

Энергетическая Стратегия

№1 (55) январь–февраль 2017
научно-практический журнал

ISSN 2310 - 6735



Возобновляемая энергетика: «за» и «против»

Читайте на стр. 11

Новые назначения в Министерстве энергетики

Стр. 4



Достигнуты лучшие в истории
Белорусской энергосистемы
технико-экономические
показатели

Стр. 7

21-23 ИЮНЯ 2017
БЕЛАРУСЬ, МИНСК
НВЦ "БЕЛЭКСПО"



Международная
промышленная
выставка

EXPO-RUSSIA BELARUS 2017

МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЙ
РОССИЙСКО-БЕЛОРУССКИЙ
БИЗНЕС-ФОРУМ

www.zarubezhexpo.ru

ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ:

ЭНЕРГЕТИКА
АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА
МАШИНОСТРОЕНИЕ
АВИАЦИЯ
ТРАНСПОРТ
СВЯЗЬ
МЕДИЦИНА и ФАРМАЦЕВТИКА
ОБРАЗОВАНИЕ
АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ
КОМПЛЕКС



Организаторы: ОАО «Зарубеж-Экспо»

Поддержка: Совет Федерации, Государственная Дума, МИД РФ, Минэкономразвития, Минпромторг, Минэнерго, Минздрав, Россотрудничество, Посольство и Торгпредство России в РБ, МАФМ, Национальное Собрание, отраслевые министерства Республики Беларусь, Высший Государственный Совет и другие рабочие органы Союзного государства, Исполнительный комитет СНГ, Экономический совет СНГ, Евразийская экономическая комиссия (ЕЭК), Российско-Белорусский Деловой Совет.

Цель выставки: Укрепление экономических, гуманитарных, социально-культурных и политических связей между народами Российской Федерации и Республики Беларусь.

Патронат:
Торгово-промышленная палата
Российской Федерации и
Белорусская
торгово-промышленная палата

ОАО «Зарубеж-Экспо»
Москва, ул. Пречистенка, 10
+7(495) 637-50-79, 637-36-33, 637-36-66
многоканальный номер +7 (495) 721-32-36 info@zarubezhexpo.ru

*С праздником,
дорогие женщины!*



Полнотекстовая база нормативных документов в сфере энергетики

ENERGODOC.BY

Учредитель
МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Редакционная коллегия:

| | |
|-----------------|--|
| Закревский В.А. | к.т.н., заместитель Министра энергетики Республики Беларусь (председатель) |
| Каранкевич В.М. | первый заместитель Министра энергетики Республики Беларусь |
| Бородуля В.А. | член-корр. НАН Беларуси, д.т.н., профессор, зав. лабораторией Института тепло-и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси |
| Воронов Е.О. | генеральный директор ГПО «Белэнерго» |
| Клявза В.И. | начальник отдела охраны труда ОАО «Центроэнергопромонтаж» |
| Кордуба В.Г. | инженер-теплоэнергетик, заслуженный работник промышленности Республики Беларусь |
| 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» |
| Рудинский Л.И. | генеральный директор ГПО «Белтопгаз» |
| Русан В.И. | д.т.н., профессор БГАТУ |
| Рыков А.Н. | к.т.н., директор РУП «Белнипиэнергопром» |
| Седнин В.А. | д.т.н., профессор, заведующий кафедрой БНТУ (заместитель председателя) |
| Стриха И.И. | д.т.н., профессор, почетный энергетик Республики Беларусь |
| Якубович П.В. | директор РУП «БЕЛТЭИ» |

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ

| | |
|---|---|
| ТЭК Беларуси | 4 |
| Мировая энергетика. Прогнозы. Аналитика | 8 |

ПРИОРИТЕТЫ

| | |
|---|----|
| Закревский В.А., к.т.н., заместитель Министра энергетики Республики Беларусь | |
| Возобновляемая энергетика: «за» и «против» | 11 |

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

| | |
|--|----|
| Филазафович В.И., руководитель группы топливоиспользования ТНЦ филиала «Инженерный центр» ОАО «Белэнерго-ремналадка», Дубровенский А.Н., ведущий инженер-программист | |
| Технико-экономические показатели эксплуатации ПГУ 400 МВт. Часть 1 | 14 |

| | |
|--|----|
| Пицуха Е.А., к.т.н., старший научный сотрудник Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, Теплицкий Ю.С., д.т.н., ведущий научный сотрудник, Бучилко Э.К., научный сотрудник, Артамонов А.М., директор ООО «НПК Гранит», Новицкий А.Л., заместитель директора | |
| Использование гранитного песка в качестве инертного материала в котлах с кипящим слоем..... | 18 |

