напряжения. Окончательной целью расчета является выявление оптимальной по условиям электробезопасности схемы заземления отключенной ВЛ, находящейся под наведенным напряжением, причем для влияющих ВЛ принимается нормальный режим работы с наибольшей длительно допустимой по условию нагрева нагрузкой.

В алгоритме программного расчета влияния заданной ВЛ на отключенную выделяют две группы цепей: фазы влияющей ВЛ; провода и тросы отключенной ВЛ, а в случае подвески на общих опорах – все провода и тросы этих ВЛ. Расчет напряжений и токов в такой системе цепей сводится к интегрированию систем дифференциальных уравнений [5, 6].

Изложенный подход базируется на том, что линейная система дифференциальных уравнений в общем случае не может быть применена для расчета наведенного напряжения по всей длине ВЛ в силу того, что его значения не являются однородными на всем протяжении ВЛ. Поэтому для расчета линии разбиваются на однородные участки, и общее решение задачи, получаемое путем сложных математических преобразований, выражается через частные решения для таких участков. Для этого на каждом участке провода и тросы условно заменяются подвешенными над землей бесконечно длинными проводниками. Их диаметры, расстояния между ними и высота подвеса принимаются равными соответствующим параметрам, используемым при расчетах.

Специалистами РУП «Белэнергосетьпроект» разработан принципиально новый подход к расчету уровней наведенного напряжения, который основывается на решении системы нелинейных уравнений, где каждая ВЛ представлена полноценной системой проводников с распределенными параметрами и полным учетом взаимного влияния между всеми проводами данной системы.

Выбор схемы заземления

Разработка мероприятий по защите от наведенного напряжения основывается на оценке условий электробезопасности на ВЛ под наведенным напряжением при определенной схеме заземления ВЛ, линейного оборудования, рабочих участков и рабочих мест. При этом критерием эффективности защитных мероприятий является снижение наведенного напряжения на заземленном рабочем месте до уровня, не превышающего безопасной величины 25 В.

В ГПО «Белэнерго» могут выполняться следующие типы заземления ВЛ, линейного оборудования, рабочего участка и рабочих мест:

- подстанционное (ПЗ) – выполняется присоединением фаз ВЛ к заземляющему устройству подстанции путем включения заземляющих ножей линейного разъединителя в сторону ВЛ. Служит для заземления концов ВЛ;

- дополнительное (ДЗ) – выполняется присоединением проводов фаз ВЛ в распределительном устройстве подстанции к заземленным металлическим элементам оборудования с помощью переносного заземления. Служит дополнительным защитным заземлением при работах на линейном разъединителе подстанции. Установка и снятие ДЗ осуществляется только при включенном ПЗ;
- линейное (ЛЗ) – выполняется присоединением проводов фаз, грозозащитного троса, на которых производятся работы, к заземляющему устройству опоры с помощью переносного заземления. Служит для заземления рабочего места;
- базовое (БЗ) – выполняется присоединением проводов всех фаз ВЛ к заземляющему устройству опоры с помощью двух параллельных переносных заземлений для каждой фазы. Служит для заземления ВЛ при разземлении ее начала и конца;
- специальное (СЗ) – выполняется присоединением всех фаз ВЛ с помощью переносного заземления к заземляющему устройству опоры, место которой, а также значение сопротивления заземлителя определяются расчетным путем конкретно для каждой ВЛ. Служит для снижения до безопасной величины уровня наведенного напряжения на заземленной в начале и в конце ВЛ или ее отдельных участках.

Переносное заземление, с помощью которого выполняется ЛЗ, ДЗ или СЗ, должно иметь сечение не менее 25 мм². ПЗ на металлических опорах присоединяется к элементам опоры, на железобетонных – к заземляющему устройству опоры. В качестве СЗ используются система «трос – опоры ВЛ», локальные заземлители, устанавливаемые в зоне расположения опоры, заземляющие устройства соседних линий, а также комбинации системы «трос – опоры ВЛ» и локальных заземлителей.

Для снижения уровня наведенного напряжения на рабочем месте до допустимой величины на ВЛ, находящихся под наведенным напряжением, на основании программного расчета применяются схемы заземления, представленные на рисунке 1 (а–д).

Распределение наведенного напряжения на проводах отключенной ВЛ, на всем протяжении проходящей в зоне влияния действующей ВЛ, при выполнении рассмотренных схем заземления представлено на рисунке 2.

Получив расчетным путем распределение наведенного напряжения по длине ВЛ, можно классифицировать линии по степени опасности наведенного напряжения, а также разработать практические рекомендации и защитные мероприятия по безопасному проведению работ на таких ВЛ.

Схема заземления № 1 (рис. 1, а) устанавливает участки, безопасные при проведении работ на ВЛ и на линейном оборудовании подстанций. При обеспечении безопасности работ под наведенным напряжением данная схема имеет преимущество перед другими. Когда наведенное напряжение на ВЛ не превышает 25 В, режим заземления линии с обоих концов является единственно целесообразным. При наличии ответвлений от ВЛ для схемы № 1 возможны вариации с разземлением или заземлением всех или части ответвлений на подстанциях, что определяется расчетом.

В случаях, когда схема № 1 не может обеспечить безопасного проведения работ на отдельных участках ВЛ, применяются схемы № 2 (рис. 1, б) и № 3 (рис. 1, в). Их существенным недостатком является то, что они исключают возможность выполнения работ на линейном оборудовании разземленного конца ВЛ, поскольку наведенное напряжение там будет

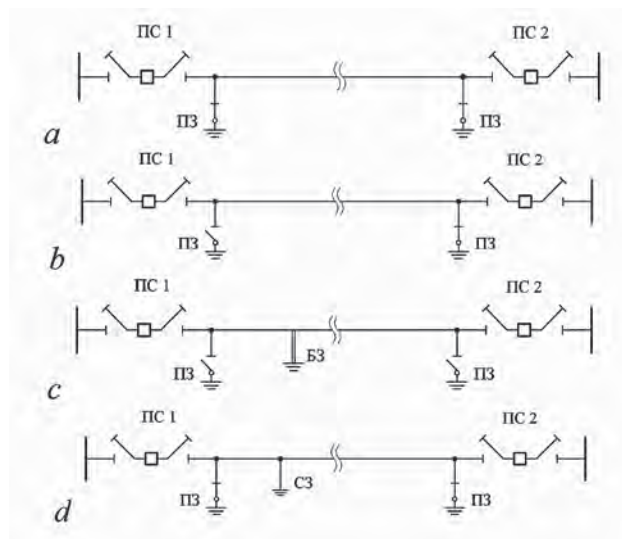


Рис. 1. Применяемые схемы заземления ВЛ:
 а) схема № 1 – ВЛ заземлена в начале и в конце на ПЗ;
 б) схема № 2 – ВЛ на одном конце разземлена, на другом заземлена на ПЗ;
 в) схема № 3 – ВЛ по концам разземлена и заземлена на БЗ;
 д) схема № 4 – ВЛ заземлена в начале и в конце на ПЗ и в одном или нескольких местах – на СЗ

принимать наибольшее значение. Помимо этого, при использовании схемы № 3 может возникнуть проблема заземления ВЛ на БЗ при переходе от одного рабочего места к другому, а выход из строя БЗ переводит ВЛ в режим разземленной.

В тех случаях, когда режим заземления ВЛ с обоих концов не обеспечивает необходимый уровень электробезопасности, на отдельных рабочих участках следует дополнительно заземлить ВЛ на СЗ (рис. 1, д), что обеспечит снижение значения наведенного напряжения до безопасного и позволит устранить недостатки схем № 2 и № 3, а также существенно расширить применение схемы № 1.

Практический смысл схемы № 4, разработанной в РУП «Бел-энергосетьпроект» в 1995 году [6], заключается в установке на ВЛ стационарного специального низкоомного заземления в определенных (расчетных) местах, что позволяет снижать уровень наведенного напряжения до безопасных величин по всей длине или на отдельных участках ВЛ.

Требования к выполнению заземления ВЛ

Особоые трудности возникают при выполнении специального заземления в высокоомных грунтах, так как нормируемое сопротивление заземления опор находится в прямой зависимости от удельного электрического сопротивления земли. Величина сопротивления СЗ определяется при расчете наведенного напряжения по критерию обеспечения электробезопасности при работах на проводах ВЛ, а нормируемое сопротивление заземления опор выбирается по критерию обеспечения грозупорности изоляции ВЛ [7]. Поэтому величина сопротивления специального заземлителя может быть значительно меньше величины сопротивления заземления опор, нормируемого [1], и составлять менее 1 Ом.

В районах с большим удельным сопротивлением земли в качестве первоочередного мероприятия по достижению нормированного сопротивления растеканию стандарт [8] рекомендует установку вертикальных глубинных заземлителей увеличенной длины, в частности составных вертикальных за-

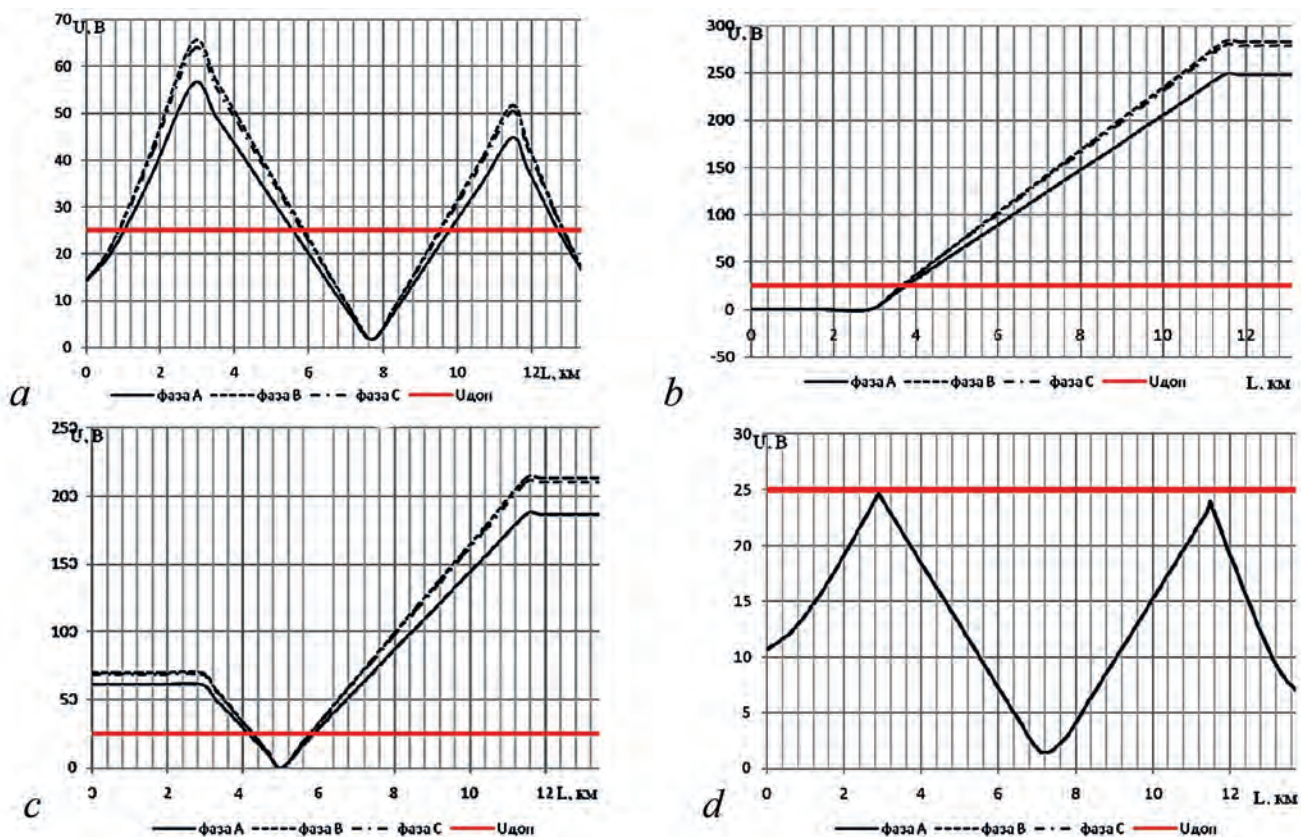


Рис. 2. Распределение наведенного напряжения по отключенной и заземленной ВЛ (U – расчетное значение наведенного напряжения, $U_{\text{доп}}$ – допустимое значение наведенного напряжения): а – схема № 1; б – схема № 2; в – схема № 3; д – схема № 4

землителей длиной до 30 м – при снижении удельного сопротивления с глубиной.

Следует отметить, что снижение удельного сопротивления земли с глубиной характерно почти для всей территории Республики Беларусь. В связи с этим в местах предполагаемого монтажа СЗ рекомендуется проводить геофизические исследования электрической структуры грунта методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), который является наиболее достоверным.

Технические мероприятия по подготовке рабочих мест и допуску к работам под наведенным напряжением предусматривают режимы заземления ВЛ, линейного оборудования, рабочих участков и рабочих мест, устанавливаемые в соответствии с разработанными схемами заземления ВЛ [9].

Во второй части статьи будет описана математическая модель и рассмотрен опыт, накопленный РУП «Белэнергосеть-проект» при выполнении измерений наведенного напряжения на отключенных ВЛ, проходящих вблизи действующих ВЛ напряжением 110 кВ и выше.

Выводы

1. Для определения наведенного напряжения от двух и более влияющих линий необходимо применение математического аппарата, учитывающего долю каждой влияющей линии в формировании значения наведенного напряжения, а также топологию сети.

2. Задача обеспечения электробезопасности при проведении ремонтных и эксплуатационных работ на ВЛ 35–750 кВ, находящихся под наведенным напряжением, должна решаться как аналитически (математическим моделированием), так и проведением серии экспериментальных измерений.

Список литературы

1. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок: ТКП 427-2012: утв. М-вом энергетики РБ 28.11.12. – Введ. 2013-03-01. – Минск: Минэнерго, 2013. – 148 с.; ил.
2. Шарандин, А.А. Наведенное напряжение и защита от него / А.А. Шарандин. – М.: Энергопрогресс; Энергетик, 2016. – 40 с.
3. Вантеев, А.И. Вопросы безопасной организации работ на воздушных линиях электропередачи / А.И. Вантеев. – М.: Энергопрогресс; Энергетик, 2014. – 84 с.; ил. – Библиотека электротехника, приложение к журналу «Энергетик»; вып. 4 (184).
4. Целебровский, Ю.В. Безопасность работ на ВЛ, находящихся под наведенным напряжением. Реальные опасности и методики измерения напряжений / Ю.В. Целебровский // Новости электротехники. – 2009. – № 1 (55). – С. 54–57.
5. Михайлов, М.И. Электромагнитные влияния на сооружения связи / М.И. Михайлов, Л.Д. Разумов, С.А. Соколов. – М.: Связь, 1979. – 264 с.; ил.
6. Расчет наведенного напряжения на линиях электропередачи и обеспечение безопасности работ на этих линиях / В.И. Глушко [и др.] // Электричество. – 1997. – № 8. – С. 13–18.
7. Драко, М.А. О необходимости вертикального электрического зондирования в местах установки опор ВЛ 35–750 кВ / М.А. Драко, А.М. Короткевич, Э.П. Ковалев // Энергетическая стратегия. – 2015. – № 1. – С. 25–27.
8. Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные 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 приемосдаточных испытаний: ТКП 339-2011. – Введ. 23.08.11. – Минск: Минэнерго, 2011. – 601 с.
9. Бохан, Н.В. Безопасное производство работ на ВЛ под наведенным напряжением / Н.В. Бохан, В.И. Глушко, Э.П. Ковалев, О.Е. Ямный // Техника без опасности. – 2007. – № 3. – С. 31–32.

К ВОПРОСУ ОБ ИНТЕГРАЦИИ ОБЪЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ

Энергетика является главным двигателем технического прогресса. Этот прогресс по своим характеристикам и целям многолик, однако если не учитывать некоторые из необоснованных целей, то актуальной остается главная – обеспечение цивилизованного общества всем необходимым для существования и развития. Между тем одной и той же цели можно достигать разными средствами. В этом смысле энергетика ничем не отличается от других высокотратных областей деятельности: главной ее задачей является поиск наиболее эффективных решений, обещающих получение ожидаемых результатов не только в ближайшей, но и отдаленной перспективе.



Е.П. ЗАБЕЛЛО,
д.т.н., профессор кафедры
«Электрооборудование
сельскохозяйственных
предприятий» БГАТУ

Распределенная генерация и проблемы надежного энергоснабжения

В настоящее время энергетика находится на том этапе своего развития, который предполагает расширение использования возобновляемых источников энергии и постепенное сокращение объема традиционной генерации, в основе которой лежат химические реакции, связанные с горением вещества, и ядерные реакции. В результате дискуссий о выборе стратегии дальнейшего развития мировой энергетики возникло понимание вины в изменении климата самого человечества с его методами хозяйствования в целом и в области энергетической политики – в частности. Однако понимание не есть призыв к действию. Как свидетельствуют прогнозы экспертов, не следует ожидать резкого снижения объемов выработки энергии из невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов вплоть до их полного исчезновения на земном шаре.

Проблемы, стоящие перед энергетикой Беларуси в данном аспекте, широко обсуждаются в журнальных публикациях. Большинство авторов сходятся во мнении, что наиболее сложной задачей является обеспечение надежного функционирования энергосистемы в условиях работы Белорусской АЭС. Предстоящий ввод двух мощных энергоблоков потребовал пересмотра не только режимов работы источников генерации и объема генерируемой энергии, но и структуры и состава аварийного резерва, а также способов обеспечения нормальной частоты в энергосистеме.

В [1] рассмотрен ряд новых путей решения задачи надежного и качественного энергоснабжения страны, среди которых изменение структуры энергопотребления хозяйственного комплекса, диверсификация технических решений и комплексный

подход к регулированию частоты и величины вращающегося резерва мощности. При рассмотрении баланса генерирующих мощностей в публикации [1] учтены и блок-станции, но структура этого сегмента не отражена, а потому участие блок-станций в генерации представлено практически постоянной величиной на суточных интервалах межотопительного и отопительного периодов. Между тем широкое развитие распределенной генерации (РГ) во многих развитых странах, в том числе имеющих атомные электростанции (как, например, США), а также закрывающих эти станции (Германия), показывает, что решение проблемы покрытия переменной части графиков энергопотребления не может быть простым. Направленные на это мероприятия затратны, и основная их часть не относится к оперативным [2].

Сравнивая формы суточных графиков нагрузки Белорусской энергосистемы в зимние рабочие дни за 2012 и 2020 годы (прогноз), авторы публикации [3] показали, что они фактически идентичны, то есть не предвидится проведение мероприятий по уплотнению суточных графиков и применение стимулов, например, в виде посылки потребителям оперативных ценовых сигналов, отражающих величину переменных тарифов в различных временных зонах суток. Оперативный расчет величин подобных сигналов реален при наличии АСКУЭ генерации и межсистемных перетоков, однако отсутствие рынка энергии

тормозит внедрение тарифов по принципу, например, РСВ (рынок на сутки вперед). В России к настоящему времени уже оценены достоинства и недостатки этого принципа, как и созданного рынка энергии в целом. В Белорусской энергосистеме опыт регулирования графиков нагрузки ограничен, хотя в отечественных журналах энергетического профиля имеется ряд публикаций с предложениями по организации работы энергосистемы с учетом не только ввода в строй Белорусской АЭС, но и перспектив развития РГ.

Подходы к развитию распределенной генерации

Отношение к развитию РГ и суть принимаемых в этом направлении мер изложены в интервью заместителя Министра энергетики Республики Беларусь О.Ф. Прудниковой, опубликованном в [4]. В интервью отмечается, что современные установки РГ стали конкурентоспособными при выборе источников генерации и по этой причине целесообразно с 2019 года перейти «от повышающих коэффициентов к стимулирующим». Цель подобного перехода заключается в том, чтобы постепенно уходить от перекрестного субсидирования неэкономичных установок РГ, внедренных ранее.

Как с экономической, так и с технической стороны подход является правильным, поскольку производство любой продукции должно стать окупаемым после прохождения стадии экспериментальной проверки. К сожалению, как следует из [4], во внесенном на рассмотрение в Администрацию Президента проекте Указа «О возобновляемых источниках энергии» при изложении вопросов режимного взаимодействия ВИЭ с энергосистемой сущность этого взаимодействия рассматривается упрощенно, так как не учитывается вероятностный характер объемов генерации солнечных и ветроэлектростанций. Так, в [4] отмечено, что «юридические лица и индивидуальные предприниматели, эксплуатирующие установки ВИЭ электрической мощностью от 1 МВт и более, должны ежедневно представлять государственной энергоснабжающей организации почасовые графики выработки данными установками электроэнергии на предстоящие сутки, ее отпуска в электрическую сеть этой организации и транзита». Рассматривать подобный подход как режимное взаимодействие нельзя, так как он не предполагает соблюдения интересов всех участников генерации с учетом их долевого участия. Это в первую очередь относится к зеленой генерации, объем которой носит вероятностный характер и обусловлен не электрическими нагрузками потребителей, а погодными условиями.

В подобном положении введение режима конкурентного рынка с участием равноправных партнеров и применение сложных систем тарифов на генерацию, передачу и реализацию энергии становятся неизбежными. Именно эту работу и предстоит выполнить прежде всего после подписания указа, о котором говорится в [4].

Мировой опыт покрытия переменной части графиков энергопотребления

Возвращаясь к анализу сценариев покрытия переменной части графиков энергопотребления в США и Германии [2], заметим, что в статье не упоминаются АЭС, так как в названных странах они не создают сложности в покрытии гра-

фиков нагрузок и регулировании частоты. С развитием РГ там возникают другие проблемы, связанные не с выбором источника генерации, а с разработкой новых высокоманевренных установок.

Например, в Германии с 2011 года для регулирования графика нагрузки применяется одновальная ПГУ фирмы Siemens мощностью 550 МВт с повышенными требованиями к маневренности. При высоком КПД (свыше 60 %) диапазон регулируемой мощности такой установки превышает 80 %, циклические изменения нагрузки происходят со скоростью до 6 % номинальной мощности в минуту, а время пуска после ночного простоя от получения команды на начало пусковых операций до выхода на 90 % номинальной нагрузки составляет менее 30 мин. Благодаря таким маневренным характеристикам вполне успешно решаются проблемы, возникающие в случаях набора и сброса генерирующих мощностей солнечных электростанций (СЭС) и ветроустановок (ВЭУ). В настоящее время имеется достаточно богатая статистика по графикам генерации таких станций во многих энергосистемах с учетом широт, числа солнечных дней и скоростей ветра.

Наращивание мощностей источников РГ в мире привело к необходимости разработки новых технических требований к их интеграции в энергосистему, касающихся не только динамических свойств установок, но и их допустимых диапазонов работы по частоте, параметров качества энергии, колебаний напряжения и допустимых уровней токов КЗ в точках подключения.

Коснемся в общих чертах требований к диапазонам работы по частоте для источников РГ при их интеграции в энергосистему. Согласно стандарту IEEE 1547, установки РГ не должны отключаться от сети раньше отключения устройств автоматической частотной разгрузки (АЧР) и частотной делительной автоматики (ЧДА), так как их опережающее отключение ведет к росту дефицита активной мощности, дальнейшему снижению частоты в энергосистеме и увеличению числа потребителей, отключаемых АЧР.

Кодекс требований, изложенных в стандарте серии 1547, за рубежом постоянно совершенствуется и пополняется. Необходимость такой доработки обусловлена тем, что вследствие резкого повышения количества генерирующих источников типа ВЭУ и СЭС и увеличения небалансов мощности в европейской энергосистеме амплитуда колебаний частоты в электросетях (ЭС) в последние годы ощутимо возросла, а надежность ЭС снизилась [5].

Расчетным аварийным небалансом для объединенной энергосистемы Европы является отключение 3000 МВт генерирующей мощности согласно критерию N-2, то есть отключение двух энергоблоков АЭС по 1500 МВт каждый. И хотя потребляемая мощность ЭС в энергосистеме континентальной Европы составляет от 220 до 440 ГВт в годовом разрезе (почти в 40 раз больше, чем в энергосистеме Республики Беларусь), там практикуется моделирование сценариев, которые могут привести к масштабному отключению потребителей.