МНЕНИЕ СПЕЦИАЛИСТА

| | |
|---|----|
| Шевалдин М.А., м.т.н., начальник отдела эксплуатации релейной защиты и автоматики электрооборудования и электрических сетей ГПО «Белэнерго» | |
| Переход релейной защиты и автоматики на технологию «цифровая подстанция» назрел..... | 20 |

В БЛОКНОТ ГЛАВНОГО ЭНЕРГЕТИКА

| | |
|---|----|
| Киселев Н.Н., начальник энергоинспекции филиала «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго» | |
| Маркировка степени защиты электрооборудования и классы электротехнических изделий по способу защиты от поражения человека электрическим током | 24 |
| Вонелик А.Л., государственный инспектор по энергетическому надзору филиала «Энергонадзор» РУП «Гродноэнерго» | |
| Проблема перетопов и недотопов в жилых помещениях в отопительный период..... | 26 |

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГОНАДЗОР

| | |
|---|----|
| Сазонов И.Е., заместитель начальника Витебского МРО филиала «Энергонадзор» РУП «Витебскэнерго» | |
| Обслуживание электрических сетей многоквартирных жилых домов | 27 |
| Киселев Н.Н., начальник энергоинспекции филиала «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго», Коншин А.Н., руководитель группы инспекции Октябрьского района г. Гродно Гродненского межрайонного отделения филиала «Энергонадзор» РУП «Гродноэнерго», Русецкий Н.П., государственный инспектор – начальник Кировской энергоинспекции Бобруйского отделения филиала «Энергонадзор» РУП «Могилевэнерго» | |
| Современные подходы к профилактике электротравматизма | 31 |

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Миссии МАГАТЭ – независимая оценка на международном уровне.....34

Шпунтов Г.Г., начальник отдела УМО учебно-тренировочного центра
Белорусской АЭС

Четыре поколения ядерных реакторов36

ГАЗОСНАБЖЕНИЕТурлай Д.В., главный инженер Гродненского производственного
управления УП «Гродноблгаз»

Новые подходы и инновации в сфере оказания услуг39

Грунтович Н.В., д.т.н., главный научный сотрудник ГП «НИИ Белгипротопгаз»,
Мороз Д.Р., к.т.н., директор ГП «НИИ Белгипротопгаз»,
Шолоник В.Е., генеральный директор УП «МИНГАЗ»О необходимости изучения структуры и закономерностей
функционирования региональных систем газоснабжения42**НАУКА – ЭНЕРГЕТИКЕ**Романюк Ф.А., член-корреспондент НАН Беларуси, д.т.н., профессор БНТУ,
Новаш И.В., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Электрические станции»
БНТУ,

Румянцев В.Ю., к.т.н., доцент, заместитель декана по научной работе

энергетического факультета БНТУ,

Шевалдин М.А., м.т.н., аспирант БНТУ, начальник отдела РЗА

ГПО «Белэнерго»

Использование цифрового моделирования для разработки
и испытаний устройств релейной защиты.....46

Хрусталева Б.М., академик НАН Беларуси, ректор БНТУ,

Романюк В.Н., д.т.н., профессор,

Пехота А.Н., аспирант

К вопросу применения эксергетического метода термодинамического
анализа при оценке и разработке энергоиспользования
в промышленных теплотехнологиях.....50**ПРАВО**Каменков В.С., д.ю.н., профессор, заведующий кафедрой финансового
права и правового регулирования хозяйственной деятельности БГУ,
председатель ОО «Белорусский союз юристов»

Системный взгляд на правовые источники в энергетике57

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

Казазян В.Т., к.т.н., заведующий лабораторией,

Малыхин А.П., к.т.н., ведущий научный сотрудник

Правовое регулирование в сфере лицензирования деятельности
в области использования атомной энергии и источников
ионизирующего излучения60**СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ**

Национальный фонд ТНПА – энергетике64

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. |
| Редакторы | Никитина А.В. Моисеева Е.Н. |
| Компьютерный дизайн и верстка | Яценко О.А. |
| Корректор | Лемехова Д.Д. |
| Реклама | Бричкаевич А.А. |

Уважаемые рекламодатели!