Первые результаты моделирования показали, что увеличение объема резервов не является эффективной контрмерой против мгновенного отключения больших объемов мощности РГ. Дело в том, что отклонение частоты происходит с высокой скоростью, в результате включение резерва не успевает обеспечить процесс возвращения частоты к нормальному значению. Многие специалисты, занимающиеся вопросами оперативного подключения резервных мощностей, пришли к выводу,

что важным фактором повышения надежности современных энергосистем, имеющих наряду с ТЭС и АЭС значительный объем мощностей РГ, является интеграция в систему мощных быстродействующих накопителей энергии. Подобный опыт, описанный в [2], набирает энергосистема Южной Австралии, где в 2016 году произошла серьезная авария из-за отключения межсистемных ЛЭП. Так как перед аварией из 1895 МВт нагрузки энергосистемы около половины покрывалось за счет ВЭУ, то высокоманевренные ТЭС не смогли справиться с покрытием нагрузки, а быстродействующие накопители энергии отсутствовали. На сегодняшний день такие накопители (пока в объеме 100 тыс. кВт) в Южной Австралии имеются и успешно выполняют свои функции в составе триады, о которой говорилось в [6].

Регулирование нагрузки в Белорусской энергосистеме

Способы эффективного регулирования нагрузки в Белорусской энергосистеме активно обсуждаются в последнее время – в основном с целью поиска потребителей энергии для загрузки провальной части графиков. Использование электродвигателей в этом случае рассматривается как один из основных вариантов, хотя есть и другие предложения, например, приведенные в [7].

Рассмотрим представленный на рисунке 1 вариант схемы перетоков энергии при наличии в энергосистеме и у потребителя электродвигателей (ЭК) и накопителей энергии (НЭ), устанавливаемых с целью регулирования нагрузки энергосистемы. Как следует из рисунка, к традиционной схеме генерации и передачи электрической и тепловой энергии напрямую от источника потребителю добавлены цепи передачи электроэнергии к НЭ и ЭК, а от них – к тому же потребителю, но уже с учетом его режимного взаимодействия с энергоисточником. Так как НЭ получает и передает только электрическую энергию, то размещаться он может в любой удобной точке ЛЭП в соответствии

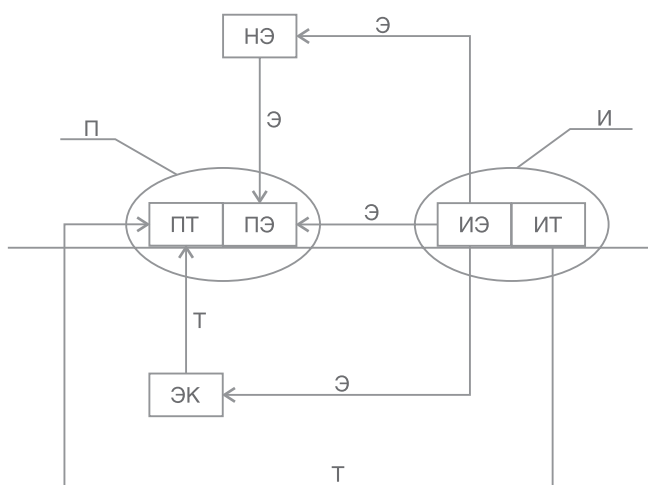


Рис. 1. Схема перетоков электрической и тепловой энергии при наличии накопителей энергии и электродвигателей:

И – источник электрической (ИЭ) и тепловой (ИТ) энергии;
П – потребитель электрической (ПЭ) и тепловой (ПТ) энергии;
ЭК – электродвигатель; НЭ – накопитель электрической энергии;
Э, Т – каналы передачи соответственно электрической и тепловой энергии

с расчетами, чего нельзя сказать об ЭК: запасенная котлом энергия передается потребителю по линии Т (тепло), и чем длиннее эта линия, тем больше потери энергии. Если полностью исключить линию Т, то речь может идти о распределенной теплофикации, то есть об установке ЭК необходимой мощности у самих потребителей и исключении распределительных сетей теплоснабжения, что и практикуется в большинстве стран мира. В таком случае наряду с регулированием (уплотнением) графиков электрических нагрузок генерирующих источников энергосистемы имеет место и рост этих нагрузок. Это также помогает решить проблему загрузки генерирующих источников, так как уже по состоянию на 2017 год при мощности всей генерации Белорусской энергосистемы 10,3 ГВт пиковые нагрузки в отопительный период составляли около 6 ГВт, а в межотопительный – 4,6 ГВт, то есть более чем в два раза меньше суммы установленных мощностей [1].

Заметим, что в республике успешно зарекомендовала себя практика применения абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов [8, 9]. Их основное назначение состоит в том, чтобы снизить собственную генерацию электроэнергии ТЭЦ и тем самым увеличить объем генерации на других источниках, прежде всего на АЭС. Подобное перераспределение, конечно, крайне рационально. Но если рассматривать задачу комплексно, целесообразнее обеспечивать рост электрических нагрузок за счет установки электродвигателей и баков-аккумуляторов средней и малой мощности (описаны, например, в [10]), использование которых позволяет решить задачу режимного характера (уплотнение электрических нагрузок) и одновременно нарастить электропотребление, в том числе за счет уменьшения объемов централизованного теплоснабжения.

Конечно, обе задачи крайне сложны, так как они касаются всех видов генерации в целом по республике и энергетики всех отраслей народного хозяйства.

Выравнивание графиков электрических нагрузок в Белорусской энергосистеме

Рассмотрим, что изменилось в части выравнивания графиков электрических нагрузок в энергосистеме за последнее десятилетие, учитывая, что подобная задача была поставлена еще в 2006 году, когда Советом Министров Республики Беларусь было принято постановление № 847 «О мерах по внедрению в республике автоматизированной системы контроля и учета электрической энергии (АСКУЭ)».

На рисунке 2 представлены построенные в относительных единицах графики электропотребления за рабочие дни декабря 2017 года и января 2005 года, свидетельствующие о следующем:

- доля электропотребления P_n^* в ночные часы (23.00–7.00) составляла в 2005 году 0,27, в 2017 году – 0,2714, то есть возросла всего лишь на $(0,2714 - 0,27)100 = 0,14\%$;
- доля электропотребления P_n^* в пиковые часы (8.00–10.00 и 18.00–21.00) составляла в 2005 году 0,242, в 2017 году – 0,236, то есть уменьшилась на $(0,242 - 0,236)100 = 0,6\%$;
- перенос нагрузок осуществлялся в основном за счет нагрузок вечерней пиковой зоны в полупиковую (середина дня).

Таким образом, уплотнения графика суточных нагрузок за последние 12 лет практически не произошло. Правда, следует учесть, что приведенные данные носят вероятностный характер и не являются результатом обработки статистики за все

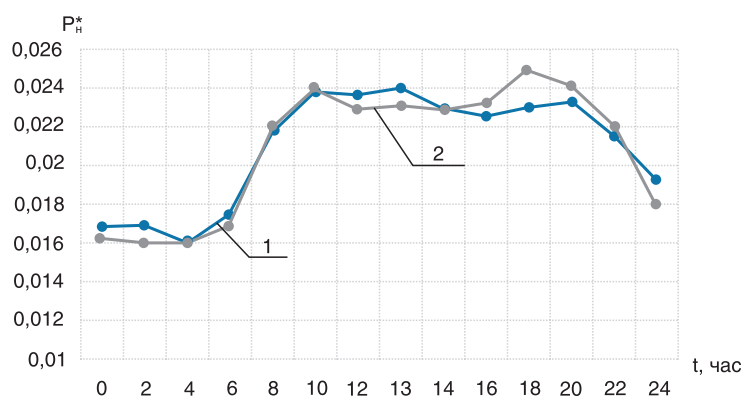


Рис. 2. Графики электроснабжения за рабочий день в энергосистеме: 1 – декабрь 2017 года; 2 – январь 2005 года

рабочие дни рассмотренного отрезка времени. К сожалению, динамика изменения форм графиков электрических нагрузок в республике систематически не анализируется, что исключает возможность получения обоснованных выводов при выборе путей уплотнения графиков на суточных интервалах и роста электрических нагрузок в абсолютном исчислении.

По этой причине обратимся к материалам публикаций (например, [11, 12]), в которых приведены графики электроснабжения в энергосистеме за рабочий день в январе 2004, 2005, 2006 и 2007 годов и основные характеристики этих графиков, такие как $\beta_{cp} = P_{cp}/P_{max}$ – плотность графика нагрузки и $\alpha_n = P_{min}/P_{max}$ – коэффициент неравномерности нагрузки, где P_{cp} , P_{max} , P_{min} – соответственно среднее, максимальное и минимальное значения нагрузки на соответствующем интервале.

Рассчитав по приведенным формулам значения β_{cp} и α_n и учитывая значения, полученные в [10], составим следующую таблицу:

Коэффициент	Год, месяц				
	2004, дек.	2005, дек.	2006, дек.	2007, дек.	2017, дек.
α_n	0,650	0,657	0,675	0,620	0,676
β_{cp}	0,855	0,843	0,861	0,820	0,866

Приведенные в таблице данные подтверждают изложенные выше выводы. Заметим, что величины за 2004–2007 годы рассчитаны с высокой точностью, так как информационной базой для расчетов служило множество графиков нагрузки, включая данные по всем рабочим дням декабря каждого года.

В марте 2016 года Совет Министров Республики Беларусь принял постановление № 169 «Об утверждении комплексного плана развития электроэнергетической сферы до 2025 года с учетом ввода Белорусской атомной электростанции», а в августе 2018 года постановлением № 579 был утвержден межотраслевой комплекс мер по увеличению потребления электроэнергии. Из документов следует, что планируемый объем увеличения электроснабжения к 2026 году составит 3,38 млрд кВт·ч, в том числе 1,78 млрд кВт·ч даст реализация мероприятий комплексного плана по установке электродвигателей, входящих в состав ГПО «Белэнерго», 1,6 млрд кВт·ч – реализация межотраслевого комплекса мер.

Заметим, что с вводом в строй двух блоков АЭС годовое производство электроэнергии на них составит 18 млрд кВт·ч, что намного больше объема, потребляемого объектами, упомянутыми в вышеуказанных постановлениях. Таким образом, по-

полнение списка этих объектов в ходе реализации мер по повышению объемов электроснабжения неизбежно. В этот список должны быть включены современные литий-ионные накопители энергии, автомобильный транспорт на электротяге, бромистолитиевые тепловые насосы, бытовые электродвигатели малой мощности, электросушилки и многие другие энергопотребляющие установки, в настоящее время использующие сжигаемое топливо в виде газа и других энергоресурсов. Данный перечень можно продолжить, так как опыт стран с развитой энергетикой показывает, что уровень электрификации может быть в несколько раз выше, чем существующий сегодня в республике.

Уделяя особое внимание поиску путей использования энергии АЭС, не нужно упускать из виду, что будущее – за энергетикой возобновляемых источников (это общепризнано). А так как одномоментный переход к ней исключен, то при поиске вариантов наращивания темпов электроснабжения необходимо уже сегодня, формируя перечни новых потребителей электроэнергии, иметь в виду и объекты распределенной генерации.

Выводы

1. В энергетике республики следует оперативно решать задачи обеспечения существенного роста электроснабжения. Основным подходом при этом должна стать реализация прежде всего малозатратных мероприятий, связанных с заменой энергоносителей, например, переход от газовых котлов и плит к электродвигателям и электроплитам и т.д.

2. Если бромистолитиевые тепловые насосы уже хорошо зарекомендовали себя на практике и их применение может быть расширено, то использование литий-ионных накопителей пока не практикуется, что исключает возможность не только оценить их эксплуатационные характеристики, но и разработать с приемлемой достоверностью технико-экономические обоснования выбора конкурентных вариантов генерации энергии.

3. На протяжении многих лет формы графиков электрических нагрузок Белорусской энергосистемы меняются хотя и в лучшую сторону, но незначительно. С ростом объемов внедрения солнечных и ветроэлектростанций, имеющих крайне неравномерные графики генерации, проблема будет только усугубляться. В связи с этим необходимо одновременно решать не только задачу регулирования нагрузок в энергосистеме, но и другие сложные задачи, связанные с аварийным резервированием энергоисточников, регулированием частоты в энергосистеме, релейной защитой и автоматикой и, разумеется, обеспечением загрузки генерирующих источников с учетом их динамических характеристик и технико-экономических показателей.

4. Законодательная, правовая и нормативная база энергетической сферы должна совершенствоваться в темпе развития самой энергетической и определять пути трансформации отрасли, используя обоснованные подходы.

Список литературы

1. Малашенко, М.П. Диверсификация возможных решений обеспечения надежной работы энергосистемы в условиях ввода

- в строй Белорусской АЭС / М.П. Малащенко, А.А. Сениюков, В.Н. Романюк, А.А. Бобич // Энергоэффективность. – 2018. – № 5. – С. 8–14.
2. Лейзерович, А.Ш. Различия сценариев покрытия переменной части графиков энергопотребления в США и Германии / А.Ш. Лейзерович // Электрические станции. – 2017. – № 6.
 3. Забелло, Е.П. Сравнительный анализ подходов к решению проблемы покрытия переменной части графиков энергопотребления / Е.П. Забелло // Энергетика и ТЭК. – 2017. – № 10. – С. 40–43.
 4. Прудникова, О.Ф. Новые подходы к развитию возобновляемой энергетики / О.Ф. Прудникова // Энергетическая стратегия. – 2019. – № 1. – С. 10–12.
 5. Кучеров, Ю.Н. Анализ общих технических требований к распределенным источникам энергии при их интеграции в энергосистему / Ю.Н. Кучеров, П.К. Березовский, Ф.В. Веселов, П.В. Илюшин // Электрические станции. – 2016. – № 3. – С. 2–10.
 6. Забелло, Е.П. Перспективы энергетической триады / Е.П. Забелло // Энергетика и ТЭК. – 2016. – № 9. – С. 44–48.
 7. Молочко, А.Ф. Оценка возможности использования новых типов электроаккумуляторов для регулирования нагрузки энергосистемы / А.Ф. Молочко, Ф.И. Молочко // Энергетическая стратегия. – 2017. – № 3. – С. 20–21.
 8. Романюк, В.Н. Время применения абсорбционных бромистолитиевых тепловых насосов на ТЭЦ Беларуси / В.Н. Романюк, А.А. Бобич // Энергия и менеджмент. – 2017. – № 2. – С. 2–5.
 9. Рудченко, А.В. Первый проект с применением абсорбционного теплового насоса большой мощности реализован в Беларуси / А.В. Рудченко, И.В. Кочемазов // Энергия и менеджмент. – 2017. – № 1. – С. 18–21.
 10. Применение электрод котлов и баков-аккумуляторов в системах теплоснабжения // Энергоэффективность. – 2018. – № 5. – С. 2–3.
 11. Забелло, Е.П. АСКУЭ: что сдерживает ее внедрение? / Е.П. Забелло // Энергетика и ТЭК. – 2007. – № 2. – С. 18–20.
 12. Гуртовцев, А.Л. Выравнивание графика электрической нагрузки энергосистемы / А.Л. Гуртовцев, Е.П. Забелло // Энергетика и ТЭК. – 2008. – № 7/8. – С. 13–20.

Отмечена наградами деятельность Л.И. Рудинского – генерального директора ГПО «Белтопгаз» с 2002 по 2019 год

4 июня Леонид Иванович Рудинский покинул пост генерального директора ГПО «Белтопгаз» в связи с выходом на пенсию. С теплыми словами по этому поводу к Л.И. Рудинскому обратился Министр энергетики В.М. Каранкевич. В частности, он отметил, что в газовой отрасли республики Леонид Иванович проработал почти 43 года. За время его пребывания на посту генерального директора ГПО «Белтопгаз» на развитие отрасли направлено более 1,5 млрд денонимированных рублей. Природный газ впервые получили 17 городов и 40 поселков, в том числе 37 городских, 2 рабочих и 1 курортный. Протяженность сетей газоснабжения увеличилась почти в два с половиной раза – с 24,7 до 61,5 тыс. км. За период с 2003 по 2019 год уровень газификации природным газом вырос на 25,8 п. п. (с 53,6 % до 79,4 %), в том числе в сельской местности – на 28,8 п. п. (с 12,8 % до 41,6 %).

С 2003 года в объединении велась масштабная модернизация, что позволило существенно сократить объем регламентных работ по техническому обслуживанию объектов газораспределительной системы. В настоящий момент на 100 % выполнена телемеханизация газорегуляторных пунктов, а это 2768 объектов.

В системе ГПО «Белтопгаз» планомерно осуществляется внедрение последних достижений научно-технического прогресса, передовых технологий и оборудования, рационализаторских предложений. Быстрыми темпами внедряются информационные системы и обновляется программное обеспечение. Благодаря этому удалось значительно увеличить объем услуг, оказываемых газоснабжающими организациями населению, практически без увеличения численности персонала.

Министр отметил огромный вклад Л.И. Рудинского в возрождение и развитие торфяной промышленности страны. В непростой период, когда по ряду причин торфяная отрасль переживала глубокий кризис, при непосредственном участии Леонида Ивановича Министерством энергетики был принят ряд отраслевых программ, а в дальнейшем Со-



Министр энергетики Республики Беларусь В.М. Каранкевич вручает Л.И. Рудинскому Почетную грамоту Минэнерго

ветом Министров Республики Беларусь утверждена Государственная программа «Торф» на 2008–2010 годы и на период до 2020 года. Их реализация позволила, по сути, поднять с колен торфяную промышленность республики.

Министр подчеркнул, что в настоящее время Беларусь является единственной страной на постсоветском пространстве, где торфяная отрасль сохранилась и продолжает успешно функционировать как полноценный и самодостаточный сектор экономики. И в этом есть немалая заслуга Л.И. Рудинского.

За многолетнюю безупречную работу Л.И. Рудинскому, на протяжении 17 лет возглавлявшему ГПО «Белтопгаз», вручены Благодарность Премьер-министра Республики Беларусь и Почетная грамота Министерства энергетики Республики Беларусь. Он также удостоен высшей награды Республиканского комитета Белорусского профессионального союза работников энергетики, газовой и топливной промышленности – Почетного знака за вклад в развитие профсоюза.

О РЕОРГАНИЗАЦИИ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАДЗОРА

28 февраля 2019 года подписан Указ Президента Республики Беларусь о создании государственного энергетического и газового надзора. Законодательный акт направлен на сохранение эффективного надзора за устойчивой работой Белорусской энергосистемы, обеспечение безопасности жизни и здоровья людей, устойчивое функционирование энергетического и газоиспользующего оборудования, сетей энерго- и газоснабжения.



Д.М. ЛОСЕНКОВ,
заместитель генерального
директора ГУ «Государственный
энергетический и газовый надзор»

Вопрос о необходимости реорганизации органов госэнергонадзора обсуждался энергетическим сообществом достаточно долго. Актуальность этой проблемы была обусловлена рядом факторов. Ключевым стал запрет на осуществление проверок, мониторингов и мероприятий технического (технологического, поверочного) характера коммерческими организациями, установленный Указом Президента Республики Беларусь от 16 октября 2009 года № 510. В соответствии с ним филиалы «Энергонадзор», входившие до реорганизации в состав РУП-облэнерго, которые являлись коммерческими организациями, были лишены права на осуществление перечисленных выше функций.

Немаловажно и то, что государственный энергетический надзор за объектами РУП-облэнерго осуществлялся не в полном объеме, а государственный газовый надзор в отношении газопроводов и газового оборудования в жилищном фонде не осуществлялся вовсе.

25 марта 2019 года в соответствии с требованиями Указа Президента Республики Беларусь от 28 февраля 2019 года № 92 было создано государственное учреждение «Государственный энергетический и газовый надзор».

С момента образования ГУ «Госэнергогазнадзор» филиалы «Энергонадзор» РУП-облэнерго стали филиалами вновь созданного учреждения. Оно находится в прямом подчинении Министерства энергетики и осуществляет надзор за соблюдением требований законодательства в сфере энергетики и газоснабжения юридическими и физическими лицами, в том числе индивидуальными предпринимателями.

Учреждение осуществляет государственный энергетический и газовый надзор в форме мероприятий технического (технологического, поверочного) характера и мер профилактического и предупредительного характера. Более подробно его функции определены Положением о государственном энергетическом и газовом надзоре, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 марта 2019 года № 213.

Согласно Положению государственный энергетический и газовый надзор осуществляется в отношении вводных и внутренних газопроводов, газового оборудования, инженерных систем, обеспечивающих безопасность при его эксплуатации в жилищном фонде, электроустановок, теплоустановок и тепловых сетей юридических и физических лиц, в том числе индивидуальных предпринимателей.

Документом также определен перечень энергоустановок, которые не подлежат госэнергогазнадзору. В их числе:

- энергоустановки объектов использования атомной энергии;
- энергоустановки линий городского электрического транспорта, метрополитена, сооружений и устройств железнодорожного транспорта (сооружений и устройств путевого хозяйства, технологической электросвязи, технологического электроснабжения, устройств сигнализации, централизации и блокировки);
- паровые и водогрейные котлы, сосуды, работающие под давлением, трубопроводы пара и горячей воды, которые эксплуатируются в соответствии с нормативными правовыми актами Министерства по чрезвычайным ситуациям, а также теплоиспользующие установки и тепловые сети с теплоносителем, отличным от пара и горячей воды;
- энергоустановки транспортных средств;
- оборудование специального назначения (промышленное, военное, медицинское, транспортное, грузоподъемное);
- специальные технологические, медицинские, экспериментальные, научные и другие энергоустановки;
- бытовые электроприборы, за исключением имеющих видимые повреждения, неисправности, эксплуатируемых в ус-

ловиях, не соответствующих требованиям эксплуатационной документации их изготовителей (при ее наличии), а также нестандартных (самодельных) бытовых электроприборов;

- автономные передвижные источники электрической и тепловой энергии;
- электростанции республиканских унитарных предприятий электроэнергетики, входящих в состав государственного производственного объединения «Белэнерго».

Согласно Положению основными задачами учреждения являются организация и осуществление надзора:

- за техническим состоянием и организацией эксплуатации энергоустановок, соблюдением обязательных требований при вводе их в эксплуатацию, реконструкции и капитальном ремонте, а также за проведением мероприятий, обеспечивающих безопасность и надежность при эксплуатации и обслуживании энергоустановок;
- за техническим состоянием и эксплуатацией вводных и внутренних газопроводов в жилищном фонде, газового оборудования, инженерных систем, обеспечивающих безопасность при его эксплуатации в жилищном фонде, а также за принятием мер по обеспечению безопасности при использовании газа.

Функции и права учреждения изложены в гл. 2 Положения. В частности, к основным функциям госэнергогазнадзора отнесены следующие:

- **надзор за соблюдением требований:**
 - к техническому состоянию и устройству, технической эксплуатации энергоустановок и технике безопасности при их эксплуатации, в том числе энергоустановок используемых в квартирах, многоквартирных жилых домах, садовых домиках, строениях и сооружениях при них, а также стационарных автономных энергоисточников;
 - к техническому состоянию и устройству, технической эксплуатации газового оборудования, вводных и внутренних газопроводов и систем обеспечения безопасности при их эксплуатации в жилищном фонде;
 - к качеству электрической и тепловой энергии, предусмотренных законодательством и (или) договорами энергоснабжения;
- **надзор за организацией и проведением мероприятий по обеспечению надежного энергоснабжения потребителей;**
- **рассмотрение проектной документации на электро- и теплоснабжение объектов в части соответствия требованиям безопасности и эксплуатационной надежности;**
- **участие в пределах компетенции в работе комиссий, создаваемых в соответствии с законодательством, в том числе:**
 - по присвоению (подтверждению) группы по электробезопасности электротехническому персоналу, проверке знаний у персонала, эксплуатирующего теплоустановки и тепловые сети, соблюдению требований к устройству, технической эксплуатации и технике безопасности при эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей;
 - по проверке выполнения условий готовности теплоисточников, тепловых сетей и систем теплоснабжения к работе в осенне-зимний период;
 - по расследованию технологических нарушений в работе объектов энергетического хозяйства;
- **выдача заключения о соответствии принимаемого в эксплуатацию объекта разрешительной документации,**

проектной документации, разработанной и утвержденной с учетом установленных законодательством требований, в том числе требований безопасности и эксплуатационной надежности, при приемке в эксплуатацию объектов, в отношении которых осуществляется госэнергогазнадзор;

- **надзор за своевременным проведением проверки и прочистки инженерных систем, обеспечивающих безопасность при эксплуатации газового оборудования, наличием актов о проведении указанных работ;**
- **контроль сроков проведения технического обслуживания и ремонта газового оборудования, вводных и внутренних газопроводов;**
- **участие в порядке, установленном законодательством, в специальных расследованиях несчастных случаев, связанных с эксплуатацией энергоустановок, вводных и внутренних газопроводов и газового оборудования на поднадзорных объектах;**
- **сбор, накопление и анализ информации о несчастных случаях, подлежащих специальному расследованию, авариях на поднадзорных объектах;**
- **информационная работа по предупреждению аварий и профилактике травматизма в энергоустановках, а также при эксплуатации газового оборудования, вводных и внутренних газопроводов;**
- **участие в разработке проектов нормативных правовых и технических нормативных правовых актов по вопросам деятельности учреждения;**
- **выявление и пресечение административных правонарушений самостоятельно в пределах компетенции или во взаимодействии с иными органами государственного надзора и контроля;**
- **ведение в пределах компетенции административного процесса;**
- **рассмотрение в установленном порядке обращений юридических и физических лиц, в том числе индивидуальных предпринимателей.**

ГУ «Государственный энергетический и газовый надзор» наделено следующими правами:

- выносить требования (предписания) об устранении нарушений законодательства в сфере энергетики и газоснабжения;
- в случае выявления нарушений законодательства, создающих угрозу национальной безопасности, причинения вреда жизни и здоровью населения, окружающей среде, вручать (направлять) предложение о приостановлении (запрете) деятельности субъекта (его цехов, производственных участков), объекта строительства, оборудования до устранения нарушений, послуживших основанием для вручения (направления) такого предложения;
- подготавливать по результатам осуществления госэнергогазнадзора акты, справки и иные документы, предусмотренные законодательством, содержащие в том числе предложения и рекомендации об устранении выявленных нарушений законодательства, а также причин и условий таких нарушений;
- использовать технические средства, в том числе аппаратуру, осуществляющую звуко- и видеозапись, фотосъемку, ксерокопирование, сканирование документов;
- получать от юридических и физических лиц, в том числе индивидуальных предпринимателей, необходимые для осуществления госэнергогазнадзора документы и иную информацию;

- запрашивать в пределах компетенции и получать в установленном порядке от государственных органов и иных государственных организаций информацию;
- привлекать на договорной основе научные, проектные и иные организации, квалифицированных специалистов для выполнения работ, требующих специальных знаний.

В настоящее время учреждение находится на этапе становления. Проводится работа по обеспечению его функционирования – приему имущества, формированию штата аппарата

управления, разработке локальных нормативных правовых актов, материально-техническому обеспечению.

Создание ГУ «Госэнергогазнадзор» позволяет обеспечить независимость органов государственного и газового надзора от субъектов хозяйствования, в данном случае – энерго- и газоснабжающих организаций, и разделить функции управления производственно-хозяйственной и надзорной деятельностью указанных организаций.

К СВЕДЕНИЮ

Итоги работы организаций Министерства энергетики Республики Беларусь в I квартале



ГПО «БЕЛЭНЕРГО»

Выработка электроэнергии – **9,4 млрд кВт·ч.**

Отпуск теплоэнергии – **13,61 млн Гкал.**

Удельный расход топлива:

– на отпуск электроэнергии – **213,3 г у.т./кВт·ч;**

– на отпуск теплоэнергии – **164,54 кг у.т./Гкал.**

Технологический расход на транспорт в сетях:

– электроэнергии – **8,17 %;**

– теплоэнергии – **7,41 %.**

Экспорт электроэнергии – **517,1 млн кВт·ч.**

Построено и реконструировано:

– **252,4 км** ВЛ 0,4–10 кВ;

– **8,16 км** тепловых сетей в однострунном исчислении.

Темп роста инвестиций в основной капитал – **90,5 %.**



ГПО «БЕЛТОПГАЗ»

Газоснабжение

Поставлено потребителям **6,2 млрд м³** природного газа.

Реализовано **12,3 тыс. т** сжиженного природного газа.

Введено в эксплуатацию **223,2 км** газопроводов различных категорий.

Газифицировано природным газом более **5,7 тыс. квартир.**

На потребление природного газа со сжиженного переведено более **1,1 тыс. квартир.**

Торфяная промышленность

Произведено **296,1 тыс. т** торфяных топливных брикетов и сушенки.

Экспортировано **59,1 тыс. т** торфяных брикетов.

Темп роста инвестиций в основной капитал – **114,7 %.**



ГП «БЕЛОРУССКАЯ АЭС»

Первый энергоблок

Строительно-монтажные работы на первом энергоблоке выполнены на **87 %.**

Строительство энергоблока находится на этапе завершения общестроительных работ, начаты тепло- и электромонтажные работы, ведутся монтаж и наладка оборудования.

В полном объеме осуществлена подача напряжения на собственные нужды энергоблока по проектной схеме. Начаты предпусковые наладочные работы.

Второй энергоблок

Строительно-монтажные работы выполнены на **67 %.**

Смонтированы корпус реактора и основное оборудование реакторной установки, ведется монтаж технологических трубопроводов и систем турбины. Продолжаются общестроительные, тепло- и электромонтажные работы.

Темп роста инвестиций в основной капитал – **86,8 %.**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ СВЕДЕНИЯ БАЛАНСА ПРИРОДНОГО ГАЗА В СИСТЕМЕ «ГАЗОСНАБЖАЮЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ – ПОТРЕБИТЕЛИ»

Сложные теплогидравлические режимы работы надземного нетеплоизолированного газопровода могут привести к дополнительной погрешности измерения объемного расхода газа, существенно превышающей паспортные значения погрешности узлов учета. В статье подробно описан метод расчета учетных количеств потребленного природного газа, основанный на решении обратной задачи теории погрешностей, проведен анализ составляющих небаланса природного газа и показана возможность его эффективного распределения между потребителями по пропорциональной схеме.



В.Л. КОЛПАЩИКОВ,
к.ф.-м.н., ведущий научный
сотрудник Института
тепло- и массообмена имени
А.В. Лыкова НАН Беларуси

В настоящее время в экономике остро стоят вопросы ресурсо- и энергосбережения, так как высокая стоимость топлива и энергии напрямую влияет на формирование цен и, соответственно, на социально-экономическую обстановку в стране. Несовершенство системы учета газа и невысокая точность узлов коммерческого учета являются основными причинами неэффективного использования природного газа, небаланса и финансовых потерь в системе «поставщик – потребитель».

Учетные количества потребляемого природного газа определяются в газопроводе в стандартных условиях – при давлении 101,325 кПа и температуре 20 °С. Задача достоверного определения объема потребления газа является многоплановой, так как зависит от точности применяемых средств измерений на узлах учета газа (УУГ) и точности вычисления объема потребления этого энергоресурса. При существующем разнообразии измерительных приборов важно уметь правильно оценить их характеристики и произвести верный выбор средств измерений, использование которых будет целесообразно для установки в ходе реконструкции или создания новых УУГ в промышленной сфере. Это обусловлено тем, что даже незначительные отклонения данных параметров от нормативно-технических требований могут привести к неточностям в измерениях и существенным потерям, как физическим, так и финансовым. Таким образом, каждый потребитель вносит свой вклад в общий небаланс системы «газоснабжающая организация – потребители» в виде погрешности своего УУГ.

Для получения учетных количеств потребленного природного газа необходимо провести процедуру сведения баланса газа, заключающуюся в объективном распределении той части

небаланса, которая обусловлена неопределенностью измерений количества газа на УУГ потребителей. Кроме того, необходимо рассчитать долю этой части на основе детального анализа составляющих небаланса и распределить ее между потребителями. Следует подчеркнуть, что в данной статье рассматривается частный случай, когда газоснабжающая организация (ГПО «Белтопгаз») не имеет своих УУГ, оперирует учетными значениями, предоставленными поставщиком газа (ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»), и, следовательно, не участвует в распределении небаланса.

Так как до настоящего времени не существовало единого унифицированного подхода к определению учетных количеств потребленного природного газа в системе «газоснабжающая организация – потребители», то подробный анализ проблемы и разработка подхода, позволяющего научно обосновать распределение небаланса при получении учетных количеств природного газа, является важной и актуальной задачей.

Сформулируем задачу получения учетных значений количества потребленного газа для УУГ потребителей исходя из небаланса в системе «газоснабжающая организация – потребители».

Небаланс в системе «газоснабжающая организация – потребители» представляет собой разность полученного газо-

снабжающей организацией учетного значения объема газа ($V_{уч.ГСО}$) и суммарного потребления природного газа ($V_{\Sigma\text{ потр}}$):

$$V_{неб}^{исх} = V_{уч.ГСО} - V_{\Sigma\text{ потр}} \quad (1)$$

Значение $V_{\Sigma\text{ потр}}$ включает в себя объем газа, потребленного промышленными и приравненными к ним потребителями по показаниям их УУГ, и объем газа, потребленный населением по показаниям бытовых счетчиков или по нормам.

Основными причинами возникновения небаланса являются неравномерность суточного и сезонного колебаний потребления, значительные отклонения термодинамических рабочих условий от стандартных при функционировании УУГ, разнообразие и несовершенство методик выполнения измерений (МВИ) среднесуточного объема газа, невысокая точность узлов учета промышленных потребителей и неопределенность при измерениях количества газа на узлах учета.

Величину исходного небаланса можно представить как совокупность следующих составляющих:

- расчетные потери (технологические и эксплуатационные) газоснабжающей организации и потребителей;
- доля газа, потребленного населением, имеющим счетчики газа без коррекции по температуре;
- величина небаланса, обусловленная неопределенностью измерений количества газа на узлах учета потребителей.

Технологические потери газоснабжающей организации и потребителей в соответствии с п. 8 Правил учета природного газа [1] определяются в соответствии с главами 2–5 Инструкции о порядке определения норм потерь природного газа на объектах газораспределительной системы и узлах учета газа [2]. Технологические потери включают:

- потери газа в системах газоснабжения вследствие их негерметичности;
- условно-постоянные потери газа на техническое обслуживание и плановые ремонты систем газоснабжения;
- производственные потери газа, связанные с работами по вводу систем газоснабжения в эксплуатацию;
- потери газа, связанные с отсутствием учета изменений состояния газа (для УУГ без введения коррекции по температуре, давлению и коэффициенту сжимаемости).

Величина небаланса, обусловленная неопределенностью измерений объемов газа на узлах учета потребителей ($V_{неб}^*$), определяется по формуле

$$V_{неб}^* = V_{неб}^{исх} - V_{рпГСО} - \sum_{i=1}^{N_{потр}} V_{рп.потр.i} \quad (2)$$

где $V_{неб}^{исх}$ – исходный небаланс; $V_{рпГСО}$ – потери газоснабжающей организации; $\sum_{i=1}^{N_{потр}} V_{рп.потр.i}$ – сумма расчетных потерь потребителей.

Учет природного газа подразумевает переход от результатов измерений на УУГ поставщика и потребителей к значениям величин, используемых при взаимных расчетах между газоснабжающей организацией и потребителями. Результат учета, в отличие от результата измерений, не имеет погрешности и достоверен, так как получен путем применения взаимосогласованных правил. Для определения учетных количеств потребленного природного газа необходимо провести процедуру распределения части небаланса, обусловленной

неопределенностью измерений количества газа на узлах учета потребителей.

Условие баланса природного газа предполагает равенство объемов газа, полученного газоснабжающей организацией от поставщика и потребленного всеми потребителями:

$$V_{уч.ГСО} = V_{уч.\Sigma\text{ потр}} \quad (3)$$

С учетом изменения состава газа, температуры, давления и коэффициента сжимаемости в реальных условиях эксплуатации УУГ относительная погрешность (δ_i) представляет собой сумму паспортной ($\delta_{пасп.i}$) и дополнительной ($\delta_{доп.i}$) погрешностей УУГ и определяется по формуле

$$\delta_i = \delta_{пасп.i} + \delta_{доп.i} \quad (4)$$

где $\delta_{пасп.i}$ – относительная погрешность i-го УУГ по паспорту; $\delta_{доп.i}$ – дополнительная погрешность, которая может быть вызвана следующими причинами:

- изменение состава газа в течение отчетного периода;
- изменение температуры, давления и коэффициента сжимаемости газа в реальных условиях эксплуатации УУГ;
- различие величин погрешностей измерения в разных диапазонах измерения объемов и расходов газа первичными преобразователями;
- нарушение нормативных технических требований при сборке УУГ (отклонение геометрических размеров, состояние внутренних поверхностей и др.);
- неустраняемые систематические погрешности методик выполнения измерений на МВИ.

Изменение состава и распределения плотности природного газа обусловлено теплообменом потока газа с внешней средой [4]. Помимо этого необходимо учитывать теплообмен между отдельными элементами узла учета и внешней средой, в частности, между стенкой трубопровода и внешней средой и между корпусом термопреобразователя и стенкой трубопровода. Погрешность определения температуры природного газа при таком теплообмене может достигать 10 °C [11].

Несовершенство МВИ заключается в использовании осредненных значений используемых величин (так, плотность и состав природного газа принимаются как условно-постоянные величины), что также вносит погрешность в определение объемного расхода природного газа. Все существующие в настоящее время промышленные расходомеры и счетчики природного газа относятся к измерительным комплексам (ИК), реализующим косвенные измерения. Поэтому значение плотности в стандартных условиях принимается равным значению за предыдущие сутки, то есть на практике используется условно-постоянная величина плотности. Использование условно-постоянных величин вносит систематическую погрешность, которую можно оценить по формуле (5.26) ГОСТ 8.563.2-97 [5–7].

Согласно ГОСТ 30319 определяются диапазоны измерения давления и температуры природного газа, в которых возможно выполнение расчетов расхода и погрешностей УУГ. Так, в рабочих условиях минимальная температура должна составлять –23° С, минимальное абсолютное давление – не менее 0,1 МПа. При меньших значениях невозможно рассчитать коэффициент сжимаемости. В реальности же для некоторых УУГ значения температуры и давления газа могут быть меньше указанных [8, 9].

Анализ работы надземных газопроводов свидетельствует, что в системе «газоснабжающая организация – потребители» существуют большие объемы небаланса. Прокладка труб над землей предполагает установку температурных компенсаторов, которые предохраняют газопровод от термомеханических деформаций. Однако наличие компенсаторов существенно изменяет характер течения природного газа, делает его нестационарным, с суточными и сезонными колебаниями температуры, что может привести к дополнительным погрешностям измерения объемного расхода, существенно превышающим паспортные значения погрешности УУГ.

В [13] приводится формула (5), позволяющая оценить распределение температуры по трубопроводу с учетом всех возможных факторов, включая эффект Джоуля–Томпсона и изменение скорости течения потока газа:

$$-k\pi D(t - t_f)dx = Gc_p dt + Gc_p Dh \frac{p_1 - p_2}{l} dx + Gg \frac{\Delta z}{l} dx + Gd \left(\frac{v^2}{2} \right). \quad (5)$$

Тепловые режимы работы надземных газопроводов при сезонных и суточных колебаниях температуры внешней среды могут приводить газ в состояние, при котором температура водяного пара и высших углеводородов будет ниже их точки росы. Вследствие этого по газопроводу будет протекать двухфазный природный газ.

Измерение расхода двухфазных веществ имеет свои особенности и трудности, связанные с неомогенностью состава смеси, различием скоростей отдельных фаз, а также их концентраций и структуры [12, гл. 11]. И если для однофазной среды расход газа можно определять по формуле

$$Q_m = \alpha \cdot \varepsilon \cdot F_0 \cdot \sqrt{2\rho \cdot \Delta p}, \quad (6)$$

где Q_m – массовый расход; α – коэффициент расхода диафрагмы; ε – коэффициент расширения; F – площадь отверстия диафрагмы; Δp – перепад давления; ρ – плотность вещества [12, гл. 1, уравнения (7, 10)], то для двухфазной среды эта формула неприменима.

При большой разности плотностей двух фаз и небольшой объемной концентрации конденсированной фазы перепад давления почти целиком будет затрачиваться на ускорение легкой фазы и практически не будет реагировать на присутствие конденсированной фазы. Поэтому расходомер на основе сужающего устройства (СУ) может дать хорошие результаты при измерении сухой (легкой) части газа, но по создаваемому СУ перепаду будет трудно судить о расходе конденсированной фазы.

С учетом того, что большинство используемых первичных преобразователей основаны на измерении перепада давления, можно сделать вывод, что при наличии двухфазной среды они не позволяют с достаточной точностью определять расход природного газа.

Пренебрегая небольшой начальной разницей скоростей фаз в трубе до диафрагмы и считая, что весь перепад давления в последней затрачивается только на ускорение легкой фазы, можно получить уравнение для определения массового расхода двухфазной среды:

$$Q_m = k \cdot \alpha \cdot \varepsilon \cdot F_0 \cdot \sqrt{2\rho_c \cdot \Delta p}, \quad (7)$$

где $k = (1 - \varphi)^{-0.5}$; φ – массовая концентрация конденсированного компонента; ρ_c – плотность смеси.

Эта формула справедлива, когда плотность конденсированной фазы во много раз превышает плотность легкой фазы ($\rho_l \ll \rho_f$) и когда φ не слишком велика ($\varphi \leq 0,2 + 0,3$).

Несложно показать, что реальный расход природного газа на СУ отличается от показаний измерений УУГ на величину, пропорциональную массовой концентрации водяного пара и высших углеводородов:

$$\frac{Q_{изм}}{Q_{реал}} = 1 - \frac{1}{2} \varphi, \quad (8)$$

где $Q_{изм}$ – массовый расход природного газа по показаниям УУГ; $Q_{реал}$ – реальный массовый расход природного газа на СУ.

Наличие причин, обуславливающих дополнительные погрешности, было также доказано специалистами Всероссийского научно-исследовательского института метрологической службы (ВНИИМС) [7, 10]. Так, при решении прямой

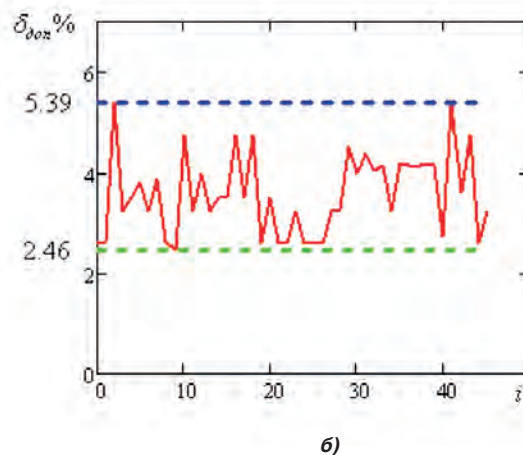
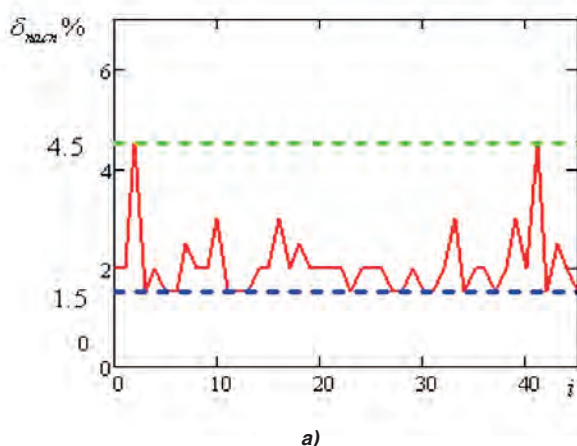


Рис. 1. Относительная погрешность узла учета: а – по паспорту; б – предельная допустимая относительная погрешность, рассчитанная по формуле (13)

задачи по нахождению δ_i по формулам (10–12) было показано, что предел допускаемой относительной погрешности УУГ может превышать паспортное значение относительной погрешности в 1,187–2,917 раза (рис. 1, 2). При этом превышение имеет случайный характер и определяется только среднесуточным изменением условий (состава газа и климатических параметров эксплуатации узлов учета):

$$\delta_i = (\bar{\delta}_i^2 + \tilde{\delta}_i^2)^{0,5}, \quad (9)$$

$$\bar{\delta}_i = \left(\sum_{j=1}^n \bar{g}_{yi}^2 \cdot \bar{\delta}_{yi}^2 + \sum \tilde{\delta}_{yi}^2 \right)^{0,5}, \quad (10)$$

$$\tilde{\delta}_i = \left(\sum_{j=1}^n g_{yi}^2 \cdot \tilde{\delta}_{yi}^2 \right)^{0,5}, \quad (11)$$

где $\bar{\delta}_i$, $\tilde{\delta}_i$ – неисключенная систематическая составляющая и случайная составляющая погрешности i -го УУГ соответственно; $\bar{\delta}_{yi}$ – неисключенные систематические погрешности измерений параметров y_i ; $\bar{g}_{yi}$ – случайные составляющие погрешности измерений параметров y_i ; $\tilde{\delta}_{yi}$ – методические погрешности используемых зависимостей для расчета свойств среды и характеристик СУ; g_{yi} – коэффициенты влияния погрешностей, вызванные косвенными измерениями; $\tilde{\delta}_{yi}$ – составляющие погрешности, вызванные использованием условно-постоянных величин.

Сложность расчета дополнительной погрешности УУГ потребителей, связанную с необходимостью регистрации большого числа физических параметров газа на узле учета с использованием формул (5, 9–11), можно преодолеть путем решения обратной задачи теории погрешностей для УУГ в реальных условиях эксплуатации. Зная величину реального небаланса и четко идентифицировав все его составляющие, можно выделить долю небаланса, обусловленную только неопределенностью измерений на УУГ. При решении задачи сведения баланса природного газа полученная доля небаланса распределяется между промышленными потребителями пропорционально паспортному значению относительной погрешности УУГ и потребленному объему газа. Так, дополнительная погрешность УУГ каждого потребителя

из группы N^* потребителей газа (потребляющих 98–99 % всего его объема) равна

$$\delta_{\text{доп},i} = \frac{\left[V_{\text{неб}}^* - \sum_{i=1}^N (\delta_{\text{пасп},i} \cdot V_i) \right] \cdot 100}{\sum_{j=1}^{N^*} V_j}. \quad (12)$$

При этом из рассмотрения исключены потребители с минимальной величиной потребленного природного газа (1–2 % от общего объема).

Для достоверного определения учетных количеств потребленного газа необходимо выполнение критерия устойчивого функционирования УУГ, который заключается в следующем: величина небаланса, обусловленная неопределенностью измерений количества газа на узлах учета, не может превышать максимально возможную величину потерь на узлах учета:

$$V_{\text{неб}}^* \leq 0,01 \cdot \sum_{i=1}^N (\delta_{\text{пасп},i} \cdot V_i). \quad (13)$$

Учетные количества природного газа в стандартных условиях для каждого УУГ за отчетный период $V_{\text{потр},\text{уч},i}$ определяются по формуле

$$V_{\text{потр},\text{уч},i} = k_{\text{потр},i} \cdot V_{\text{потр},i} + V_{\text{рп},\text{потр},i}, \quad (14)$$

где $k_{\text{потр},i}$ – корректирующий коэффициент i -го узла учета потребителей, который в общем случае имеет следующий вид:

$$k_{\text{потр},i} = 1 \pm \frac{(\delta_{\text{потр},i} \cdot V_{\text{потр},i})^\alpha}{\sum_{i=1}^N (\delta_{\text{потр},i} \cdot V_{\text{потр},i})^\alpha} \cdot \frac{V_{\text{неб}}^*}{V_{\text{потр},i}}, \quad (15)$$

а показатель степени α может изменяться от 1 до 2.

При $\alpha = 1$ (наиболее оптимальное значение показателя степени) формула (16) принимает вид

$$k_{\text{потр},i} = 1 \pm \frac{\delta_{\text{потр},i} \cdot V_{\text{неб}}^*}{\sum_{i=1}^N (\delta_{\text{потр},i} \cdot V_{\text{потр},i})} = 1 \pm 0,01 \cdot A \cdot \delta_{\text{потр},i}, \quad (16)$$

где $A = \frac{V_{\text{неб}}^*}{0,01 \cdot \sum_{i=1}^N (\delta_{\text{потр},i} \cdot V_{\text{потр},i})}$ является константой в пределах данного отчетного периода для рассматриваемой системы «газоснабжающая организация – потребители».