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

220029, г. Минск, ул. Чичерина, 19
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 типографии Государственного
предприятия «СтройМедиаПроект»,
220123, г. Минск, ул. В. Хоружей, 13/61
Свидетельство ГРИИРПИ № 2/42 от 13.02.2014.
Печать офсетная. Бумага мелованная.
Подписано в печать 23.02.2017 г., формат 60x90¼,
тираж 1500 экз., заказ № 281.

ТЭК БЕЛАРУСИ

Новые назначения в Министерстве энергетики

В Министерстве энергетики Республики Беларусь состоялись новые назначения. В соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27 января 2017 года № 80 «Аб вызваленні і назначэнні некаторых службовых асоб» на должность первого заместителя Министра назначен Виктор Михайлович Каранкевич, ранее занимавший должность заместителя Министра, на должность заместителя Министра назначена Ольга Филипповна Прудникова, ранее работавшая начальником производственно-технического управления ГПО «Белэнерго».



Виктор Михайлович Каранкевич родился 1 августа 1976 года в г.п. Кировск Могилевской области. В 1997 году окончил Негосударственный институт современных знаний по специальности «Экономическая информатика», в 2005 году – Белорусский национальный технический университет по специальности «Теплоэнергетика», в 2010 году – с отличием Академию управления при Президенте Республики Беларусь по специальности «Государственное управление национальной экономикой».

Трудовую деятельность начинал в Белорусском государственном энергетическом концерне в должности специалиста отдела приватизации и управления госимуществом. Работал специалистом 1 категории управления экономики, ведущим специалистом Центра расчетов за перетоки, начальником финансового отдела – заместителем начальника управления финансов, учета и отчетности концерна. В 2006 году назначен на должность начальника главного экономического управления Министерства энергетики Республики Беларусь, в 2012 году – на должность заместителя Министра энергетики Республики Беларусь.



Ольга Филипповна Прудникова родилась 11 апреля 1967 года в г. Могилеве. В 1989 году окончила Могилевский машиностроительный институт по специальности «Физические методы и приборы контроля качества», в 1999 году – Белорусский негосударственный институт правоведения по специальности «Правоведение», в 2010 году – Академию управления при Президенте Республики Беларусь по специальности «Экономика и управление на предприятии промышленности».

В Белорусской энергосистеме – с 1989 года. Работала инженером ПТО Могилевских тепловых сетей, затем заместителем начальника теплотехнической службы, заместителем главного инженера – начальником ПТО РУП «Могилевэнерго». С 2010 года возглавляла производственно-технический отдел РУП «ОДУ», с 2013 года – производственно-техническое управление ГПО «Белэнерго».

В соответствии с приказом Министерства энергетики от 31 января 2017 года № 12-к В.М. Каранкевич и О.Ф. Прудникова приступили к исполнению новых обязанностей с 1 февраля.

Полоцкая ГЭС выдала первую мощность в сеть



20 февраля после успешной подготовительной работы включен в сеть один из пяти гидроагрегатов Полоцкой ГЭС для проведения пуско-наладочных работ. Генератор турбины

Г-3 уже несет номинальную нагрузку и будет отключен после проведения необходимых тестов. Разработана программа поэтапного подключения к сети агрегатов станции с учетом ожидаемого уровня воды. Окончательный пуск ГЭС ожидается летом 2017 года.

Строительство Полоцкой ГЭС на реке Западная Двина осуществляется в соответствии с Государственной программой строительства гидроэлектростанций в Республике Беларусь и Государственной программой развития Белорусской энергетической системы.

Реализация проекта включает сооружение гидроузла, строительство ложа водохранилища, монтаж оборудования для выдачи мощности и связи с энергосистемой. Установленная электрическая мощность Полоцкой ГЭС с пятью гидроагрегатами составит 21,66 МВт.