На основе вышеописанного метода разработан программный модуль для автоматизации процесса учета потерь, распределения небаланса природного газа и унификации отчетной документации об учетных количествах природного газа.

Выводы

В статье проанализированы причины возникновения небаланса в системе «газоснабжающая организация – потреби-

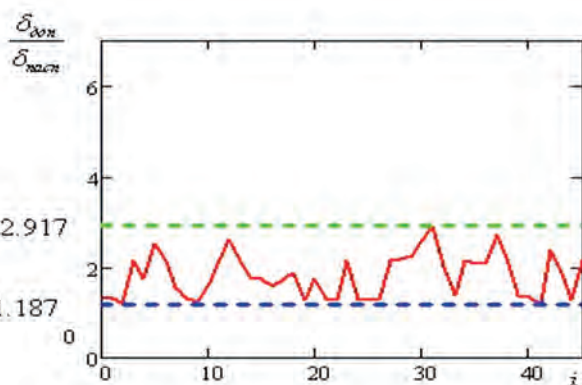


Рис. 2. Отношение предельно допускаемой относительной погрешности по расходу к относительной погрешности УУГ по паспорту

тели» и составляющие исходного небаланса. Выделена часть небаланса, обусловленная неопределенностью измерений количества газа на узлах учета потребителей, которая и подлежит распределению между потребителями газа.

Показано, что в реальных условиях эксплуатации узлов учета, отличающихся от стандартных, в которых проводилась поверка узлов учета, необходимо учитывать возникающие при этом дополнительные погрешности, наличие которых было подтверждено также исследованиями ВНИИМС.

Сложные теплогидравлические режимы течения в надземном нетеплоизолированном газопроводе предопределяют значительные колебания плотности природного газа, обусловленные как термодиффузионными процессами разделения легких и тяжелых компонент смеси, так и фазовыми переходами конденсирующейся части смеси при температурах ниже точки росы тяжелых компонент.

Предложен метод получения учетных количеств потребленного газа и сведения баланса природного газа, основанный на решении обратной задачи теории погрешностей, исходя из величины реально существующего небаланса в системе «газоснабжающая организация – потребители». Использование алгоритма позволяет автоматически перейти от результатов измерений к результатам учета для ИК с вычислителем.

Предлагаемый подход получения учетных значений дает возможность устранить материальный и финансовый небалансы при использовании природного газа и повысить энергосберегающий потенциал предприятий. Это, в свою очередь, улучшит их экономическое положение и повысит конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках.

Список литературы

1. Правила учета природного газа. – Утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь 15.12.2008.
2. Инструкция о порядке определения норм потерь природного газа на объектах газораспределительной системы и узлах учета газа. – Утв. постановлением НАН Беларуси и Минэнерго Беларуси 02.03.09.

3. Методика учета расхода газа у физических лиц с использованием счетчиков газа без корректоров по температуре. – Утв. ИТМО НАН Беларуси, 2007.
4. Лячев, В.В. О закономерности изменений состава и плотности потока природного газа / В.В. Лячев, В.А. Старовойтов // Компетентность. – 2009. – № 7.
5. Об обеспечении единства и достоверности измерений при измерении расхода газа счетчиками газа / Б.М. Беляев [и др.]: материалы научно-технической конференции «Метрологическое обеспечение учета энергетических ресурсов». – Москва, 2003.
6. Астащенко, А.И. Достоверность измерений расхода и объема природного газа в газораспределительных организациях и пути ее повышения / А.И. Астащенко [и др.] // Датчики и системы. – 2002. – № 10.
7. Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Методика выполнения измерений с помощью сужающих устройств: ГОСТ 8.563.2-97 ГСИ. – Введ. 01.01.1999. – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1997.
8. Газ природный. Методы расчета физических свойств: ГОСТ 30319.X-96. – Введ. 01.07.1997. – Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации; Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1997.
9. Горский, В.П. Проблемы измерения расхода природного газа / В.П. Горский // Приборы. – 2009. – № 5.
10. Методика выполнения измерений количества природного газа в Московской области измерительными комплексами на базе сужающих устройств с регистрацией результатов измерений на диаграммах самопишущих приборов и использования этих результатов при распределении небаланса между поставщиком и потребителями. Рекомендация. ГСОВИ. МИ 2578-2003. – М.: ФГУП ВНИИМС Госстандарта РФ, 2003.
11. Матико, Ф.Д. Вплив температурного режиму газопроводу на точність вимірювання витрати природного газу методом змінного перепаду тиску / Ф.Д. Матико, Р.М. Федоришин // Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація. – 2008. – № 617. – С. 100–107. – Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка».
12. Кремлевский, П.П. Расходомеры и счетчики количества веществ: справочник. – Кн. 1. – СПб.: Политехника, 2002. – 409 с.
13. Поршаков, Б.П. Термодинамика и теплопередача (в технологических процессах нефтяной и газовой промышленности): учеб. для нефтегазовых спец. вузов / Б.П. Поршаков, Р.Н. Бикчентай, Б.А. Романов. – М.: Недра, 1987. – 352 с.



ENERGODOC.BY

- предоставление пользователю доступа в личный кабинет
- возможность добавления часто используемых документов в «Избранное»
- улучшенный механизм поиска документов благодаря размещению строки поиска на всех страницах сайта
- перенос дополнительных параметров поиска в закладку «Расширенный поиск»
- раздел «Часто задаваемые вопросы» (FAQ)
- современный дизайн с адаптацией под размер используемого экрана

ГИСТЕРЕЗИСНАЯ МОДЕЛЬ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ И УПРАВЛЯЕМЫХ ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ

Аннотация

Некоторые электромагнитные процессы (регулирование мощности управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов, феррорезонансное повышение напряжения на трансформаторах напряжения и др.) в таких устройствах, как трансформаторы (силовые и измерительные) и особенно управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы (УШР с подмагничиванием), обусловлены нелинейной характеристикой намагничивания магнитопровода. Для качественного анализа искажающего воздействия процессов в таких устройствах на синусоидальную форму напряжения в сети, к которой они подключены, необходимо учитывать гистерезисный эффект их магнитных систем. В статье приведено описание гистерезисной модели нелинейного магнитного сопротивления, предназначенной для моделирования электромагнитных процессов в трансформаторах и УШР с подмагничиванием.



М.И. ФУРСАНОВ,
д.т.н., профессор, заведующий
кафедрой «Электрические
системы» БНТУ

Annotation

Some electromagnetic processes are caused by the nonlinear magnetization characteristic of the magnetic circuit. For example, such processes occur in devices such as transformers (power and measuring) and, especially, magnetically controlled shunt reactors. The designated processes include: the process of power regulating of the magnetically controlled shunt reactors, the process of ferroresonance voltage increase in voltage transformers, etc. For a qualitative analysis of the distorting effects of processes in such devices on the sinusoidal form of connecting network voltage, it is necessary to take into account the hysteresis effect of their magnetic systems. This article describes the hysteresis model of nonlinear magnetic resistance, designed to simulate electromagnetic processes in transformers and magnetically controlled shunt reactors.



И.И. ДУЛЬ,
м.т.н., ведущий инженер отдела
проектирования энергосистем РУП
«Белэнергосетьпроект»

Статья поступила в редакцию 20 мая 2019 года

Гистерезисная модель применима для любых электроустановок с магнитопроводом, таких как силовые трансформаторы, измерительные трансформаторы и управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы (УШР с подмагничиванием). Однако наибольшую актуальность разработанная модель имеет для моделирования процессов в УШР.

УШР с подмагничиванием представляет собой электромагнитную систему, магнитопровод которой с целью плавного регулирования потребляемой из сети реактивной мощности подмагничивается постоянным током. В настоящий момент в сетях 330 кВ Белорусской энергосистемы установлено пять таких устройств номинальной мощностью 180 МВА каждое.

Регулирование реактивной мощности УШР с подмагничиванием осуществляется благодаря нелинейной характеристике намагничивания магнитопровода [1]. В описанных шунтирующих реакторах номинальным напряжением 330 кВ и номинальной мощностью 180 МВА потери мощности достигают 1 МВт, причем значительную их часть составляют потери в магнитопроводе, обусловленные гистерезисными явлениями. В то же время нелинейные гистерезисные явления в магнитопроводе УШР являются одной из причин искажающего воздействия данных устройств на синусоидальную форму напряжения в точках подключения к энергосистеме [1].

Для качественного моделирования переходных процессов в УШР с подмагничиванием в РУП «Белэнергосетьпроект» разрабатывается гистерезисная модель магнитопровода. Ее ключевым элементом является модель нелинейного магнитного сопротивления, рассмотренная в данной статье.

Разрабатываемая модель магнитного сопротивления также применима для качественного расчета явлений феррорезо-

нансного повышения напряжения на трансформаторах напряжения. Явления феррорезонансного повышения напряжения в настоящее время традиционно моделируются без учета гистерезиса [2].

Реализация модели магнитного сопротивления в MATLAB

Блок-схема разработанной модели нелинейного магнитного сопротивления приведена на рисунке 1. Ключевыми элементами схемы являются блок измерения напряженности магнитного поля (блок 1), расчетная функция в виде программного кода (блок 2) и управляемый источник магнитного потока (блок 3).

Модель нелинейного сопротивления функционирует следующим образом. Блок 1 измеряет значение напряженности магнитного поля и передает его блоку 2, который обрабатывает полученное значение и формирует значение магнитной индукции, передаваемое блоку 3. Блок 2 содержит программный код, реализующий гистерезисный нелинейный эффект рассматриваемой модели. Блок 3 задает магнитный поток через моделируемое нелинейное сопротивление.

Модель нелинейного сопротивления реализует функции вида

$$\begin{aligned} B &= f(H), \\ F &= B \cdot S, \end{aligned} \quad (1)$$

где B – магнитная индукция, Тл; H – напряженность магнитного поля, А/м; F – магнитный поток, Вб; S – площадь поперечного сечения магнитопровода, м².

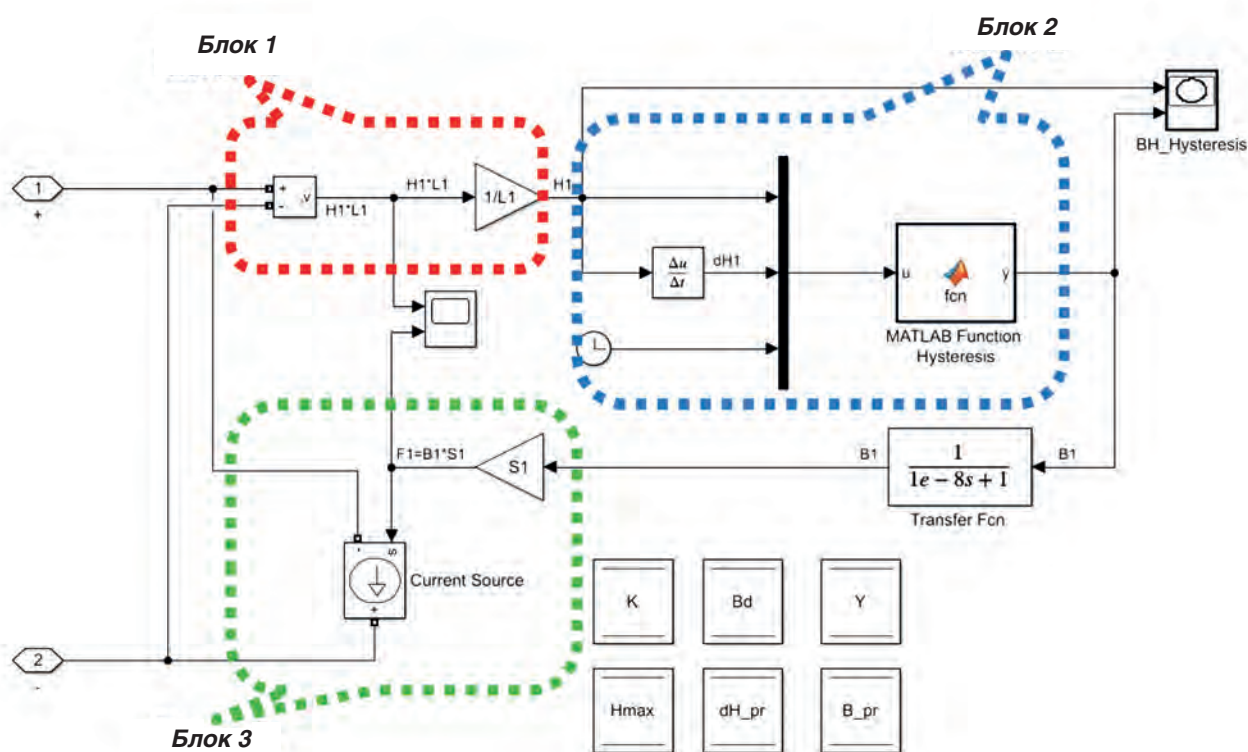


Рис. 1. Модель нелинейного магнитного сопротивления

Расчетная функция блок-схемы магнитного сопротивления (блок 2)

Математическая модель расчетной функции принята по данным, приведенным в статье [3]. В этом источнике описана наиболее совершенная математическая модель магнитного гистерезиса, которая применяется в компьютерной программе LTSpice, предназначенной для моделирования переходных процессов в аналоговой микроэлектронике. С учетом возросших требований к точности моделирования переходных процессов в энергетике данная модель реализована авторами в программе MATLAB Simulink, применяемой для расчетов процессов в энергетических устройствах.

Рассматриваемая математическая модель магнитного гистерезиса описывается следующими основными формулами [3]:

$$\begin{aligned} B_{up}(H) &= B_s \cdot \frac{H + H_c}{|H + H_c| + H_c \cdot \left(\frac{B_s}{B_r} - 1\right)} + \mu_0 \cdot H, \\ B_{dn}(H) &= B_s \cdot \frac{H - H_c}{|H - H_c| + H_c \cdot \left(\frac{B_s}{B_r} - 1\right)} + \mu_0 \cdot H, \\ B_{md}(H) &= B_s \cdot \frac{B_{up} + B_{dn}}{2}, \end{aligned} \quad (2)$$

где B_{up} – магнитная индукция при формировании восходящего участка предельной петли гистерезиса, Тл; B_{dn} – магнитная индукция при формировании нисходящего участка предельной петли гистерезиса, Тл; B_{md} – магнитная индукция при формировании срединного участка петли гистерезиса, Тл; H_c – коэрцитивная сила, А/м; B_s – индукция насыщения, Тл; B_r – остаточная индукция, Тл.

Одним из преимуществ описанной математической модели является возможность ее настройки по достаточно распространенным параметрам стали, таким как индукция насыщения B_s , остаточная индукция B_r и коэрцитивная сила H_c [4].

На рисунке 2 приведена расчетная осциллограмма напряженности магнитного поля (H) и магнитной индукции (B) для тестового переходного процесса в магнитном сопротивлении. Перед переходным процессом магнитное сопротивление не имеет остаточной индуктивности. Переходный процесс заключается в постепенном увеличении амплитуды H на протяжении от 0 до 0,2 с. На расчетных осциллограммах демон-

стрируется процесс увеличения амплитуды B в магнитном сопротивлении.

По данным, полученным в тестовом переходном процессе (рис. 2), построены петли гистерезиса (рис. 3). Как можно убедиться, в ходе тестового переходного процесса магнитная индукция непрерывно изменяется от нулевых значений до индукции насыщения, постепенно переходя от одного частного цикла петли гистерезиса к другому и достигая предельной петли гистерезиса.

Отдельного внимания заслуживает второй тестовый расчетный случай (рис. 4). В начале переходного процесса остаточная индуктивность магнитного сопротивления равна нулю. Переходный процесс изменения напряженности магнитного поля (H) и магнитной индукции (B) начинается на участке петли гистерезиса обозначенном как 1. Затем проходит по участку 2 и, достигая точки 3, ввиду смены направления изменения H проходит по участку 4. После этого переходный процесс повторяется по участкам 2-5-6.

Приведенный случай (рис. 4) имеет особое значение для корректного моделирования электромагнитных переходных процессов с несинусоидальной формой токов и напряжений, например процессов включения и отключения выключателей [5, 6], процессов, возникающих при работе выпрямительных и инверторных установок [7] и др.

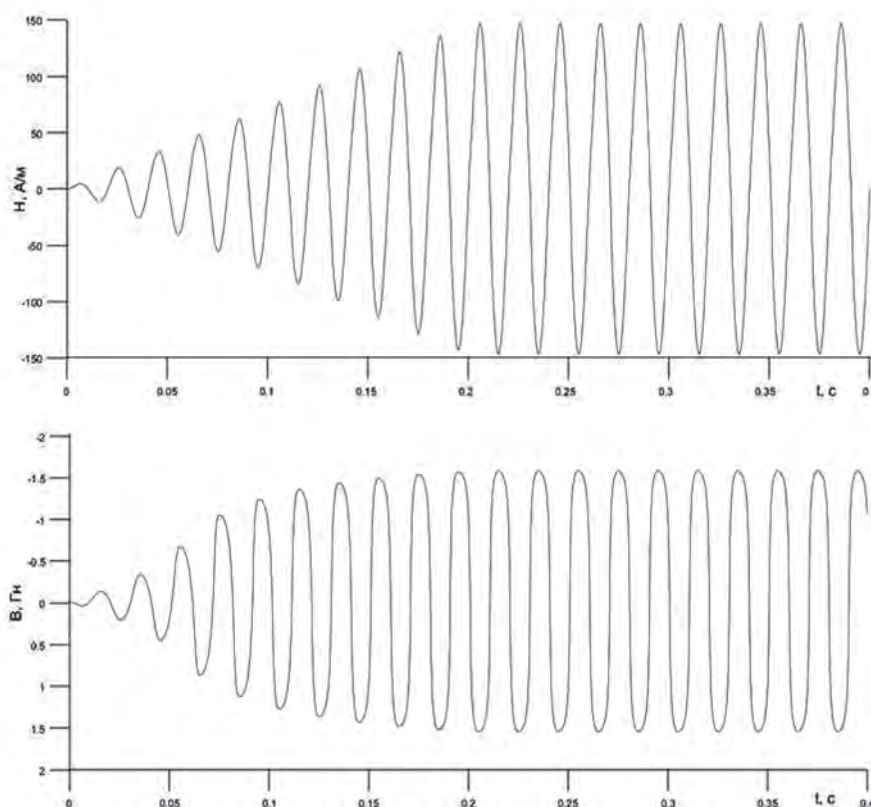


Рис. 2. Расчетная осциллограмма напряженности магнитного поля (H) и магнитной индукции (B) для переходного процесса в магнитном сопротивлении

Выводы

1. Моделирование гистерезисных нелинейных характеристик намагничивания магнитопровода в настоящее время все более востребовано при выполнении расчетов электромагнитных переходных процессов в энергетике. Например, гистерезис необходимо учитывать при моделировании переходных процессов в управляемых подмагничивании шунтирующих реакторах, а также при анализе явлений феррорезонансных повышений напряжения на трансформаторах напряжения.

2. С учетом возросших требований к корректному моделированию переходных процессов в энергетике авторами реализована наиболее совершенная гистерезисная модель нелинейного магнитного сопротивления в программе MATLAB Simulink, применяемой для расчетов в энергетике.

3. В статье приведены результаты расчетов для тестовых случаев, которые демонстрируют корректность моделирования гистерезисных эффектов в электромагнитных переходных процессах.

Список литературы

1. Дмитриев, М.В. Управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы / М.В. Дмитриев, А.С. Карпов, Е.Б. Шескин, А.Г. Долгополов, Д.В. Кондратенко; под ред. Г.А. Евдокунина. – СПб.: Родная Ладога, 2013. – 280 с.
2. Методические указания по защите от резонансных повышений напряжения в электроустановках 6–750 кВ: СТО 56947007-29.240.10.191-2014. – Введ. 19.11.14. – Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС».
3. Володин, В. Гистерезисная модель нелинейной индуктивности симулятора LTspice / В. Володин // Силовая электроника. – 2010. – № 1. – С. 56–60.
4. Дружинин, В.В. Магнитные свойства электротехнической стали / В.В. Дружинин. – Изд. 2-е, перераб. – М.: Энергия, 1974. – 240 с.
5. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учеб. пособие / Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. – Изд. 4-е. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 448 с.
6. Ульянов, С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах: учеб. пособие / С.А. Ульянов. – М.: Энергия, 1970. – 519 с.
7. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники: учеб. пособие / Л.А. Бессонов. – М.: Юрайт, 2016. – 701 с.

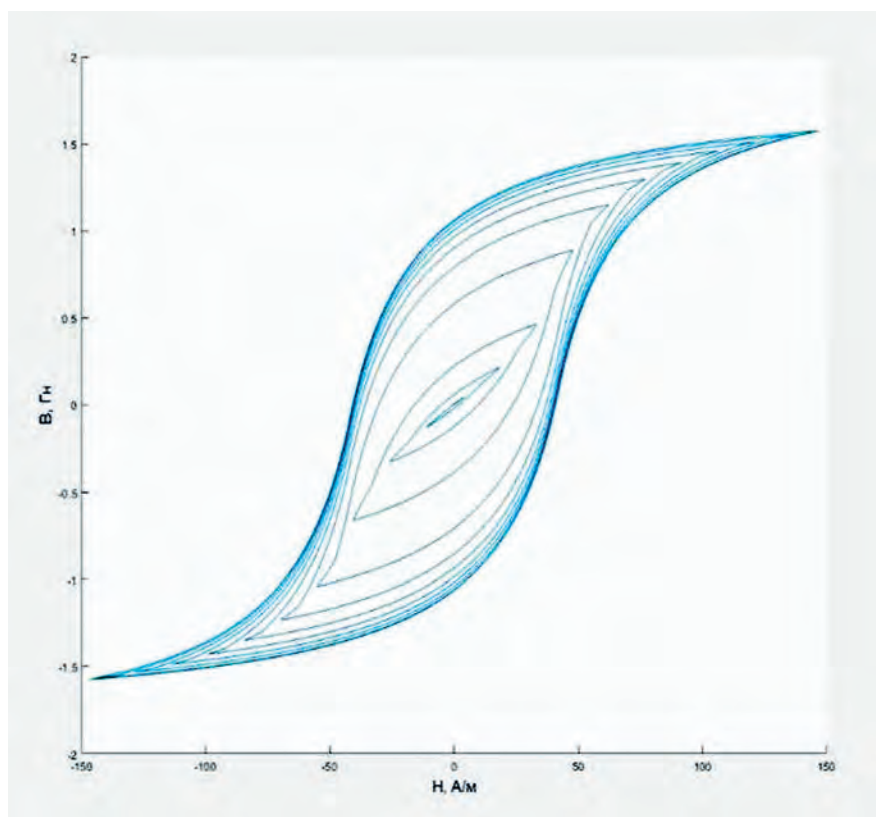


Рис. 3. Петли гистерезиса, формируемые в переходном процессе

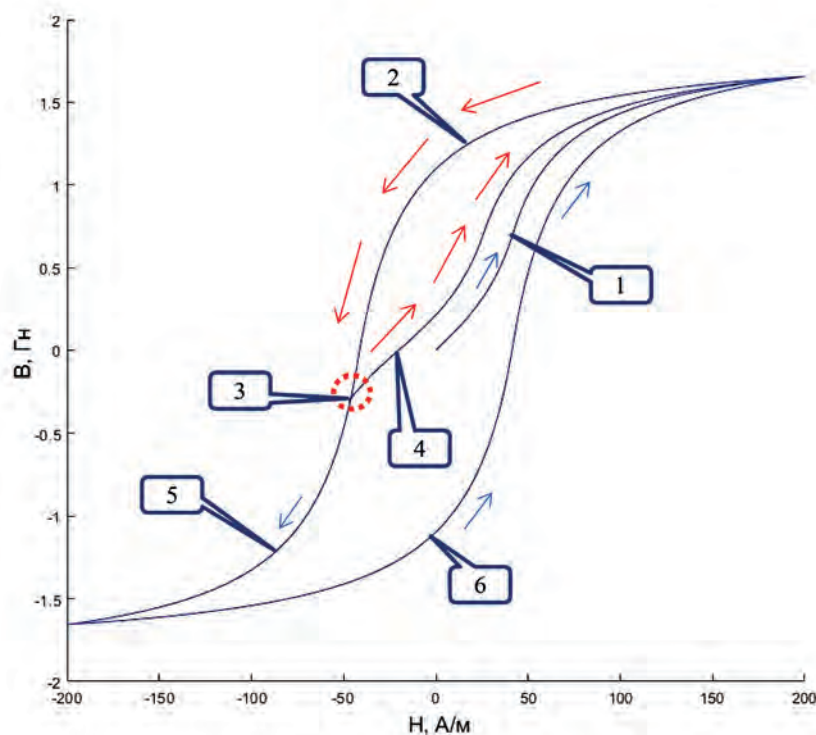


Рис. 4. Модель нелинейного магнитного сопротивления

НАДЕЖНОСТЬ РЕЗЕРВИРОВАННЫХ РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНЫХ СИСТЕМ

Аннотация

В статье рассматриваются возможные структуры резервированных релейно-контактных систем, применение которых позволяет повысить надежность работы устройств автоматического контроля и управления электро- и теплоэнергетическими процессами. На основе показателей надежности этих систем формируются шкалы предпочтений, позволяющие выбрать оптимальную, исходя из желаемого показателя надежности, систему с учетом ограничений на количество резервных элементов.

Annotation

This article discusses the possible structure of redundant relay-contact systems, the use of which can improve the reliability of the automatic control devices of electric and heat power processes. Based on the reliability values of these systems, scales of preferences are formed, which allow to choose the optimal one, based on the desired reliability index of the system, taking into account the limitations on the number of reserve elements.

Статья поступила в редакцию 1 апреля 2019 года

Надежность энергосистем можно обеспечить не только за счет использования составляющих ее высоконадежных элементов, но и путем структурного резервирования. Причем резервирование релейно-контактных систем может как повысить, так и снизить их надежность. Это зависит от структуры самой системы, количества резервных элементов и преобладающего типа отказа. В нормальных условиях релейно-контактная система работает удовлетворительно, но может иметь отказы двух типов: «обрыв цепи» и «короткое замыкание». В условиях воздействия внешних неблагоприятных факторов возможны самопроизвольные ложные срабатывания системы.

Выражения для расчета показателей надежности релейно-контактных соединений выводят исходя из биномиального разложения Ньютона [1–4]:

$$\prod_{i=1}^k (p_i + q_{oi} + q_{si} + r_{oi} + r_{si}) = 1, \quad (1)$$

где k – общее количество последовательных и параллельных элементов в системе; p_i – вероятность безотказной работы i -го элемента электрического реле; q_{oi} – вероятность отказа i -го элемента типа «обрыв цепи», когда элемент остается в разомкнутом положении, несмотря на поданную команду на замыкание; q_{si} – вероятность отказа i -го элемента типа «короткое замыкание», когда элемент остается в замкнутом положении, несмотря на команду на размыкание; r_{oi} – вероятность самопроизвольного размыкания i -го элемента; r_{si} – вероятность самопроизвольного замыкания i -го элемента.

Для идентичных элементов ($p_i = p$, $q_{oi} = q_o$, $q_{si} = q_s$, $r_{oi} = r_o$, $r_{si} = r_s$) формула (1) принимает вид:

$$(p + q_o + q_s + r_o + r_s)^k = 1. \quad (2)$$

Отказы типа «обрыв цепи» и «короткое замыкание» определяют проектную надежность системы, учитывающую внутренние факторы, которые



В.А. АНИЩЕНКО,
д.т.н., профессор кафедры
«Электроснабжение» БНТУ



Т.А. ЛАПТЕВА,
м.т.н., инспектор РЭГИ № 1 ММРО
ЭУ филиала ГУ «Государственный
энергетический и газовый надзор»
по городу Минску и Минской
области

влияют на надежность. К ним относятся различные конструктивные недостатки элементов, некачественное их изготовление. Условия эксплуатации системы при этом не рассматриваются.

Проектная надежность характеризуется тремя составляющими:

$$P + Q_o + Q_s = 1, \quad (3)$$

где P – вероятность безотказной работы системы; Q_o и Q_s – вероятности отказов системы типа «обрыв цепи» и «короткое замыкание» соответственно.

Самопроизвольные срабатывания релейно-контактных устройств при отсутствии соответствующей команды вызываются такими внешними факторами, как электромагнитные помехи, неудовлетворительное качество монтажа, вибрация, экстремальная температура и другие неблагоприятные условия окружающей среды. Эксплуатационная надежность системы характеризуется пятью составляющими:

$$P + Q_0 + Q_s + R_0 + R_s = 1, \quad (4)$$

где R_0 и R_s – вероятности самопроизвольных размыканий и замыканий системы соответственно.

В таблице 1 представлены структуры резервированных систем, их схемы и формулы для расчета показателей проектной надежности. Последние выведены из выражений (2) и (4) исходя из предположения статистической независимости отказов и самопроизвольных срабатываний элементов системы.

В мажоритарных системах используются три или пять промежуточных реле с двумя и шестью контактами. В основу работы этих систем положен принцип выбора по большинству «голосов», когда из двух возможных состояний системы (исправного и неисправного) выбирается то, которое получено от большинства исправных цепей.

На основе показателей проектной надежности по приведенным в таблице 1 формулам были построены шкалы предпочтений резервированных систем по трем критериям надежности: максимуму вероятности безотказной работы и минимумам отказов типа «обрыв цепи» и «короткое замыкание» (таблицы 2–4). Выбор критерия должен производиться с учетом основной функции, которую выполняет релейно-контактная система в конкретном устройстве автоматического контроля и управления.

Шкалы предпочтений позволяют определить наилучшую по выбранному критерию (показателю, характеризующему надежность) систему резервирования при наличии ограничений на количество резервных элементов (реле) k_p . Результаты выбора оптимальных систем с учетом этих ограничений приведены в таблице 5.

Выбор системы производился исходя из предположения о равенстве вероятностей отказов противоположных типов ($q_0 = q_s$) всех элементов в системе. Поэтому один резервный элемент не повышает вероятность безотказной работы системы ($P = p$). По критерию минимума

Таблица 1. Схемы резервированных релейно-контактных систем и формулы расчета показателей их эксплуатационной надежности

Структура системы	Схема соединений элементов системы	Показатели эксплуатационной надежности системы
Последовательная, $k = n$		$Q_s = q_s^n;$ $Q_0 = 1 - (1 - q_0)^n;$ $R_s = r_s^n;$ $R_0 = 1 - (1 - r_0)^n;$ $P = (1 - q_0)^n + (1 - r_0)^n - q_s^n - r_s^n - 1$
Параллельная, $k = m$		$Q_s = 1 - (1 - q_s)^m;$ $Q_0 = q_0^m;$ $R_s = 1 - (1 - r_s)^m;$ $R_0 = r_0^m;$ $P = (1 - q_s)^m + (1 - r_s)^m - q_0^m - r_0^m - 1$
Последовательно-параллельная, $k = n \cdot m$		$Q_0 = (1 - (1 - q_0)^n)^m;$ $Q_s = 1 - (1 - q_s^n)^m;$ $R_0 = (1 - (1 - r_0)^n)^m;$ $R_s = 1 - (1 - r_s^n)^m;$ $P = (1 - q_s^n)^m + (1 - r_s^n)^m - (1 - (1 - q_0)^n)^m - (1 - (1 - r_0)^n)^m - 1$
Параллельно-последовательная, $k = n \cdot m$		$Q_0 = 1 - (1 - q_0^n)^m;$ $Q_s = (1 - (1 - q_s)^n)^m;$ $R_0 = 1 - (1 - r_0^n)^m;$ $R_s = (1 - (1 - r_s)^n)^m;$ $P = (1 - q_0^n)^m + (1 - r_0^n)^m - (1 - (1 - q_s)^n)^m - (1 - (1 - r_s)^n)^m - 1$
Мажоритарная «2 из 3», $k = 3$		$Q_0 = 3 \cdot q_0^2 - 2 \cdot q_0^3;$ $Q_s = 3 \cdot q_s^2 - 2 \cdot q_s^3;$ $R_0 = 3 \cdot r_0^2 - 2 \cdot r_0^3;$ $R_s = 3 \cdot r_s^2 - 2 \cdot r_s^3;$ $P = 1 - 3 \cdot (q_0^2 + q_s^2 + r_0^2 + r_s^2) + 2 \cdot (q_0^3 + q_s^3 + r_0^3 + r_s^3)$
Мажоритарная «3 из 5», $k = 5$		$Q_0 = 6 \cdot q_0^5 - 15 \cdot q_0^4 + 10 \cdot q_0^3;$ $Q_s = 6 \cdot q_s^5 - 15 \cdot q_s^4 + 10 \cdot q_s^3;$ $R_0 = 6 \cdot r_0^5 - 15 \cdot r_0^4 + 10 \cdot r_0^3;$ $R_s = 6 \cdot r_s^5 - 15 \cdot r_s^4 + 10 \cdot r_s^3;$ $P = 1 - 6 \cdot (q_0^5 + q_s^5 + r_0^5 + r_s^5) + 6 \cdot (q_0^4 + q_s^4 + r_0^4 + r_s^4) - 10 \cdot (q_0^3 + q_s^3 + r_0^3 + r_s^3)$

отказа типа «обрыв цепи» наилучшим вариантом схемы будет параллельное подключение резервного элемента, а по критерию минимума отказа типа «короткое замыкание» – последовательное.

Последовательно-параллельная и параллельно-последовательная системы равноценны по критерию максимума

вероятности безотказной работы при количестве резервных элементов $k_p = 3$.

Достоинством мажоритарных систем «два из трех» и «три из пяти» является равенство вероятностей противоположных отказов систем Q_0 и Q_s . В отличие от других систем они состоят из промежуточных реле с несколькими контактами.

Таблица 2. Шкала предпочтений резервированных релейно-контактных систем по критерию максимума вероятности безотказной работы (P)

Тип схемы системы	Количество элементов	Показатели надежности элемента		
		$q_o = q_s = 0,005;$ $p = 0,99$	$q_o = q_s = 0,025;$ $p = 0,95$	$q_o = q_s = 0,035;$ $p = 0,93$
Мажоритарная «3 из 5»	k = 5	0,999998	0,999699	0,999187
Последовательно-параллельное соединение элементов	n = m = 3	0,999996	0,999562	0,998830
Параллельно-последовательное соединение элементов				
Последовательно-параллельное соединение элементов	n = 2; m = 3	0,999924	0,998006	0,996004
Параллельно-последовательное соединение элементов				
Мажоритарная «2 из 3»	k = 3	0,999851	0,996313	0,992822
Последовательно-параллельное соединение элементов	n = m = 2			
Параллельно-последовательное соединение элементов				
Последовательно-параллельное соединение элементов	n = 3; m = 2	0,999777	0,994619	0,989639
Параллельно-последовательное соединение элементов				
Последовательное соединение элементов	n = 2	0,99	0,95	0,93
Параллельное соединение элементов	m = 2			
Последовательное соединение элементов	n = 3	0,985075	0,926844	0,898589
Параллельное соединение элементов	m = 3			
Последовательное соединение элементов	n = 4	0,980149	0,903688	0,867179
Параллельное соединение элементов	m = 4			
Последовательное соединение элементов	n = 5	0,975249	0,881096	0,836829
Параллельное соединение элементов	m = 5			

 Таблица 3. Шкала предпочтений резервированных релейно-контактных систем по критерию минимума вероятности отказа типа «обрыв цепи» (Q_o)

Тип схемы системы	Количество элементов	Показатели надежности элемента		
		$q_o = q_s = 0,005;$ $p = 0,99$	$q_o = q_s = 0,025;$ $p = 0,95$	$q_o = q_s = 0,035;$ $p = 0,93$
Параллельное соединение элементов	$m = 5$	0,000000000003	0,00000000098	0,0000000525
	$m = 4$	0,0000000006	0,00000039	0,0000015
	$m = 3$	0,00000013	0,00001563	0,00004288
Параллельно-последовательное соединение элементов	$n = 3; m = 2$	0,00000025	0,000031	0,000086
	$n = m = 3$	0,00000037	0,000047	0,000129
Последовательно-параллельное соединение элементов	$n = 2; m = 3$	0,00000099	0,000121	0,000325
Мажоритарная схема «3 из 5»	$k = 5$	0,0000012	0,00015	0,000407
Последовательно-параллельное соединение элементов	$n = m = 3$	0,0000033	0,000392	0,001042
Параллельное соединение элементов	$m = 2$	0,000025	0,000625	0,001225
Параллельно-последовательное соединение элементов	$n = m = 2$	0,0000499	0,00125	0,00245
Мажоритарная схема «2 из 3»	$k = 3$	0,000075	0,001874	0,003670
Параллельно-последовательное соединение элементов	$n = 2; m = 3$			
Последовательно-параллельное соединение элементов	$n = m = 2$	0,000099	0,00244	0,00473
	$n = 3; m = 2$	0,000223	0,00535	0,01028
Последовательное соединение элементов	$n = 2$	0,009975	0,049375	0,068775
	$n = 3$	0,014925	0,073141	0,101368
	$n = 4$	0,019851	0,096312	0,132820
	$n = 5$	0,024751	0,118904	0,163171

Таблица 4. Шкала предпочтений резервированных релейно-контактных систем по критерию минимума вероятности отказа типа «короткое замыкание» (Q_s)

Тип схемы системы	Количество элементов	Показатели надежности элемента		
		$q_o = q_s = 0,005;$ $p = 0,99$	$q_o = q_s = 0,025;$ $p = 0,95$	$q_o = q_s = 0,035;$ $p = 0,93$
Последовательное соединение элементов	$n = 5$	0,000000000003	0,0000000098	0,0000000525
	$n = 4$	0,0000000006	0,00000039	0,0000015
	$n = 3$	0,00000013	0,00001563	0,00004288
Последовательно-параллельное соединение элементов	$n = 3; m = 2$	0,00000025	0,000031	0,000086
	$n = m = 3$	0,00000037	0,000047	0,000129
Параллельно-последовательное соединение элементов	$n = 2; m = 3$	0,00000099	0,000121	0,000325
Мажоритарная схема «3 из 5»	$k = 5$	0,0000012	0,00015	0,000407
Параллельно-последовательное соединение элементов	$n = m = 3$	0,0000033	0,000392	0,001042
Последовательное соединение элементов	$n = 2$	0,000025	0,000625	0,001225
Последовательно-параллельное соединение элементов	$n = m = 2$	0,0000499	0,00125	0,00245
Мажоритарная «2 из 3»	$k = 3$	0,000075	0,001874	0,003670
Последовательно-параллельное соединение элементов	$n = 2; m = 3$			
Параллельно-последовательное соединение элементов	$n = m = 2$	0,000099	0,00244	0,00473
	$n = 3; m = 2$	0,000223	0,00535	0,01028
Параллельное соединение элементов	$m = 2$	0,009975	0,049375	0,068775
	$m = 3$	0,014925	0,073141	0,101368
	$m = 4$	0,019851	0,096312	0,132820
	$m = 5$	0,024751	0,118904	0,163171

Таблица 5. Результаты выбора оптимальных систем с учетом ограничений по количеству резервных элементов

Количество резервных элементов	Оптимальная система		
	по критерию максимума Р	по критерию минимума Q_o	по критерию минимума Q_s
$k_p = 1$	Схема с последовательным соединением элементов	Схема с параллельным соединением элементов	Схема с последовательным соединением элементов
	Схема с параллельным соединением элементов		
$k_p = 2$	Мажоритарная система «2 из 3»		
$k_p = 3$ ($n = m = 2$)	Схема с последовательно-параллельным соединением элементов		
	Схема с параллельно-последовательным соединением элементов		
$k_p = 4$	Мажоритарная система «3 из 5»		

Влияние самопроизвольных срабатываний реле на надежность можно оценить на примере мажоритарной системы «два из трех». В таблице 6 приведены результаты расчетов показателей проектной и эксплуатационной надежности. Анализ этих и аналогичных показателей других систем показал, что самопроизвольные срабатывания реле снижают вероятность безотказной работы определенной системы, но практически не влияют

на шкалы предпочтений и выбор оптимальных систем при ограничениях на количество резервных элементов.

Заключение

1. В статье рассмотрены особенности резервированных релейно-контактных систем и предложено разделение надежности этих систем на проектную

и эксплуатационную. Математическая модель проектной надежности учитывает три возможных состояния: исправное, отказ типа «обрыв цепи» и отказ типа «короткое замыкание». Математическая модель эксплуатационной надежности включает дополнительные отказы, вызванные самопроизвольными срабатываниями системы при отсутствии командного сигнала вследствие воздействия внешних неблагоприятных факторов.

Таблица 6. Показатели проектной и эксплуатационной надежности мажоритарной системы «2 из 3»

p	0,99	0,98	0,97	0,95	0,96	0,93
q _o	0,005	0,005	0,015	0,015	0,02	0,02
q _s	0,005	0,005	0,015	0,015	0,02	0,02
r _o	0	0,005	0	0,01	0	0,015
r _s	0	0,005	0	0,01	0	0,015
Q _o	0,000075	0,000075	0,000668	0,000668	0,001184	0,001184
Q _s	0,000075	0,000075	0,000668	0,000668	0,001184	0,001184
R _o	0	0,000075	0	0,000298	0	0,000668
R _s	0	0,000075	0	0,000298	0	0,000668
P	0,999851	0,999701	0,998664	0,998068	0,997632	0,996296

2. На основании проведенных расчетов надежности различных релейно-контактных систем сформированы шкалы предпочтений систем по различным критериям: максимуму вероятности безотказной работы и минимумам вероятности отказов типа «обрыв цепи» и «короткое замыкание».

3. Исходя из шкал предпочтений произведен выбор оптимальных по различным критериям резервированных релейно-контактных систем с учетом ограничений на количество резервных элементов.

4. Полученные в работе оценки надежности резервированных релейно-кон-

тактных систем могут быть использованы при проектировании высоконадежных устройств автоматического контроля и управления электро- и теплоэнергетическими процессами.

Список литературы

1. Диллон, Б.С. Инженерные методы обеспечения надежности систем: пер.с англ. / Б. Диллон, Ч.Сингх. – М.: Мир, 1984. – 318 с.; ил.
2. Ложные срабатывания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energoboard.ru/articles/3040-lognoe-srabativanie.html>. – Дата доступа: 25.05.2017.

3. Анищенко, В.А. Математическая модель надежности релейно-контактных систем / В.А. Анищенко, Т.А. Бакун // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 13-й Международной научно-технической конференции. Т. 1 – Минск: БНТУ, 2015. – С.16–17.

4. Бакун, Т.А. Надежность релейно-контактных систем контроля и управления / Т.А. Бакун; научн. рук. В.А. Анищенко // Актуальные проблемы энергетики: материалы 71-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет. Секция 3: Электроснабжение. – Минск: БНТУ, 2015. – С. 125–128.

Новые издания

Стандарты ГПО «Белэнерго»:

- ✓ СТП 33240.01.217-19
«Система условных единиц электрических сетей, электротехнического и иного оборудования, находящихся на балансе филиалов РУП-облэнерго»
- ✓ СТП 33240.05.500-19
«Нормы времени на подключение электроустановок потребителей к электрическим сетям энергоснабжающих предприятий»
- ✓ СТП 33240.45.311-19
«Методические указания по проверке параметров настройки автоматических регуляторов возбуждения сильного действия синхронных генераторов на физической модели энергосистемы»

ОЗНАКОМИТЬСЯ

с документами можно
в ЭИС «Энергодокмент»
www.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: www.energodoc.by

ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ В СТРАНАХ МИРА

Энергия является основой и движущей силой современного мира. В частности, развитие электроэнергетики стимулирует экономический рост страны, а темпы этого развития являются определяющим фактором научно-технического прогресса и повышения уровня жизни миллионов людей во всем мире. Несмотря на развитую инфраструктуру электроэнергетики, каждый пятый человек в мире не имеет доступа к электроэнергии, а страны резко контрастируют по количеству потребляемой энергии.



А.Б. АВЧИННИКОВ,
старший преподаватель
Международного государственного
экологического института
имени А.Д. Сахарова БГУ

По прогнозам специалистов, мировое энергопотребление к 2040 году увеличится на 46 % по сравнению с уровнем 2012 года. При этом максимальный рост энергетического спроса придется на страны, не входящие в Организацию экономического сотрудничества (ОЭСР), и будет связан с динамичным развитием экономики этих стран. Половина общемирового роста энергопотребления придется на азиатские государства, включая Индию и Китай.

В то же время в структуре мирового энергопотребления начинаются изменения. В частности, прогнозируется значительное увеличение доли возобновляемой и атомной энергии, но наибольший рост придется на генерацию на основе природного газа. Аналитики компании «ЭксонМобил» полагают, что природный газ станет основой энергетического роста.