Энергетики Беларуси приняли участие в Белорусско-Суданском бизнес-форуме



В рамках визита государственной делегации Республики Беларусь во главе с Президентом Республики Беларусь А.Г. Лукашенко в Республику Судан, состоявшегося 16–17 января, в г. Хартуме прошел Белорусско-Суданский бизнес-форум, в котором приняли участие Министр энергетики Республики Беларусь В.Н. Потупчик, возглавляющий белорусскую часть межправительственной Белорусско-Суданской комиссии по сотрудничеству, а также представители ГПО «Белэнерго».

В.Н. Потупчик провел встречу с Министром нефти и газа Республики Судан М.З. Авадом, на которой был рассмотрен ход выполнения прежних договоренностей. В ходе встречи было также отмечено, что белорусские специалисты готовы участвовать в совместной реализации проектов по проектированию, строительству, реконструкции энергетических объектов на территории Судана.

Рассмотрена Программа формирования общего электроэнергетического рынка ЕАЭС

26 декабря в Санкт-Петербурге рассмотрена Программа формирования общего электроэнергетического рынка Евразийского экономического союза.

В рамках Программы планируется осуществить комплекс организационных, законодательных и технологических мероприятий, включая выработку и заключение международного договора о формировании ОЭР Союза, содержащий в том числе единые правила доступа к услугам субъектов естественных монополий в сфере электроэнергетики; а также принятие свода правил ОЭР Союза, включающего в том числе: правила взаимной торговли электрической энергией на ОЭР Союза; правила определения и распределения пропускной способности межгосударственных линий электропередачи; положение о развитии межгосударственных электрических сетей; правила информационного обмена.

Проектом документа предусмотрена разработка следующих предложений:

- по организации централизованной торговли электрической энергией в рамках ОЭР Союза, а также о механизме привлечения внебюджетных источников для финансирования модернизации существующих или создания новых торговых площадок – до 1 апреля 2017 года;

- о финансировании мероприятий по формированию ОЭР Союза – до 1 мая 2017 года;

- о возможности использования интегрированной информационной системы Союза и иных механизмов для формирования системы информационного обмена, обеспечивающей взаимодействие субъектов ОЭР Союза, а также предложений о финансировании мероприятий по формированию такой системы – до 1 января 2018 года.

После 1 июля 2019 года развитие и функционирование ОЭР Союза будут регулироваться международным договором, актами органов Союза и законодательством государств-членов.

Целью выполнения Программы является обеспечение готовности государств – членов Союза к участию субъектов электроэнергетических рынков государств-членов в ОЭР Союза и создание условий для его функционирования.

Утвержден Национальный план действий по развитию зеленой экономики в Беларуси до 2020 года

Постановлением Совета Министров от 21 декабря 2016 года утвержден Национальный план действий по развитию зеленой экономики в Беларуси до 2020 года. Приоритетными направлениями развития зеленой экономики названы развитие электротранспорта (инфраструктуры) и городской мобильности, реализация концепции «умных городов»; развитие строительства энергоэффективных жилых домов, повышение энергоэффективности жилищного фонда; снижение энергоемкости ВВП, повышение энергоэффективности; повышение потенциала использования возобновляемых источников энергии и др.

Стратегическая цель реализации плана – повышение качества жизни населения на основе роста конкурентоспособности экономики, привлечения инвестиций и инновационного развития.

В Беларуси завершила работу миссия SEED МАГАТЭ

С 16 по 20 января в Беларуси работала миссия МАГАТЭ по оценке проектирования площадки АЭС с учетом внешних событий (миссия SEED). Эксперты Агентства оценили с точки зрения международных требований безопасности устойчивость Островецкой площадки, а также систем, структур



и компонентов строящейся АЭС по отношению к внешним и внутренним рискам и угрозам. В том числе оценен запас прочности, заложенный в проекте с учетом постфукусимского опыта.

В состав миссии вошли представители МАГАТЭ и эксперты из Франции и Венгрии.

Подробнее читайте на стр. 34

Тренажеры блочного пульта управления АЭС допущены к работе

В рамках Генерального контракта на сооружение станции на полномасштабном и аналитическом тренажерах блочного пульта управления УТЦ 17 января началась подготовка оперативного персонала Белорусской АЭС.

Тестовое использование тренажеров осуществлялось на протяжении 2016 года. За этот период полномасштабный и аналитический тренажеры прошли приемо-сдаточные испытания, верификацию математической модели, валидацию учебно-тренировочных сценариев и решением приемочной комиссии от 16 января текущего года были допущены для использования в качестве технического средства обучения для подготовки оперативного персонала блочного пульта управления.