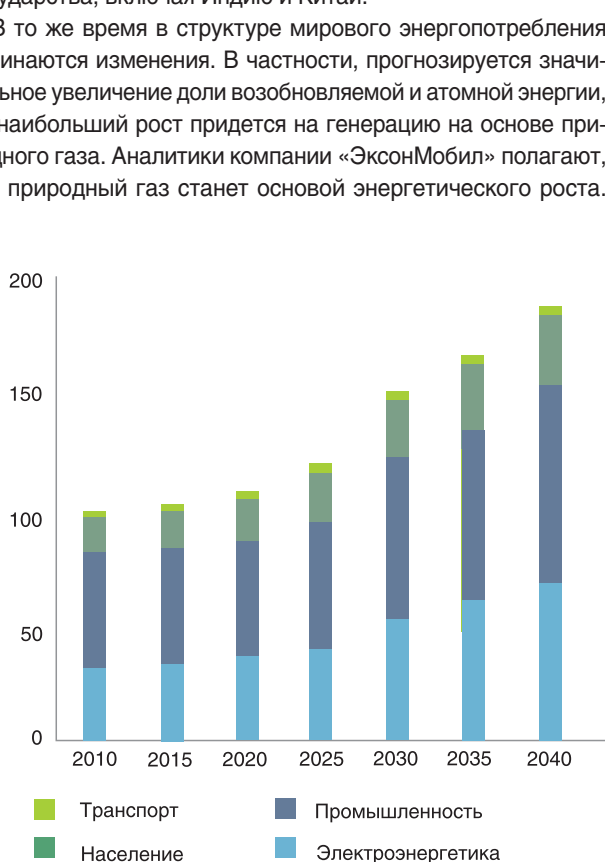


Рис. 1. Прогноз потребления газа в мире на период до 2040 года, трлн м³
Источник: <https://monographies.ru/en/book/section?id=16322>

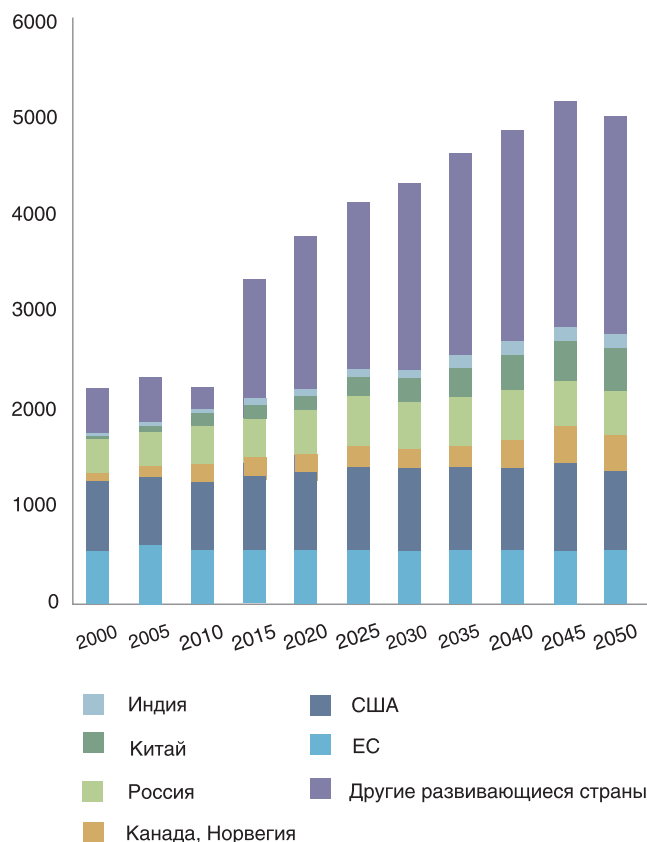
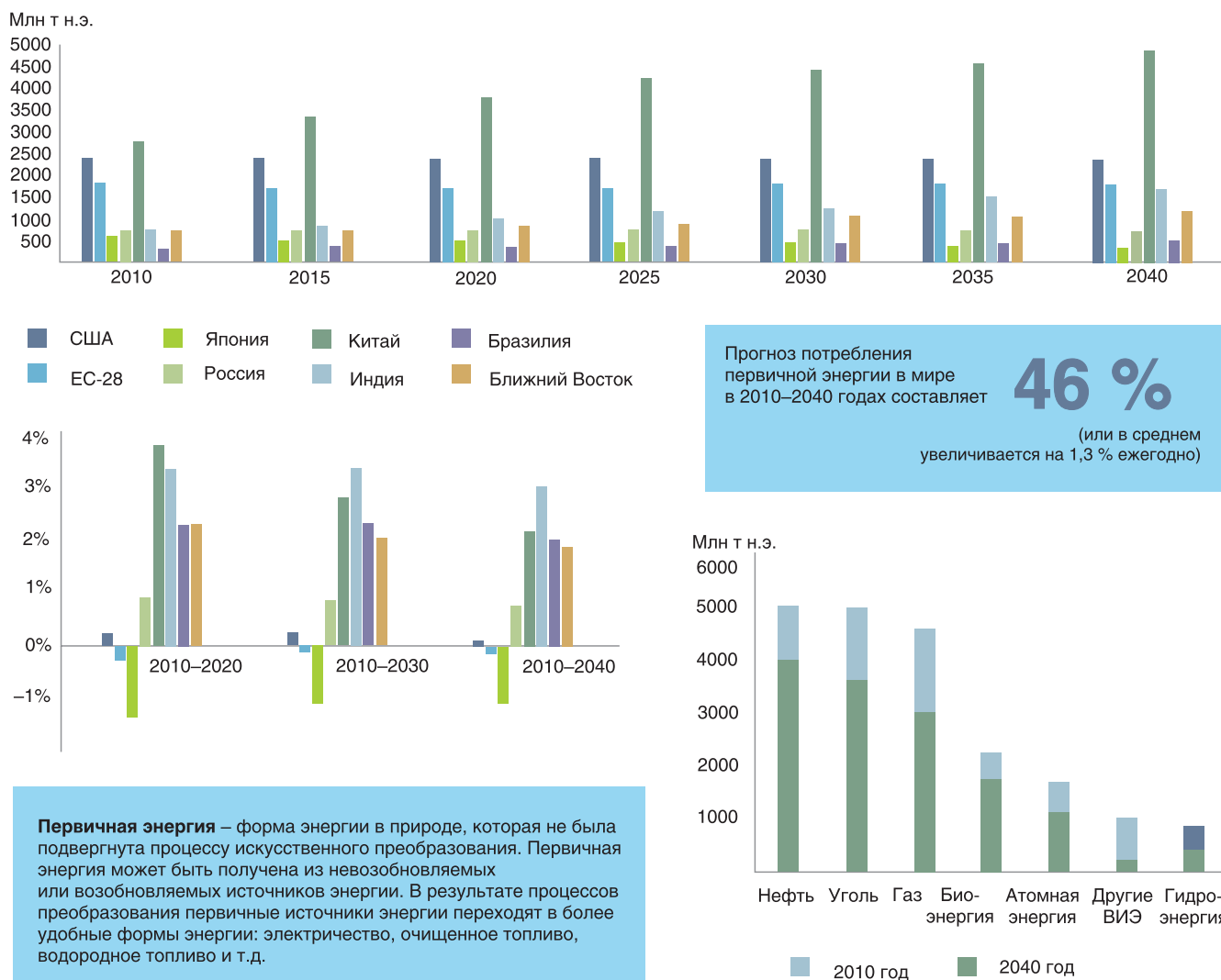


Рис. 2. Динамика мирового потребления газа по странам и объединениям, млрд м³
Источник: <https://monographies.ru/en/book/section?id=16322>



К 2040 году этот энергоресурс обеспечит четверть мирового энергетического спроса (рис. 1, 2). Доминирование ископаемых видов топлива в долгосрочной перспективе сохранится. Доля нефти и газа в первичном мировом энергопотреблении останется практически неизменной: если в 2010 году она составляла 53,6 %, то к 2040 году этот показатель лишь незначительно снизится – до 51,4 %.

Ключевым показателем для энергетического прогноза является спрос на энергию, который в большинстве своем определяется динамикой изменения численности населения и состоянием экономики страны, региона и мира в целом. Основным стимулом роста энергопотребления выступает повышение благосостояния растущего населения. К 2040 году численность населения Земли с нынешних 7,3 млрд человек возрастет до 9,1 млрд, что в совокупности с экономическим ростом приведет к росту мирового энергопотребления на 46 % (рис. 3).

Рост мирового энергетического спроса будет обусловлен повышением уровня электрификации глобальной экономики. Более половины дополнительно произведенной в следующие 20 лет электроэнергии потребуются для обеспечения растущих запросов в сфере компьютеризации и электронного осна-

щения. Динамика энергопотребления в различных странах мира и крупных регионах в зависимости от темпов экономического и демографического роста показана на рисунке 4.

Прогнозируется, что к 2040 году доля стран, не входящих в ОЭСР, в общем объеме мирового энергетического потребления приблизится к 70 %. В то же время в странах ОЭСР энергопотребление останется на относительно постоянном уровне, что связано с низкими темпами экономического роста и политикой энергосбережения. Наиболее быстрыми темпами энергопотребление будет расти в развивающихся странах Азии, в особенности в Китае и Индии.

Душевое энергопотребление также будет изменяться по определенным сценариям. Если в настоящее время в развитых и развивающихся странах наблюдается следующее соотношение (рис. 5), то к 2040 году США и развивающиеся страны будут демонстрировать тенденцию к снижению этого показателя. В Китае же, напротив, потребление на душу населения будет расти опережающими темпами (рис. 6).

В докладе Международного энергетического агентства (МЭА) отмечается, что к 2040 году потребление энергии в Евросоюзе сократится на 15 %, в Японии – на 12 % и в США – на 3 %.

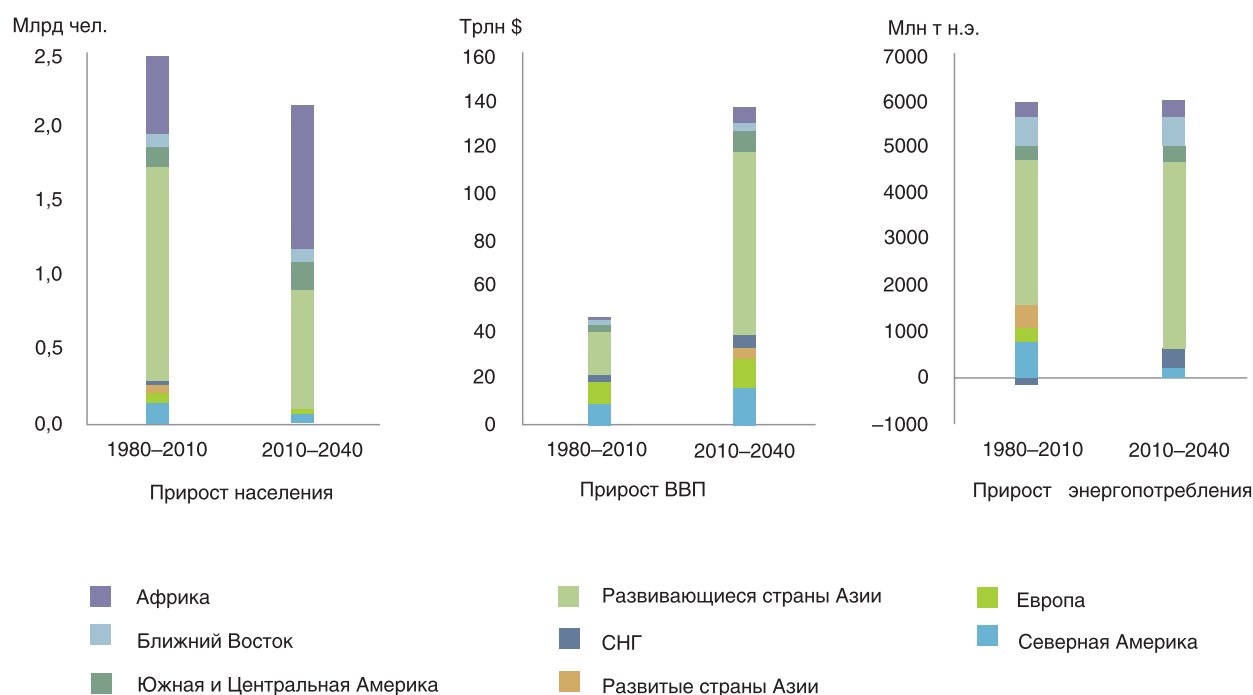


Рис. 4. Прирост населения, ВВП и энергопотребления по регионам мира (базовый сценарий)

Источник: Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года.

Институт энергетических исследований РАН, Аналитический центр при Правительстве РФ (<https://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf>)

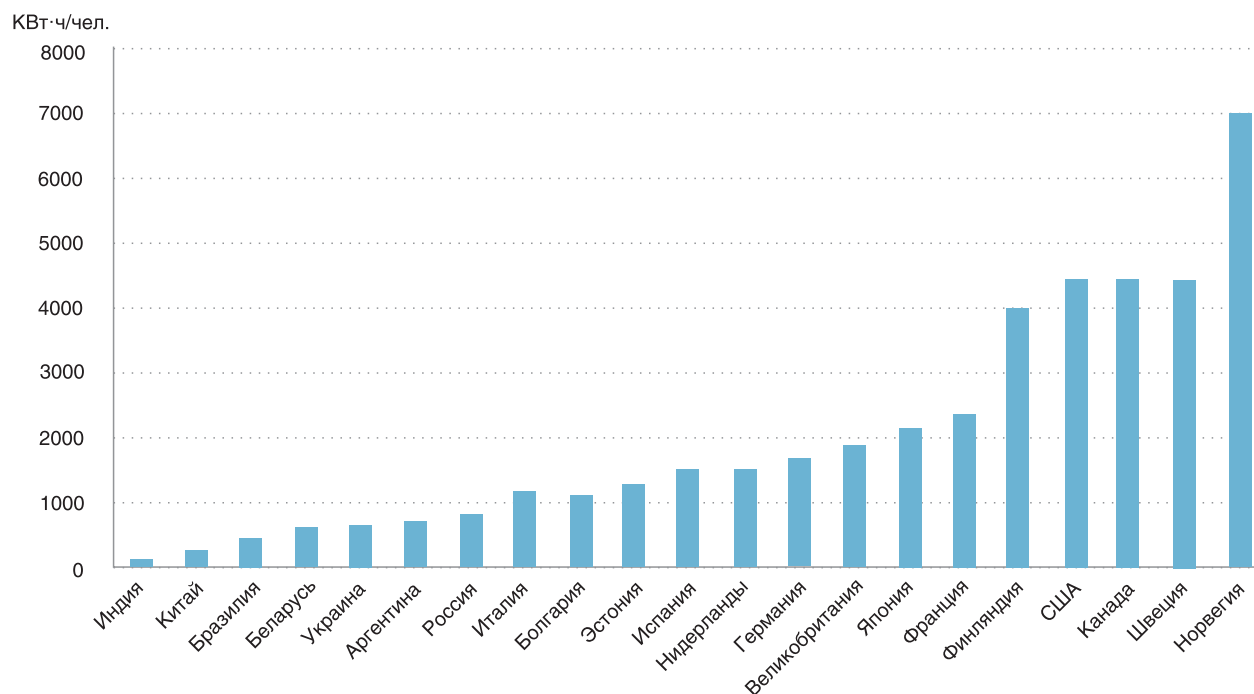


Рис. 5. Душевое потребление электроэнергии в развитых и развивающихся странах

Источник: <https://yandex.by/images/search?>

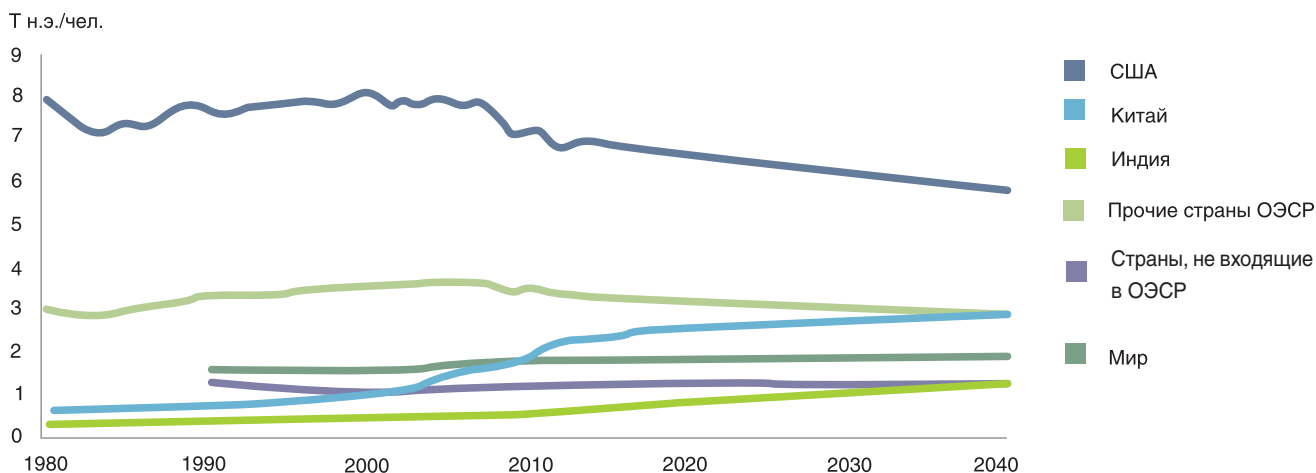


Рис. 6. Душевое энергопотребление по группам стран (вероятный сценарий)

Источник: Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года. Институт энергетических исследований РАН, Аналитический центр при Правительстве РФ (<https://www.eriras.ru/files/prognoz-2040.pdf>)

Заключение

Для мирового энергетического спроса в обозримой перспективе будут характерны следующие тенденции:

- снижение душевого энергопотребления в странах ОЭСР и увеличение его в Китае, Индии и других развивающихся странах;
- увеличение спроса на все энергоносители, при этом основной объем прироста энергопотребления придется на природный газ;
- уход от доминирования одного вида топлива над другими. В разные периоды истории последовательно доминировали уголь, затем нефть и, наконец, природный газ. Прогнозиру-

ется, что к 2040 году в мировом топливно-энергетическом балансе произойдет выравнивание долей всех видов топлива, как ископаемых (уголь – 26 %, нефть – 26 %, газ – 24 %), так и неископаемых (24 %), что будет способствовать повышению устойчивости энергоснабжения;

- сохранение региональных особенностей энергопотребления. Для развитых стран Запада характерным станет снижение доли угля и нефти, наращивание потребления зеленой энергии и газа. Страны Ближнего Востока увеличат потребление нефти и газа, развивающиеся страны Азии – всех видов ископаемого топлива, в первую очередь угля (Индия, страны Юго-Восточной Азии). На африканском континенте будут наращивать использование биоэнергии.

Новые издания

Стандарты ГПО «Белэнерго»:

- ✓ СТП 33240.05.830-19
«Нормы времени на ремонт основного и вспомогательного энергетического оборудования. Ремонт и техническое обслуживание воздушных линий электропередачи и трансформаторных подстанций напряжением 0,38–10 кВ»
- ✓ СТП 33240.05.831-19
«Нормы времени на ремонт основного и вспомогательного энергетического оборудования. Ремонт и техническое обслуживание кабельных линий электропередачи напряжением 0,38–10 кВ»
- ✓ СТП 33240.05.832-19
«Нормы времени на ремонт основного и вспомогательного энергетического оборудования. Ремонт и техническое обслуживание воздушных линий электропередачи напряжением 35–750 кВ»

ОЗНАКОМИТЬСЯ

с документами можно
в ЭИС «Энергодокумент»
www.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: www.energodoc.by

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ПО ВОПРОСАМ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОУСТАНОВОК

Основной целью деятельности учебных центров РУП-облэнерго является обеспечение своевременного и качественного профессионального обучения работников предприятий, направленного на повышение надежности, эффективности эксплуатации и ремонта оборудования электрических станций, котельных, электрических и тепловых сетей, соблюдение требований охраны труда, а также повышение профессионального мастерства оперативного и оперативно-ремонтного персонала. Одним из направлений деятельности Учебного центра РУП «Гомельэнерго» стало обучение лиц, ответственных за электро- и тепловых хозяйство.



И.В. ХРОМОВ,
директор филиала «Учебный центр»
РУП «Гомельэнерго»

Подготовка и повышение квалификации персонала Гомельской энергосистемы основаны на реализации образовательных программ дополнительного образования взрослых, создании условий для развития профессиональных навыков и совершенствования мастерства персонала в процессе внедрения в производство инновационных технологий. В то же время, учитывая жесткую технологическую связь между производством, распределением и потреблением электрической и тепловой энергии, а также ту опасность, которую представляет эта энергия при несоблюдении правил ее использования, Учебный центр РУП «Гомельэнерго» проводит информационно-разъяснительную работу с потребителями и населением по предупреждению и профилактике электро- и теплотравматизма в рамках образовательных программ.

В частности, для лиц, ответственных за электро- и тепловое хозяйство организаций и предприятий, в рамках обучающих курсов и курсов повышения квалификации руководящих работников организуются занятия по вопросам безопасной эксплуатации электро- и теплоустановок потребителей, а также безопасного пользования электрической и тепловой энергией. Более 50 лет обучение осуществлялось преподавательским составом центра совместно со специалистами филиала «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго». Только за последние пять лет они приняли участие в обучении свыше 5 тыс. человек.

С 1 апреля в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 28 февраля 2019 года № 92 создано государственное учреждение «Государственный энергетический и газовый надзор» как отдельное юридическое лицо, а филиалы «Энер-

гонадзор» выведены из состава РУП-облэнерго. Вследствие этого норма пункта 5.2.11 коллективного договора РУП «Гомельэнерго» в части привлечения «для преподавания в филиале «Учебный центр» РУП «Гомельэнерго» в рабочее время на условиях почасовой оплаты труда по установленным нормам с сохранением заработной платы по месту основной работы» на персонал ГУ «Госэнергогазнадзор» не распространяется. С апреля текущего года появилась возможность привлекать работников филиалов ГУ «Госэнергогазнадзор» к информационной работе с потребителями на безвозмездной основе.

Надо отметить, что и прежде инспекторский персонал на безвозмездной основе осуществлял профилактическую работу по предупреждению травматизма в форме лекций, бесед, семинаров, распространения памяток по безопасности на промышленных, сельскохозяйственных предприятиях и в организациях. По данным энергоинспекции, в среднем за календарный год с участием сотрудников энергонадзора проводилось порядка 3500 лекций с электро- и теплотехническим персоналом потребителей.

Принимая во внимание, что профилактика электротравматизма среди потребителей и населения остается острой задачей, считаем необходимым сохранить сотрудничество со специалистами госэнергогазнадзора в этой области. Тем более что для этого есть основания – согласно Положению

о государственном энергетическом и газовом надзоре профилактика электро- и теплотравматизма среди юридических лиц и населения является одним из основных направлений деятельности недавно созданного ГУ «Госэнергогазнадзор».

В целях дальнейшего развития сотрудничества по профилактике электро- и теплотравматизма среди юридических лиц и населения генеральным директором РУП «Гомельэнерго» С.О. Бобовичем и генеральным директором ГУ «Госэнергогазнадзор» А.А. Озерцом было принято решение о привлечении персонала филиала госэнергогазнадзора по Гомельской области к проведению в Учебном центре лекций и семинаров в рамках образовательных программ обучающих курсов и курсов повышения квалификации руководящих работников и специалистов персонала потребителей. При этом специалисту ГУ «Госэнергогазнадзор» будет выдаваться справка о проведенной лекции по электро- и теплобезопасности среди административно-технического персонала, ответственного за электро- и теплохозяйство организаций и предприятий.

Для продолжения работы по обучению персонала сторонних организаций в Учебном центре увеличена численность внештатных преподавателей за счет привлечения высококвалифицированных специалистов центрального аппарата РУП «Гомельэнерго» и его филиалов с опытом как практической работы по специальности, так и обучения персонала. В программах обучающих курсов, а также курсов повышения квалификации руководящих работников и специалистов были определены темы теоретических и практических занятий, которые могут проводиться внештатными преподавателями. Руководству электрических и тепловых сетей, энергосбыта, электростанций, центрального аппарата предприятия и филиалу ГУ «Госэнергогазнадзор» по Гомельской области были направлены письма с просьбой представить кандидатуры для работы внештатными преподавателями из числа руководителей и высококвалифицированных специалистов, имеющих высшее (среднее специальное) образование по соответствующему профилю и прошедших курсы повышения квалификации в течение последних пяти лет.

На основе полученной информации сформирован список преподавателей, принимающих участие в обучении сторонних организаций потребителей, и с мая текущего года возобновлено обучение ответственных за электро- и теплохозяйство потребителей.

Совместная работа способствует повышению качества подготовки персонала потребителей, а также предупреждению и снижению уровня травматизма при эксплуатации электро- и теплоустановок.

Для дальнейшего развития образовательных услуг, оказываемых сторонним организациям, Учебный центр планирует расширить спектр образовательных программ. В частности, предполагается реализовывать следующие программы:

- переподготовка и повышение квалификации рабочих по профессиям электро- и теплотехнического профиля;
- обучающие курсы тренажерной подготовки для оперативного и оперативно-ремонтного персонала по производству оперативных переключений в электроустановках;
- обучающие курсы подготовки к аттестации на группу по электробезопасности;
- обучающие курсы по изучению безопасных методов работы с применением ручного электромеханического инструмента, пневматического инструмента, бензорезов, мобильных подъемных рабочих платформ и др.

Актуальность получения человеком профессионального образования в течение всей жизни в современных условиях возрастает, поэтому непрерывное совершенствование образовательного процесса, расширение спектра учебных программ и поиск новых направлений работы должны стать визитной карточкой каждого учебного центра РУП-облэнерго.



Справочно:

ГУ «Госэнергогазнадзор» в соответствии с возложенными на него основными задачами «проводит информационную работу по предупреждению аварий и профилактике травматизма в энергоустановках, а также при эксплуатации газового оборудования, вводных и внутренних газопроводов» (п. 6.10 Положения о государственном энергетическом и газовом надзоре, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 марта 2019 года № 213).

ИНСТРУМЕНТЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ МОТИВАЦИЕЙ ПЕРСОНАЛА

Не секрет, что у каждого человека свои предпочтения: кто-то любит кофе, а кто-то предпочитает чай. Одному достаточно кубика сахара, другому нужно два, а иной вовсе его не употребляет. И нетрудно представить, как отреагирует любитель несладкого кофе, если напиток подсластят или вместо него подадут чай. Аналогичная ситуация и в области мотивации: руководителю необходимо знать потребности работников и, прибегая к тому иному способу стимулирования, уметь находить золотую середину.



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

Системный подход к мотивации персонала

Согласно теории социальной психологии трудовых отношений, около 10 % работников всегда добросовестно выполняют профессиональные обязанности, так как у них присутствует стойкая внутренняя самомотивация. Как правило, к этой группе относятся руководители, которые «выросли» из очень трудолюбивых специалистов: ими движут мощные внутренние установки, идеи, желание быть лучшими в профессии. Еще 10 % составляют работники, не стремящиеся к самореализации в профессиональном плане, — это молодые специалисты с ошибочным выбором профессии, временные работники или трудоустроенные «по случаю». Эффективность работы остальных 80 % персонала зависит от того, как их мотивирует руководитель.

К сведению: Мотивация персонала – это создание особых условий и стимулов, побуждающих работников качественно исполнять свои обязанности и достигать поставленных целей, способ повышения ответственности работника за выполняемую работу и производительность труда.

Современные руководители знают: для того чтобы качество и результативность труда сохранялись, необходимо уделять внимание работникам, постоянно искать способы их мотивации.