Специалисты организаций ГПО «Белэнерго» изучили опыт создания «цифровой подстанции» во Франции

Группа специалистов организаций ГПО «Белэнерго» в конце января посетила действующую «цифровую подстанцию» 225/90/20 кВ «Блоко» («Влюсах») во Франции. Подстанция «Блоко» 225/90 кВ является примером успешной реализации проекта реконструкции действующего объекта электроэнергетики как со стороны оптимизации технико-экономических показателей, так и с позиции применения современных и передовых технологий. Французские энергетики планируют использовать технологию «цифровая подстанция» на всех объектах высоковольтной распределительной сети энергосистемы Франции и к 2030 году перевести все подстанции RTE на новую технологию.

Белорусские энергетики планируют использовать полученный опыт при реализации проекта реконструкции высоковольтной подстанции 330 кВ «Могилев», а также других



проектов по строительству и реконструкции электроэнергетических объектов в Республике Беларусь.

Подробнее о технологии «цифровая подстанция» читайте на стр. 20

В Беларуси открыто новое месторождение нефти

Во время разведочного бурения поисковой скважины № 1 Угольской подсолевой структуры было открыто новое месторождение нефти, получившее название Угольское. Глубина скважины составляет 5218 м. Месторождение находится в пределах промежуточного блока регионального Речицко-Вишанского разлома Припятского прогиба.

Нефть Угольского месторождения относится к категории труднодоступных запасов, которые находятся на большой глубине и в низкопроницаемом коллекторе. Положительным фактором для разработки станет аномально высокое пластовое давление.

Геологические запасы нового месторождения оцениваются примерно в 1,7 млн т нефти. Более точная оценка будет дана после бурения в 2017 году разведочной скважины № 2– Угольская.

ГПО «Белэнерго» утвержден Комплекс мер по профилактике производственного травматизма

1 февраля приказом ГПО «Белэнерго» № 33 утвержден Комплекс мер ГПО «Белэнерго» по профилактике производственного травматизма в организациях, входящих в состав ГПО «Белэнерго», на 2017 год. Документом предусмотрены меры по соблюдению требований законодательства об охране труда, профилактике производственного травматизма, сокращению общего количества несчастных случаев, в том числе случаев, связанных с поражением электротехнического персонала электрическим током, а также ужесточение ответственности руководителей всех уровней за состояние условий и охраны труда.

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

Итоги года в цифрах и фактах

15 и 17 февраля состоялись заседания Советов ГПО «Белэнерго» и ГПО «Белтопгаз» соответственно, в ходе которых были подведены итоги работы организаций, входящих в состав объединений, в 2016 году.



БЕЛЭНЕРГО
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ



Белтопгаз
Государственное производственное объединение
по топливу и газификации

Достигнуты лучшие в истории Белорусской энергосистемы технико-экономические показатели

Удельный расход топлива:

- на отпуск электрической энергии снизился на 5,1 г/кВт·ч и составил **230,4 г/кВт·ч**;
- на отпуск тепловой энергии снизился на 0,46 кг/Гкал и составил **167,06 кг/Гкал**.

Технологический расход энергии на транспорт в сетях:

- электрической энергии – **8,92 %**;
- тепловой энергии – **9,16 %**.

Выработка электроэнергии электростанциями ГПО «Белэнерго» составила **30,04 млрд кВт·ч**.

Экономия (за счет реализации энергосберегающих мероприятий) – **192 тыс. т у.т.**

Использование местных топливно-энергетических ресурсов – **273,147 тыс. т у.т.**, в том числе ВИЭ – **149,621 тыс. т у.т.**

Освоение инвестиций в основной капитал – **842,7 млн руб.**

Темп роста инвестиций к 2015 году в сопоставимых условиях – **104,8 %**.

Объекты, введенные в эксплуатацию:

- Мини-ТЭЦ на местных видах топлива в г. Лунинце (вторая очередь строительства);
- Оршанская ТЭЦ. Замена турбоагрегата ст. № 1 мощностью 12,8 МВт;
- Брестская ТЭЦ. Замена котлоагрегата ст. № 1 и № 2;
- Могилевская ТЭЦ-1, строительство ГТУ мощностью 26,5 МВт;
- Гомельская ТЭЦ-2. Установка электрических котлов;
- Новогрудская ветроэлектрическая станция. Строительство 5 ветроустановок суммарной мощностью 7,5 МВт;
- Пусковые комплексы 3, 4, 5, 7 проекта «Строительство АЭС в Республике Беларусь. Выдача мощности и связь с энергосистемой»;
- ПС 110 кВ «Технопарк»;
- ПС 110 кВ «Староборисовская» с КЛ 110 кВ;
- Строительство (реконструкция) тепловых сетей – 88,5 км;
- Строительство (реконструкция) ВЛ 0,4–330 кВ – 1884,8 км.

Беларусь остается лидером в развитии газоснабжения

По состоянию на 1 января 2017 года природным газом газифицировано:

- **100 %** районов республики;
- **100 %** городов;
- **99 %** городских поселков.

Уровень газификации квартир природным газом – **75,4 %**, в том числе в сельской местности – **35,3 %**.

Прирост общей протяженности газопроводов природного газа в 2016 году – **2101,9 км**, в том числе в сельской местности – **1352 км**.

Газифицировано:

природным газом – **45,9 тыс.** квартир, в том числе в сельской местности – **17,2 тыс.**; переведено со сжиженного газа на природный – **14,9 тыс.** квартир.

Завершено строительство подводящего газопровода к заводу по производству металлического листа и белой жести в Витебской области.

Развитие торфяной промышленности

Добыто – более **1,583 млн т** торфа.

Произведено:

849,2 тыс. т топливных брикетов,

88,1 тыс. т сушенки.

Темп роста торфобрикетного производства составил **138,6 %**.

Реализация Государственной программы «Торф» в 2016 году

- построено 552,5 га новых площадей для добычи торфа;
- отведено под разработку торфяных месторождений 431,3 га новых земельных участков;
- завершены строительные-монтажные работы по реконструкции котельных ОАО «Старобинский торфобрикетный завод», ОАО «Гатча-Осовский»;
- продолжена реконструкция производственной зоны ОАО «ТБЗ Браславский» и др.

МИРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ПРОГНОЗЫ. АНАЛИТИКА

Мировой спрос на энергоресурсы вырастет

Согласно прогнозам British Petroleum (BP) мировой спрос на энергоресурсы к 2035 году вырастет примерно на 30 %, увеличиваясь в среднем на 1,3 % в год. При этом спрос на нефть будет расти в среднем на 0,7 % в год (половина прироста придется на Китай), но темпы роста будут постепенно замедляться. Замедление темпов роста спроса на нефть контрастирует с избытком мировых ресурсов нефти, отмечают эксперты BP. А это может привести к тому, что страны – производители нефти с низкой себестоимостью добычи, в частности ближневосточные члены ОПЕК, Россия и США, могут использовать конкурентные преимущества, чтобы увеличить долю на рынке, вытесняя производителей нефти с более высокой себестоимостью.



Россия останется самым крупным экспортером первичных энергоресурсов в мире, говорится в прогнозе BP. Российский экспорт обеспечит более 4 % мирового спроса. При этом экспорт нефти увеличится до 8,6 млн барр. в сутки, или 430 млн т. К 2035 году Россия постепенно увеличит добычу на 10 % по сравнению с 2016 годом. По этому показателю Россия будет уступать только США и Саудовской Аравии.

На фоне растущего спроса на мировых рынках производство газа в России к 2035 году увеличится на 28 % – до 71 млрд куб. футов в сутки, из них 34 млрд куб. футов в сутки пойдет на экспорт. По добыче газа Россия займет 2-е место в мире, но в отличие от США почти вся добыча будет вестись на традиционных месторождениях.

Нефть в России сохранит доминирующие позиции в транспортном секторе (92 % в 2035 году). Доля газа на транспорте вырастет с практически нулевой отметки ныне до 1 %. Газ останется основным топливом для выработки электроэнергии, несмотря на снижение его доли с 55 % в 2015 году до 54 % в 2035 году. Доля атомной энергии увеличится с 15 до 18 %, гидроэнергии – с 13 до 15 %. Доля угля снизится с 15 до 10 %, возобновляемых ресурсов – вырастет с нуля до 3 %. Рост энергопотребления в России (+2 % с 2015 по 2035 год) будет самым низким среди стран БРИК, в то время как в Индии (+129 %), Китае (+47 %), Бразилии (+41 %) оно будет расти значительно быстрее.