Рис. 1. Пирамида потребностей А. Маслоу

В прошлом были популярны такие методы поощрения, как размещение фотографий передовиков на доске почета, вручение грамот, написание благодарственных писем родителям молодых специалистов или, к примеру, корпоративы. Сегодня эти мотиваторы практически не действуют, а значит, необходимы другие способы. Нетрудно догадаться, что один и тот же способ мотивации может иметь противоположные последствия в зависимости от категории персонала. Что в радость электромонтеру (к примеру, благодарность в рамочке от начальника), то может быть неуместно по отношению к главному инженеру. Поэтому руководителю в первую очередь необходимо понять, какие желания и потребности имеют работники его организации.

Не лишенная недостатков, но проверенная временем пирамида потребностей, созданная американским психологом А. Маслоу (рис. 1), может стать неплохим подспорьем для понимания руководителем мотивирующих факторов, которые движут работниками.

Конечно, адекватная заработная плата, премии, вознаграждения необходимы, но их недостаточно для побуждения работников к качественному исполнению обязанностей.

Представьте себе коллектив, где директор в принципе не уделяет внимания работе с персоналом. Ему важно прежде всего, чтобы работа была выполнена, поэтому он жестко контролирует подчиненных. Если работник допускает ошибку, нарушение, то применяются карательные меры: выговор, лишение премии или другое наказание. При этом не практикуются ни поощрения, ни другие мотивирующие мероприятия. В такой атмосфере не может сформироваться сплоченный коллектив. Ведь основной мотив персонала – заработать деньги. И как только появляются более выгодные условия труда, работник покидает данную организацию.

А теперь рассмотрим случай, когда работодатель всячески мотивирует персонал. В такой организации выстроены отно-

шения сотрудничества, подчиненные знают, ради чего работают, постоянно развиваются, ощущают, что приносят пользу, и получают от этого моральное удовлетворение. И даже если заработная плата не соответствует самоотдаче работников, они ценят благодарность руководства, его способность пойти персоналу навстречу в некоторых вопросах, готовность к компромиссам и т.д.

Для того чтобы грамотно организовать мотивационные мероприятия, необходимо помнить, что мотивация неустойчива – она зависит от многих факторов и не может быть только материальной или только нематериальной. Так, материальная мотивация эффективна для молодых специалистов, которые, устроившись на работу, сталкиваются с бытовыми проблемами (поиск места проживания, обустройство жилья, транспортные расходы и т.д.). Однако и для них важны моральные стимулы – признание их способностей, деловых качеств и успехов. При этом необходимо отметить, что со временем как у молодых, так и у опытных работников личностные ценности в сфере труда могут меняться, поэтому рекомендуется проводить мониторинг мотивации каждый год и выстраивать работу с ней поэтапно.

Этап 1. Выявление потребностей и увлечений персонала

Чтобы понять, какие именно мотивационные мероприятия проводить, руководству необходимо проанализировать потребности персонала с помощью анкеты (приложение 1). Важный момент – анонимность опроса, это позволит работникам быть честнее в ответах. Однако данный вариант подойдет только в том случае, если вы хотите увидеть общую картину или получить данные в целом по организации (филиалу). Для того чтобы оценить мотивацию каждого сотрудника в отдельности, необходимо использовать индивидуальные опросники или лично общаться с каждым.

Представления энергетиков о желанной работе в 2018 году ассоциируются прежде всего с достойной оплатой труда, благоприятным психологическим климатом в коллективе, обеспеченностью рабочего места техникой (оборудованием).

В мотивационном исследовании приняли участие 100 работников энергетической сферы. Материальную мотивацию поставили на первое место 95 человек, нематериальную – 5. При этом значимой ценностью последние назвали «ощущение пользы, приносимой предприятию». Такая особенность связана с тем, что эти пять работников имеют стаж в энергетике более 20 лет. При индивидуальном общении выяснилось, что они удовлетворены заработной платой и на данный момент их больше интересует развитие отрасли. В целом персонал с профильным (энергетическим) образованием высказался в пользу нематериального стимулирования, связанного с перспективами развития, возможностями для самореализации, карьеры. В свою очередь, работники без профильного образования акцентировали такие условия, как гарантия занятости, стабильность, удобный рабочий график, благоприятные условия труда, сплоченный коллектив.

В связи с тем, что три четверти принявших участие в исследовании – мужчины (75 человек), их предпочтения повлияли на выбор стимулирующих мероприятий – это поездки на рыбалку, путешествия и спортивная активность.

Поскольку в Беларуси комплексные исследования мотивации работников энергетической сферы в целом не проводились, в качестве примера приведем результаты анализа мотивационных анкет, представленных некоторыми структурными подразделениями организаций отрасли, пожелавшими сохранить анонимность.

При исследовании личностных ценностей в работе предпочтения распределились следующим образом:

- обеспеченность рабочего места техникой (оборудованием) – 86 чел.;
- возможность профессионального развития, роста по профессии, должности – 67 чел.;
- смена деятельности в процессе работы – 23 чел.;
- благоприятный психологический климат (коллектив) – 97 чел.;
- график работы – 56 чел.;
- престиж профессии – 14 чел.;
- благоприятные условия труда – 79 чел.;
- высокая заработная плата – 95 чел.;
- возможность общения в процессе работы – 38 чел.;
- участие в развитии предприятия – 5 чел.



Рис. 2. Предпочтения работников в области стимулирующих мероприятий

Этап 2. Выбор направления мотивации с учетом анализа полученной информации

Мотивация персонала выстраивается с учетом данных, полученных из опросников, анкет или индивидуальных собеседований с работниками (приложение 2). На этом этапе руководство изучает уровень удовлетворенности персонала и выбирает направления повышения трудовой мотивации (приложение 3).

Центральное место в мотивационном исследовании, наряду с изучением потребностей и желаний работника, занимает выяснение того, насколько он удовлетворен своим трудом. Оценивая удовлетворенность персонала, руководство получает информацию о силе привязанности людей к рабочим местам. Если ценный сотрудник балансирует на грани увольнения, такая ситуация весьма нежелательна для организации. С другой стороны, если плохой сотрудник полностью удовлетворен своей работой и не собирается увольняться – это информация к размышлению для руководителя. Значит, в организации созданы благоприятные условия для ленивых, бестолковых, неэффективных работников. Данные об удовлетворенности работой – это фактически информация о кадровых рисках.

Уровень удовлетворенности трудом Инструкция: вам нужно ответить «да» или «нет»	Кол-во выборов «да»
Ваше рабочее место обеспечено необходимой техникой (оборудованием)?	71 чел.
В вашей организации предоставляется возможность профессионального роста по профессии, должности?	90 чел.
Работа разнообразная (смена деятельности в процессе работы)?	56 чел.
Вы удовлетворены оплатой труда?	45 чел.
Вы удовлетворены графиком работы?	86 чел.
Ваша профессия престижна?	50 чел.
Вы удовлетворены условиями труда?	80 чел.
В вашем коллективе благоприятный психологический климат?	77 чел.
Вам оказывают моральную поддержку (есть возможность общения в процессе работы)?	87 чел.
Вы участвуете в развитии предприятия?	20 чел.

Результат анализа мотивационных анкет

Сравнивая результаты исследований личностных ценностей в работе и уровня удовлетворенности трудом, мы видим, что на уровне пожеланий большинство работников (95 человек из 100) выделяют значимость материального стимулирования, но при оценке тех же показателей с точки зрения удовлетворенности получаем, что, по сути, материальная составляющая – это не главный показатель для работников энергетической сферы. Уровень их удовлетворенности своим трудом составил 70 % за счет нематериальных стимулов – возможности профессионального развития и условий организации труда.

Если руководитель не может мотивировать работников и реализовать их потребности в пределах возможностей и компетенций организации, это значит, что произошли сбои в кадровой политике. Поэтому уже на этапе трудоустройства рекомендуется уделять внимание профессиональной заинтересованности кандидата, выяснять степень его мотивированности и факторы, которые могут на нее повлиять.

Этап 3. Внедрение и корректировка

Выбранные с учетом собранных сведений и запросов работников направления мотивационной работы нужно еще и благополучно внедрить в организации. И это – самое сложное. Персонал обычно с настороженностью воспринимает происходящие изменения, и требуется время, чтобы убедить людей в их необходимости. На этапе внедрения важно создать у сотрудников впечатление, что они являются соучастниками процесса, что те проблемы, которыми они делились в анкетах или личных беседах, будут учтены. Руководству нужно скорректировать работу (пересмотреть должностные/рабочие инструкции) так, чтобы каждый работник понимал, сколько и за какой период времени он должен решить определенных задач и какие конкретные функции выполнить.

Не стоит забывать и о «проблемных» десяти процентах, которые могут протестовать, устраивать саботаж, провокации. Для этой категории лучшее мотивационное воздействие – наказание. Его основная цель – это недопущение

действий, которые могут нанести вред. То есть наказание ценно не само по себе – как «кнул», применяемый к подчиненному за неправильные действия, а как барьер, который не даст бездельнику или «проблемному» работнику повторить эти действия в будущем и послужит предупреждением всему трудовому коллективу.

Таким образом, наказание в системе мотивации эффективно, когда оно направлено на оказание требуемого психологического воздействия на сотрудника и весь коллектив.

Пример из опыта руководителя

Несколько раз работник нарушал трудовую дисциплину, и каждый раз его «по-хорошему» предупреждали, что в следующий раз будет вынесен выговор. Но ситуация не изменилась. После третьего выговора – попрощались. На остальных сотрудников это подействовало отрезвляюще. Способ мотивации через наказание оказался эффективным.

Этап 4. Оценка и совершенствование системы мотивации персонала

Оценка системы мотивации персонала является необходимым средством выявления недочетов и коррекции способов стимулирования работников организации. Здесь важен индивидуальный подход к анализу полученных результатов, внедрению или усовершенствованию материальных и нематериальных стимулов. Практика показывает, что требуется от полугода до полутора лет, чтобы «перековать» работника в специалиста, который будет соответствовать стандартам той организации, где он работает.

Полученная с помощью анкет информация позволяет представить мотивационную систему персонала энергетической отрасли в виде схемы (рис. 3).

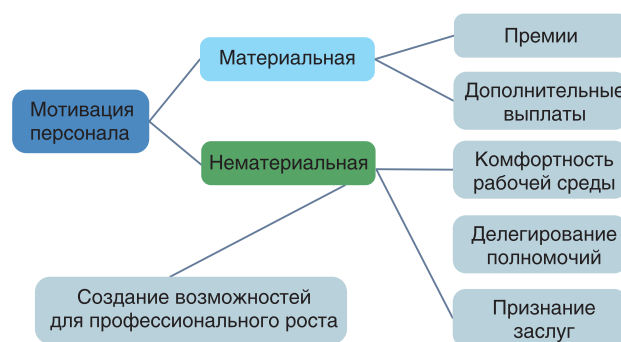


Рис. 3. Схема мотивационной системы персонала энергетической отрасли

Одним из наиболее эффективных способов получения обратной связи для руководящего звена продолжает оставаться общение с персоналом и анкетирование с последующим мониторингом (приложение 4).

На основе анализа полученных результатов можно сделать вывод, что нематериальная мотивация в энергетической сфере применяется, но все еще в недостаточной мере. В настоящий момент, чтобы отметить заслуги работника, руководители используют грамоты, доску почета, но эти традиционные стимулы не подкрепляются какими-либо другими, с учетом индивидуальных запросов. Сами работники признание своих заслуг вос-

принимают как поощрение, приносящее нравственное и эмоциональное удовлетворение. Тем не менее существующая система мотивации работников энергетической сферы нуждается в совершенствовании. Для решения этой задачи в работе с мотивационной сферой персонала необходимо делать упор на:

- развитие личности работника;
- расширение социального пакета и предоставление сотрудникам подходящих льгот с учетом возможностей работодателя;

- улучшение качества мероприятий по организации досуга персонала;
- проведение периодических совещаний с подчиненными, обеспечение их участия в принятии решений;
- возможность воплощения творческих инициатив персонала, направленных на повышение эффективности труда;
- возможность планирования карьерного роста работников;
- создание корпоративного сайта (группы в соцсетях).

Приложение 1

АНКЕТА

ФИО (можно анонимно)

Возраст (полных лет)

Организация/должность

Дата заполнения

Инструкция: просим вас заполнить анкету и искренне ответить на несколько вопросов.

1. Из 10 мотивирующих факторов в работе выберите не более пяти наиболее важных лично для вас. Проранжируйте выбранные факторы по степени значимости для вашего нынешнего места работы (1 – самое важное в выбранном вами списке, 2 – чуть менее важное и т.д.). Те факторы, которые для вас не важны, просто пропускайте.

Мотивирующие показатели	Ранги
Уровень доходов (зарплата)	
Близость работы к дому	
Возможность профессионального роста	
Возможность получения жилья (общежитие, квартира в аренду)	
График работы	
Возможность самореализации	
Комфортные условия труда	
Отношения в коллективе	
Обучение, развитие (курсы, семинары, тренинги и т.д.)	
Лояльное отношение руководителя	

2. Удовлетворены ли вы своей работой сейчас? Выберите только одно утверждение и обозначьте его крестиком в графе «ответ».

Вариант	Ответ
Да, полностью	
Скорее да, чем нет	
Затрудняюсь ответить	
Скорее нет, чем да	
Нет, совсем не удовлетворен	

3. Определите, в какой мере вас удовлетворяют различные стороны вашей работы (соответствующую ячейку зачеркните крестом).

В какой мере вы удовлетворены	Удовлетворен	Скорее удовлетворен, чем не удовлетворен	Затрудняюсь ответить	Скорее не удовлетворен, чем удовлетворен	Не удовлетворен
Размером заработка					
Режимом работы					
Разнообразием работы					
Возможностью должностного продвижения					
Комфортностью в работе (оснащенный техникой кабинет, рабочее оборудование и т.д.)					
Возможностью развития					
Отношениями с коллегами					
Отношениями с непосредственным руководителем					
Уровнем общения на рабочем месте					
Стабильностью					

4. Ваше хобби _____

МОТИВАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ УСТНОГО СОБЕСЕДОВАНИЯ

№	Вопрос	Тип мотивации
1	Какой, по вашему мнению, должна быть идеальная работа?	
2	Что вам больше всего нравилось/не нравилось на предыдущем месте работы?	
3	В чем вы профессионал?	
4	Какое личностное качество вы считаете важным для работы в данной организации?	
5	Каков мотив выбора этой работы?	

Ответы соискателя/работника должны быть максимально развернутыми, только в этом случае руководитель сможет определить ведущие ценности. Для более точного определения типа мотивации ниже приведена таблица с вербальными ориентирами и расшифровкой.

Тип мотивации	Вербальные ориентиры	Расшифровка
Материальный: деньги, финансовые вознаграждения	Слова: бонус, премия, повышение зарплаты, деньги. Фразы: «на предыдущем месте слишком мало платили», «нужна работа, которая будет приносить мне деньги»	Для такого сотрудника необходимо использовать дополнительные мотиваторы, которые позволят снизить риск его ухода к другому работодателю только из финансовых соображений
Нематериальный (социальный): одобрение руководства, тесная связь с коллективом	Слова: коллектив, поддержка, сплоченность, командный дух. Фразы: «ищу работу с дружным коллективом»	Для такого сотрудника важна командная работа, сотрудничество, он будет комфортно себя чувствовать с людьми, соблюдать деловую этику
Нематериальный (мотив процесса): нацеленность не на результат, а на удовольствие от процесса работы	Слова: поставленные задачи, ответственность, профессионализм. Фразы: «мне нравится, когда есть возможность проявить инициативу», «на прошлой работе не слышали моих предложений»	При работе с таким сотрудником важно по максимуму учитывать его ценные замечания, применять его идеи, предложения, избегая при этом частого и необоснованного контроля над его действиями
Нематериальный (мотив достижения): важен результат, работа воспринимается как подготовка к его достижению, значимы самоутверждение и самореализация	Слова: результат, достижение, самообучение, ответственность. Фразы: «на прошлой работе не было развития»	Такого сотрудника будет мотивировать возможность обучения, повышения квалификации, выполнения дополнительных функций и перспективы профессионального роста
Нематериальный (идейный мотив): интересы работника совпадают с интересами организации, важна преданность общему делу	Слова: лояльность, верность принципам, цель. Фразы: «на прошлой работе не было единой цели»	С таким сотрудником важно вести диалог о целях организации, долгосрочных планах, обсуждать командную работу, предоставлять ему возможность влиять на жизнь коллектива и право голоса при решении стратегических задач

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ТРУДОВОЙ МОТИВАЦИИ

№	Направления	Ответственный
1	Повышение престижа и широкая пропаганда общественной значимости профессии. Признание профессиональных заслуг работников. Работа со СМИ	Руководство Профсоюз Кадровая служба/ Подготовленный специалист
2	Разработка мотивационных анкет (опросников). Организация мотивационного исследования	Кадровая служба/ Подготовленный специалист
3	Развитие системы дополнительного материального стимулирования работников, создание возможности льготного медицинского обслуживания (оздоровления) работников и членов их семей	Бухгалтерия Юристы
4	Организация семинаров, конференций, обмена опытом между различными профильными организациями	Руководство Бухгалтерия Кадровая служба

Окончание таблицы

№	Направления	Ответственный
5	Оснащение организации современным оборудованием и внедрение передовых технологий	Руководство Бухгалтерия Юристы
6	Проведение собеседований при трудоустройстве. Создание программы адаптации молодых специалистов. Аттестация	Руководство Кадровая служба/ Подготовленный специалист
7	Профилактика профессионального стресса и синдрома профессионального выгорания. Обучение персонала навыкам антистрессового поведения, проведение социально-психологических тренингов	Подготовленный специалист
8	Создание комфортных условий на работе. Контроль за соблюдением техники безопасности. Внедрение здоровьесберегающих технологий	Кадровая служба/ Подготовленный специалист Инженер по охране труда

Приложение 4

АНКЕТА ДЛЯ МОНИТОРИНГА

ФИО (можно анонимно)

Возраст (полных лет)

Должность

Дата заполнения

Инструкция: просим вас заполнить анкету и искренне ответить на несколько вопросов.

1. Проранжируйте по степени значимости мотивирующие показатели, которые могут повысить вашу производительность труда: 1 – наиболее значимый, следующие – менее значимые (до 10).

Мотивирующие показатели	Ранги
Хорошие шансы продвижения по службе	
Стабильный заработок	
Комфортные условия труда	
Признание и одобрение хорошо выполненной работы со стороны руководства	
Работа, которая создает условия для самовыражения и позволяет развивать свои способности	
Удобный график работы	
Информационное развитие и участие в жизни коллектива	
Возможность обучения	
Общение с коллегами, посетителями	
Сплоченный коллектив	

2. Выделите крестиком условия, которые присутствуют в вашей работе.

Показатели	Отметка
Ко мне несправедливо относится непосредственный руководитель	
Мой заработок обычно ниже, чем у других работников, выполняющих такую же работу	
Мне часто поручается выполнять больше, чем другим работникам с аналогичными обязанностями	
Я редко выполняю работу, соответствующую моим должностным/рабочим инструкциям	
Меня не поощряют за дополнительную работу	
У меня нет доступа к источникам информации, необходимым мне для работы	
Меня давно не повышали в должности	
Мне давно не повышали заработную плату	
У нас в подразделении/организации плохая психологическая атмосфера	
Я не был(а) на курсах повышения квалификации персонала, обучающих занятиях, семинарах, конференциях, тренингах	

3. Напишите ваши пожелания (что нужно внедрить или изменить): _____

Спасибо за ответы!

НОВЫЕ ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И СЕТЕЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Комментарии к стандарту ГПО «Белэнерго» СТП 33240.20.501-19

Приказом ГПО «Белэнерго» № 113 от 18 апреля 2019 года утвержден СТП 33240.20.501-19 «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Республики Беларусь» (ПТЭ, второе издание). Новые ПТЭ введены взамен утратившего силу одноименного СТП 33240.20.501-18.



А.М. ТАРАЩУК,
к.т.н., начальник турбинного участка
филиала «Инженерный центр»
ОАО «Белэнергоремналадка»

Разработка второго издания Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Республики Беларусь была выполнена по поручению ГПО «Белэнерго» создателями первого издания ПТЭ – специалистами ОАО «Белэнергоремналадка». Рассмотрением и последующим согласованием проекта второго издания Правил занималась редакционная комиссия, сформированная в ГПО «Белэнерго».

Необходимость переиздания стандарта была продиктована несколькими причинами. Прежде всего, надо иметь в виду, что прежнее, 14-е издание ПТЭ было выпущено в далеком 1989 году. С тех пор в техническом оснащении электростанций и сетей многое изменилось, что, соответственно, потребовало разработки новых технических требований. Кроме того, возникла необходимость включения в ПТЭ новых разделов – «Электрокотельные установки» и «Возобновляемые источники энергии (ветро- и солнечные энергоустановки)».

В ходе разработки новых Правил были изучены проблемы, возникавшие при применении прежних ПТЭ на практике, собраны и проанализированы замечания к их форме и содержанию, поступившие от специалистов предприятий и организаций ГПО «Белэнерго». Все поступившие замечания и предложения были учтены разработчиком, по каждому из них дано обоснованное экспертное решение.

Одновременно с работой над вторым изданием ПТЭ специалисты выполнили анализ и разработали рекомендации по кор-

ректировке некоторых организационно-распорядительных документов ГПО «Белэнерго», в частности СТП 09110.20.525-13 «Сборник распорядительных документов по эксплуатации энергосистем. Часть 1. Общие документы по организации эксплуатации и теплотехническая часть».

Разработчиками были отклонены предложения исключить из ПТЭ разделы о работе с персоналом, техническом диагностировании, технике безопасности, пожарной безопасности, системе отопления и вентиляции, эксплуатации маслосистем, противоаварийной автоматике и др. Логика инициаторов данных сокращений проста: а) меньше разделов – меньше забот; б) все исключаемые разделы существуют в виде отдельных технических документов. Однако издание под одной обложкой обязательных для энергетики ТНПА (в ГПО «Белэнерго» их более 1400) и актов других Министерств и ведомств не заменит ПТЭ, функция которых заключается в обеспечении слаженной работы энергообъектов и устранении принципиальных противоречий в существующих ТНПА.

ПТЭ – целостный технический нормативный документ, путеводитель, определяющий стратегические задачи по каждому из основных видов деятельности в энергетике (организация эксплуатации, оперативно-диспетчерское управление) и требования к каждому виду энергооборудования.

Количественная и качественная (по СТП 33243.01.101-16 «Порядок разработки стандартов ГПО «Белэнерго») характеристика поступивших замечаний к первому изданию ПТЭ представлена в таблице.

Наиболее показательными оказались результаты изучения практики применения первого издания ПТЭ, отразившие уро-

Справочно: Стандарт включает 12 разделов, в том числе два новых – раздел 7 «Электрокотельные установки» и раздел 8 «Возобновляемые источники энергии (ветро- и солнечные энергоустановки)». Наиболее объемным остался раздел 6 «Тепломеханическое оборудование электростанций и тепловых сетей». Существенно дополнен и отредактирован раздел «Термины, определения и сокращения».

Этапы, разделы		Всего	Количество замечаний, %			
			принято	принято частично	принято к сведению	отклонено
По результатам изучения практики применения первого издания ПТЭ Республики Беларусь на энергообъектах ГПО «Белэнерго»		652	18	11,2	1,1	69,7
По новым разделам	«Электрокотельные установки»	87	66	18,9	–	15,1
	«Возобновляемые источники энергии (ветро- и солнечные энергоустановки)»		48,6	11,4	5,7	34,3
По результатам анализа новых организационно-технических, распорядительных документов в области эксплуатации энергосистем ГПО «Белэнерго»		11	100	–	–	–
Всего			750			

вень профессионализма значительной части авторов замечаний. Можно говорить о недостаточной квалификации, узости мышления и консерватизме, а иногда и очевидных заблуждениях некоторых, в том числе руководящих, работников, задействованных в обсуждении ПТЭ.

По итогам этого этапа принято только 18 % замечаний, из них половина – редакторские (в том числе касающиеся пунктуации). Ценными признано всего около 12 % замечаний, а отклонено по разным причинам почти 70 % (!), при этом каждое пятое замечание – ошибочно. У критиков стандарта преобладает не стремление выяснить первопричину введения новых требований, норм, разделов, а желание изложить все по-старому, сократить, упростить или вовсе исключить некоторые пункты или целые разделы. Нередко встречается и явное незнание действующих технических нормативных документов или их искаженная трактовка, упоминание уже не актуальных или не имеющих отношения к целям и концепции ПТЭ источников. Зачастую авторы замечаний пытаются противопоставить ПТЭ другим нормативным документам, обладающим якобы более высоким статусом, необоснованно отдавая предпочтение последним.

По результатам анализа качества замечаний редакционной комиссией ГПО «Белэнерго» признана необходимость повышения уровня профессиональной профильной и общей подготовки и усиления требований к контролю знаний ПТЭ и иных ТНПА персоналом энергосистемы. Мнение редакционной комиссии нашло отражение в п. 6.2 приказа ГПО «Белэнерго» № 113 от 18 апреля 2019 года: решено изменить условия положительной оценки проверки знаний ПТЭ с соответствующей

корректировкой СТП 09110.12.102-15 «Правила работы с персоналом при эксплуатации энергообъектов».

Кардинально отличаются от описанных выше замечания и предложения по новым разделам ПТЭ, содержащим требования к электрокотельным установкам и ВИЭ. Здесь по-прежнему велика доля редакторских правок (таков результат почти всех сборов замечаний к разработанным либо пересмотренным нормативным документам). При этом налицо конструктивный подход, деловой, ориентированный на практическую пользу характер предложений. В итоге принято почти 70 % замечаний по разделу 7 и почти половина – по разделу 8. Именно такой результат ожидался и от сбора замечаний по первому, во многом обновленному изданию ПТЭ, но, к сожалению, ожидания не оправдались.

Тем не менее нельзя не отметить бесспорно положительный эффект как от детального, открытого для всех заинтересованных сторон анализа каждого замечания, так и в целом от широкого обсуждения стандарта. Этот основополагающий документ в области эксплуатации энергооборудования был разработан, согласован, прошел сложный, но необходимый этап практического освоения и с 22 апреля 2019 года введен в действие. Но работа специалистов на этом не остановится. Впереди изучение изменений Правил, выявление и устранение несоответствий технического состояния и организации эксплуатации энергообъектов новым требованиям ПТЭ. Итогом должно стать повышение квалификации персонала, обеспечение безопасности и качества эксплуатации оборудования энергосистемы Республики Беларусь.

Новое издание

ПРАВИЛА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И СЕТЕЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ. ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ

Стандарт ГПО «Белэнерго» СТП 33240.20.501-19

ОЗНАКОМИТЬСЯ

с документами можно
в ЭИС «Энергодокумент»
www.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: www.energodoc.by



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ФОНД ТНПА – ЭНЕРГЕТИКЕ

НОВЫЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ

С 1 декабря 2019 года в республике вводится в действие ряд стандартов в сфере энергетики.

ГОСТ 26374-2018 «Газ горючий природный. Определение общей серы» распространяется на газ горючий природный и устанавливает следующие методы определения массовой концентрации общей серы: метод окислительной микрокулонометрии – при массовой концентрации общей серы в исследуемом газе от 1 до 200 мг/м³; метод сжигания и титрования хлоридом бария – при массовой концентрации общей серы в исследуемом газе от 25 до 1000 мг/м³. Стандарт применяют в химико-аналитических (испытательных) лабораториях организаций, осуществляющих добычу, подготовку, транспортирование, хранение, переработку и поставку газа горючего природного потребителям.

ГОСТ IEC 60702-1-2017 «Кабели с минеральной изоляцией и концевые заделки к ним на номинальное напряжение не более 750 В. Часть 1. Кабели» распространяется на кабели с минеральной изоляцией общего применения, в оболочке из меди или медного сплава с медными токопроводящими жилами с номинальным напряжением 500 и 750 В. При необходимости поверх медной оболочки предусматривается стойкое к коррозии наружное покрытие из экструдированного материала, не предназначенное для обеспечения электрической изоляции металлической оболочки.

Цель стандарта – установить требования, которым должны соответствовать кабели с минеральной изоляцией, для обеспечения

безопасности и надежности при их использовании, а также параметры и требования к их производству, методы испытаний для подтверждения соответствия кабелей этим требованиям.

ГОСТ ISO 8528-6-2017 «Электроагрегаты генераторные переменного тока с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Часть 6. Методы испытаний» распространяется на генераторные электроагрегаты переменного тока с приводом от двигателя внутреннего сгорания (электроагрегаты), предназначенные для применения на суше и на море, и устанавливает методы их испытаний. Документ не распространяется на электроагрегаты, применяемые на самолетах, наземных автотранспортных средствах и локомотивах. Положения ГОСТ ISO 8528-6-2017 являются приоритетными при предъявлении дополнительных требований к электроагрегатам, например, используемым для энергообеспечения больниц, высотных зданий и других объектов. Некоторые положения стандарта могут использоваться при проведении испытаний электроагрегатов с первичными двигателями других типов – паровыми, газовыми и работающими на биогазе.

ГОСТ 31610.10-2-2017/IEC 60079-10-2:2015 «Взрывоопасные среды. Часть 10-2. Классификация зон. Взрывоопасные пылевые среды» устанавливает требования к определению и классификации зон, где присутствуют взрывоопасные пылевоздушные смеси и слои горючей пыли, для проведения правильной оценки источников воспламенения в указанных зонах.

НОВЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ

Стандарты Международной организации по стандартизации (ISO):

ISO 19967-1:2019 «Водонагреватели с тепловым насосом. Испытания и определение эксплуатационных характеристик. Часть 1. Водонагреватель с тепловым насосом для горячего водоснабжения» (принят 19.03.2019).

Стандарты Международной электротехнической комиссии (IEC):

IEC 60898-3:2019 «Арматура электрическая. Выключатели автоматические для защиты от сверхтоков электроустановок бытового и аналогичного назначения. Часть 3. Выключатели автоматические для постоянного тока» (принят 05.04.2019);

IEC 61400-3-1:2019 «Системы производства ветровой энергии. Часть 3-1. Требования к проектированию стационарных офшорных ветровых установок» (принят 05.04.2019);

IEC TS 61400-3-2:2019 «Системы производства ветровой энергии. Часть 3-2. Требования к проектированию плавучих офшорных ветровых установок» (принят 05.04.2019);

IEC 60193:2019 «Турбины гидравлические, аккумулирующие насосы и турбонасосы. Приемочные испытания на модели» (принят 25.04.2019);

IEC TR 62357-2:2019 «Управление работой энергосистем и связанный с ними обмен информацией. Часть 2. Варианты использования и ролевые модели» (принят 17.04.2019).

Дополнительную информацию вы можете найти на сайтах:

Национального фонда технических нормативных правовых актов (ТНПА) – www.tnpa.by

Госстандарта – www.gosstandart.gov.by

БелГИСС – www.belgiss.by

Телефон «горячей линии» Национального фонда ТНПА – (017) 269-68-74

РЕНТАБЕЛЬНО ЭФФЕКТИВНО НАДЁЖНО



Новейшее поколение насосов KSB для СТОЧНЫХ ВОД

УНП 191759977

Идеальное сочетание незасоряемых рабочих колес и высокоэффективных двигателей KSB позволяет насосам серий Amarex KRT и Sewatec добиться максимальной эффективности.

► Наши технологии. Ваш успех.

Насосы • Арматура • Сервис

ИООО «КСБ БЕЛ»: 220089 Минск, ул.3-я Щорса, 9 - 607.

Т/ф: +375 17 336-42-56; 336-42-57; 336-42-58



Указы Президента Республики Беларусь

Указ Президента Республики Беларусь от 18.04.2019 г. № 153
«О дополнении Указа Президента Республики Беларусь»

Указ Президента Республики Беларусь от 22.12.2012 № 565 «Об отдельных вопросах проведения внешнеторговых операций при строительстве атомной электростанции в Республике Беларусь» дополнен п. 11, который устанавливает, что действие Указа Президента Республики Беларусь от 27.03.2008 № 178 не распространяется на внешнеторговые операции, проводимые по договорам на отпуск воды, водоснабжение, водоотведение, газо-, электро-, паро- и теплоснабжение, заключаемым между резидентами и нерезидентами, осуществляющими на территории Республики Беларусь деятельность по сооружению, вводу в эксплуатацию и обслуживанию Белорусской атомной электростанции.

Указ вступил в силу с 18 апреля 2019 года.

Указ Президента Республики Беларусь от 11.05.2019 г. № 172
«Об изменении указов Президента Республики Беларусь»

В целях создания условий для повышения эффективности сооружения и эксплуатации атомной электростанции в Республике Беларусь внесены изменения в Указ Президента Республики Беларусь от 30.12.2013 № 583 «О реорганизации государственного учреждения «Дирекция строительства атомной электростанции» и Указ Президента Республики Беларусь от 31.12.2016 № 515 «О мерах по привлечению работников для сооружения и эксплуатации Белорусской атомной электростанции».

Установлено, что государственное учреждение «Дирекция строительства атомной электростанции» путем его преобразования в республиканское унитарное предприятие «Белорусская атомная электростанция» входит в состав государственного производственного объединения электроэнергетики «Белэнерго».

Установлено также, что органами государственной безопасности проводятся проверочные мероприятия на предмет выявления сведений о возможности причинения вреда национальной безопасности Республики Беларусь в отношении:

- работников структурных подразделений ГПО «Белэнерго», связанных с эксплуатацией Белорусской атомной электростанции;
- работников республиканского унитарного предприятия «Белорусская атомная электростанция»;
- лиц, изъявивших намерение стать работниками ГПО «Белэнерго» или работниками эксплуатирующей организации;
- работников иных организаций, участвующих в сооружении и эксплуатации Белорусской атомной электростанции.

Проверочные мероприятия проводятся с письменного согласия работника ГПО «Белэнерго», работника эксплуатирующей организации, кандидата или работника подрядной организации.

Несогласие работника ГПО «Белэнерго», работника эксплуатирующей организации или кандидата с проведением в отношении их проверочных мероприятий либо выявление по результатам таких мероприятий сведений о возможности причинения указанными лицами вреда национальной безопасности Республики Беларусь, в том числе во время исполнения ими трудовых обязанностей, является основанием для прекращения трудового договора с работником либо отказа в приеме кандидата на работу.

Несогласие работника подрядной организации с проведением в отношении его проверочных мероприятий либо выявление по результатам таких мероприятий сведений о возможности причинения указанным лицом вреда национальной безопасности Республики Беларусь, в том числе во время исполнения им трудовых обязанностей, влечет отказ органа государственной безопасности в согласовании допуска этого работника на территорию Белорусской атомной электростанции и для выполнения работ (оказания услуг) в течение срока эксплуатации данной электростанции.

Подрядные организации обязаны представлять республиканскому унитарному предприятию «Белорусская атомная электростанция» данные о работниках, необходимые для проведения в отношении их проверочных мероприятий при согласовании с органами государственной безопасности в установленном законодательством порядке допуска таких работников на территорию Белорусской атомной электростанции и для выполнения работ (оказания услуг) в течение срока эксплуатации данной электростанции.

Указ вступает в силу с 1 января 2020 года.

Указ Президента Республики Беларусь от 05.06.2019 г. № 216
«Об изменении Указа Президента Республики Беларусь»

Государственным органом, ответственным за выполнение обязательств, принятых Республикой Беларусь по Соглашению между Республикой Беларусь и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий в связи с Договором о нераспространении ядерного оружия от 14.04.1995, определено Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. Соответствующая поправка внесена в Указ Президента Республики Беларусь от 28.05.2010 № 279 «Об определении государственного органа, ответственного за выполнение обязательств по отдельным международным договорам».

Указ вступил в силу с 8 июня 2019 года.

Указ Президента Республики Беларусь от 05.06.2019 г. № 217
«О строительных нормах и правилах»

Указом определено, что:

- обязательные для соблюдения требования в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности при градостроительном планировании, размещении объектов строительства и застройке территорий, проектировании и строительстве зданий и сооружений устанавливаются в строительных нормах в целях обеспечения:
 - механической прочности и устойчивости зданий и сооружений;
 - пожарной, промышленной, ядерной, радиационной, энергетической безопасности;
 - защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
 - экономии энергии и тепловой защиты;
 - соблюдения нормативов охраны окружающей среды и санитарно-эпидемиологического благополучия населения;
 - добровольные для применения правила в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности устанавливаются в строительных правилах;
 - строительные нормы и правила являются техническими нормативными правовыми актами, не относящимися к области технического нормирования и стандартизации, разрабатываются и утверждаются Министерством архитектуры и строительства;

– строительные нормы и правила до их утверждения Министерством архитектуры и строительства, а также вносимые в них изменения подлежат согласованию Межведомственным советом по вопросам архитектуры, градостроительства и строительства;

– технические нормативные правовые акты, утвержденные решениями органов государственного управления, устанавливающие обязательные для соблюдения требования и добровольные для применения правила в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, подлежат признанию утратившими силу с момента введения в действие строительных норм и правил, если иное не предусмотрено Президентом Республики Беларусь;

– проектная документация, разработка которой начата до введения в действие строительных норм, по решению заказчика (застройщика) может разрабатываться без учета их требований;

– объекты, не начатые строительством, или объекты, на которых строительно-монтажные работы начаты до введения в действие строительных норм, по решению заказчика (застройщика) могут быть завершены по утвержденной проектной документации без учета требований строительных норм.

Указ вступил в силу с 9 июня 2019 года.

Указ Президента Республики Беларусь от 07.06.2019 г. № 223 «О закупках товаров (работ, услуг) при строительстве»

Документ определяет порядок регулирования закупок в строительной отрасли и механизм проведения торгов (подрядных торгов), биржевых торгов либо переговоров при их осуществлении.

Указ принят для дальнейшего развития конкуренции в строительстве, обеспечения снижения стоимости и повышения качества строительных работ, своевременности ввода объектов в эксплуатацию, эффективности расходования бюджетных средств, выделяемых на строительство.

Настоящий Указ вступает в силу в следующем порядке: пункты 1–3 – с 1 июля 2019 года, иные положения Указа – после его официального опубликования.

Действие пункта 1 настоящего Указа не распространяется на закупки товаров (работ, услуг) при строительстве, если процедуры таких закупок начаты или договоры на поставку товаров (выполнение работ, оказание услуг) заключены до 1 июля 2019 года. Процедура закупки товаров (работ, услуг) при строительстве считается начатой со дня принятия решения заказчика о ее проведении. Проведение процедур закупок и исполнение договоров осуществляются в соответствии с законодательством, действовавшим до 1 июля 2019 года.

Настоящий Указ действует до 1 июля 2021 года.

Постановления Совета Министров Республики Беларусь

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 02.04.2019 г. № 218

«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 23 июня 2012 г. № 574»

С 1 января 2020 года в перечень высокотехнологичных товаров Республики Беларусь, утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23.06.2012 № 574, включены:

- трансформаторы с жидким диэлектриком мощностью не более 650 кВА;
- трансформаторы с жидким диэлектриком мощностью более 650 кВА, но не более 10 000 кВА;
- трансформаторы прочие мощностью более 16 кВА, но не более 500 кВА;
- трансформаторы прочие мощностью более 500 кВА;

- устройства для зарядки аккумуляторов;
- моторные транспортные средства, предназначенные для перевозки 10 человек или более, включая водителя, приводимые в движение только электрическим двигателем;
- автомобили легковые и прочие моторные транспортные средства, предназначенные главным образом для перевозки людей (кроме моторных транспортных средств товарной позиции 8702), включая грузопассажирские автомобили-фургоны и гоночные автомобили, транспортные средства, приводимые в движение только электрическим двигателем, прочие;
- аппаратура, основанная на использовании ультрафиолетового или инфракрасного излучения, и другие виды товаров.

Настоящее постановление вступает в силу в следующем порядке: подпункт 1.1 пункта 1 – после официального опубликования постановления, иные его положения – с 1 января 2020 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25.04.2019 г. № 260

«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 1 марта 2016 г. № 169»

Внесены изменения в утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 01.03.2016 № 169 комплексный план развития электроэнергетической сферы до 2025 года с учетом ввода Белорусской атомной электростанции. Изложен в новой редакции межотраслевой комплекс мер по увеличению потребления электроэнергии до 2025 года.

Документом увеличены сроки интеграции БелАЭС в объединенную энергосистему. Прежде комплексный план развития электроэнергетической сферы до 2025 года с учетом ввода Белорусской атомной электростанции предусматривал ее интеграцию в энергосистему с 2016 по 2020 годы, теперь эти сроки продлены до 2025 года. В список работ включены также работы по предпроектной проработке и установке электрических котлов в котельных организаций, которые не входят в состав «Белэнерго». Сроки строительства пиково-резервных энергоисточников на базе газотурбинных установок либо газопоршневых агрегатов продлены до 2021 года, при этом планируется ввод до 800 МВт пиково-резервных мощностей.

Разработка нормативных правовых актов, которые регулируют вопросы формирования тарифов на электроэнергию, предусмотрена до 2025 года. Мероприятия по формированию оптового рынка электроэнергии также продлены до 2025 года.

Постановление вступает в силу с 1 мая 2019 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30.04.2019 г. № 267

«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 26 декабря 2011 г. № 1732»

Внесены изменения в Типовое положение о комиссии по противодействию коррупции, утвержденное постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 26.12.2011 № 1732.

Установлено, что председателем комиссии является руководитель государственного органа (организации), а в случае отсутствия руководителя государственного органа (организации) – лицо, исполняющее его обязанности.

Внесены поправки в Положение в части основных задач и функций комиссии; перечня вопросов, рассматриваемых на ее заседаниях; сроков размещения в сети Интернет плана работы комиссии на календарный год с перечнем подлежащих рассмотрению вопросов; обязанностей председателя комиссии и т.д.

Республиканским органам государственного управления и иным государственным организациям, подчиненным Правительству Республики Беларусь, областным, Минскому городскому, городским, районным исполкомам, местным администрациям районов в городах предписано в месячный срок привести

положения о комиссиях по противодействию коррупции в соответствии с настоящим постановлением.

Постановление вступило в силу с 23 мая 2019 года.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30.05.2019 г. № 342

«Об изменении постановления Совета Министров Республики Беларусь от 31 декабря 2010 г. № 1932»

Установлены следующие ставки вывозных таможенных пошлин на товары, вывозимые с территории Республики Беларусь за пределы таможенной территории Евразийского экономического союза (за 1000 кг):

- нефть сырая – \$ 110,4;
- прямогонный бензин – \$ 60,7;
- бензины товарные – \$ 33,1;
- легкие дистилляты, средние дистилляты – \$ 33,1;
- дизельное топливо – \$ 33,1;
- бензол – \$ 33,1;
- толуол – \$ 33,1;
- ксилолы – \$ 33,1;
- масла смазочные, прочие – \$ 33,1;
- мазут – \$ 110,4;
- отработанные нефтепродукты – \$ 110,4;
- вазелин и парафин – \$ 110,4;
- кокс нефтяной некальцинированный – \$ 7,1;
- битум нефтяной – \$ 110,4.

Постановление вступило в силу с 1 июня 2019 года.

Министерство антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь

Постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 18.04.2019 г. № 37

«Об изменении постановления Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 10 ноября 2016 г. № 36»

В постановлении Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 10.11.2016 № 36 «О цене на газ сжиженный, реализуемый населению в баллонах» установлена цена на газ сжиженный для заправки газовых баллонов объемом 1 л (0,4 кг), 5 л (2,0 кг), 12 л (5,0 кг), 27 л (11,4 кг), реализуемый населению, в размере 1 руб. 11 коп. за 1 кг.

Постановление вступило в силу с 1 мая 2019 года.

Постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 22.04.2019 г. № 38

«Об изменении постановления Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 8 сентября 2017 г. № 49»

Повышены тарифы на тепловую энергию, отпускаемую республиканскими унитарными предприятиями электроэнергетики ГПО «Белэнерго» для отдельных организаций, установленные постановлением Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 08.09.2017 № 49.

Новые тарифы:

– 17,77 руб. за 1 Гкал – расположенным на территории Республики Беларусь, за исключением расположенных на территории г. Минска, организациям, осуществляющим эксплуатацию жилищного фонда и (или) предоставляющим жилищно-комму-

нальные услуги, организациям застройщиков, товариществам собственников, а также организациям, имеющим в собственности, на праве хозяйственного ведения или оперативного управления жилые дома, в части использования тепловой энергии для оказания населению коммунальных услуг по горячему водоснабжению и теплоснабжению (отоплению);

– 17,77 руб. за 1 Гкал – расположенным на территории г. Минска организациям, осуществляющим эксплуатацию жилищного фонда и (или) предоставляющим жилищно-коммунальные услуги, организациям застройщиков, товариществам собственников, а также организациям, имеющим в собственности, на праве хозяйственного ведения или оперативного управления жилые дома, в части использования тепловой энергии для оказания населению коммунальных услуг по горячему водоснабжению и теплоснабжению (отоплению);

– 85,57 руб. за 1 Гкал – организациям, осуществляющим эксплуатацию жилищного фонда и (или) предоставляющим жилищно-коммунальные услуги, организациям застройщиков, товариществам собственников, а также организациям, имеющим в собственности, на праве хозяйственного ведения или оперативного управления жилые помещения, в части использования тепловой энергии для оказания населению коммунальных услуг по горячему водоснабжению и теплоснабжению (отоплению), подлежащих оплате по тарифам, обеспечивающим полное возмещение экономически обоснованных затрат на оказание данных услуг.

Постановление вступает в силу с 1 июня 2019 года.

Постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 24.05.2019 г. № 42

«О тарифах на услуги по транспортировке нефти по магистральным трубопроводам по отдельным маршрутным направлениям»

Установлены тарифы на услуги по транспортировке нефти по магистральным трубопроводам открытых акционерных обществ «Гомельтранснефть Дружба» и «Полоцктранснефть Дружба», расположенным на территории Республики Беларусь.

Постановление вступило в силу с 29 мая 2019 года, распространяет свое действие на отношения, возникшие с 23 мая 2019 года, и действует до 1 октября 2019 года.

Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

Постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 25.04.2019 г. № 35

«О перечнях работ (услуг) и оборудования для объектов использования атомной энергии»

Установлены:

– перечень влияющих на безопасность выполняемых работ и предоставляемых эксплуатирующим организациям услуг, включая строительство объектов, в области использования атомной энергии, на выполнение и предоставление которых требуется специальное разрешение (лицензия) на право осуществления деятельности в области использования атомной энергии и источников ионизирующего излучения;

– перечень технологического оборудования для объектов использования атомной энергии, на конструирование и изготовление которого требуется специальное разрешение (лицензия) на право осуществления деятельности в области использования атомной энергии и источников ионизирующего излучения.

Постановление вступает в силу с 22 августа 2019 года.

В рамках
международного
выставочного
проекта

**БЕЛОРУССКИЙ
ПРОМЫШЛЕННО-
ИНВЕСТИЦИОННЫЙ
ФОРУМ**

BELPROMFORUM.BY

22-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ТЕХИННОПРОМ

ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ



17-20 СЕНТЯБРЯ 2019

ФУТБОЛЬНЫЙ МАНЕЖ
Минск, пр. Победителей, 20/2

- Промышленное оборудование, технологии и продукция
- Индустрия 4.0 – цифровая трансформация промышленности
- Энергетика в промышленности, энергосбережение, экология



ЭКСПОФОРУМ
выставочное предприятие

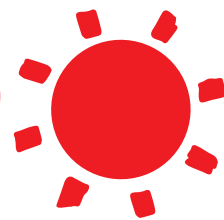
☎ +375 17 314 34 35
@ pva@expoforum.by

Унитарное предприятие
"Экспофорум", УНП 100702781

24-я Международная специализированная выставка и конгресс

ENERGY EXP

"Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро"



**oil & gas
technologies**

специализированная выставка
технологий для нефтехимической отрасли

XXIV БЕЛОРУССКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ

8-11.10.2019

г. Минск, пр. Победителей 20/2
(Футбольный манеж)



**АТОМЭХРО
Belarus**

специализированная выставка
"Атомэкспо-Беларусь"



специализированная выставка
светотехнического оборудования "ЭкспоСВЕТ"



**Water & Air
technologies**

специализированная выставка
"Водные и воздушные технологии"



EXPOCITY

специализированная выставка
"ЭкспоГОРОД"

ЗАО "ТЕХНИКА И КОММУНИКАЦИИ"



тел.: (+375 17) 306 06 06, www.energyexpo.by, energy@tc.by