Несколько взглядов на будущее ТЭК

Энергетические эксперты считают, что мировое потребление газа через 15 лет вырастет на 30 % (считая от 3,5 трлн м³ в настоящее время). В течение ближайших 25 лет среднегодовые темпы роста потребления газа на планете будут в 3,5 раза выше, чем темпы увеличения потребления жидких углеводородов и угля.

Однако дефицит собственных энергетических ресурсов в развитых странах, являющихся импортерами газа, заставляет экспертное сообщество задуматься о возможностях угольного сегмента ТЭК. Предполагается, что через 15–20 лет мировую экономику накроет так называемая вторая угольная волна. Технологический прогресс к этому сроку сможет обеспечить экономическую рентабельность добычи недорогого антрацита и создаст условия для замещения им нефти и даже газа.

По мнению специалистов Института энергетических исследований Российской академии наук, в ближайшую четверть века ситуация в энергетической сфере будет стабильной, энергетических сенсаций не предвидится. Радикальной энергетической революции до 2040 года не ожидается – нынешние приоритеты сохранятся, традиционные нефть и газ не будут вытеснены альтернативными источниками энергии (ветер, солнце, биотопливо и др.). Приход эры «холодного синтеза водорода» также по времени откладывается.

Наоборот, нефть и особенно газ хоть и потеснятся, но сохранят свои передовые позиции. С учетом разных сценариев эксперты прогнозируют уверенный рост цены на них, вплоть до \$ 100–110 за баррель нефти к 2040 году.

Эксперты отмечают, что, с одной стороны, спрос на нефть и газ в ЕС, США и особенно в Японии будет снижаться. Эти страны благодаря невысоким темпам роста ВВП и программам энергосбережения уже прошли исторические пики технологического и бытового энергопотребления. С другой стороны, в Китае, Индии и других развивающихся странах необходимость в энергоресурсах только нарастает. При этом предложение упадет, ведь нынешние месторождения иссякают, а сланцевые источники не могут восполнить дефицит.



По мнению аналитиков, перед глобальной энергетикой сегодня стоят серьезные вызовы: резкое снижение цен на углеводороды; уже состоявшиеся и ожидаемые в будущем технологические прорывы; глобализация рынков быстрыми темпами и в результате – жесткое обострение конкуренции между их участниками; климатическая повестка, диктующая новые требования к производителям энергоресурсов; рост вмешательства в рыночные механизмы со стороны государства; существенное замедление темпов роста потребления топливно-энергетических ресурсов.

Перспективы роста электромобильного транспорта в Китае

По данным информационного агентства «Синьхуа», Китай планирует существенно нарастить объемы выпуска транспортных средств на новых источниках энергии, включающих в себя электромобили, «гибриды», а также автомобили, использующие топливные элементы. Так, в 2016 году было произведено 517 гибридных и электромобилей, а к 2020 году в планах увеличение их выпуска в четыре раза – до 2 млн единиц.

Оценивая перспективы этого направления, эксперты утверждают, что Китаю скорее всего удастся достичь намеченных показателей. Так, в 2015 году было продано 340,5 млн автомобилей на альтернативных источниках энергии, то есть в 2016 году рост составил 52 %. При этом необходимо отметить, что массовые продажи таких автомобилей начались только в 2014–2015 годах.



Рост продаж и спрос со стороны населения в первую очередь обусловлен развитием технологий. Прототипы электромобилей – давно не редкость, но лишь совсем недавно уровень технологий позволил начать их массовый выпуск при обеспечении приемлемой цены. Эти автомобили стали доступны широкому кругу потребителей. Вторым важнейшим фактором является государственная программа субсидирования. Продажа автомобилей на альтернативных источниках энергии освобождена от уплаты НДС, который в КНР составляет 17 %. Следующим шагом является отмена транспортного налога. Ко всему прочему, для развития инфраструктуры к 2020 году планируется построить сеть заправочных комплексов из расчета минимум одна станция на 2 тыс. автомобилей.

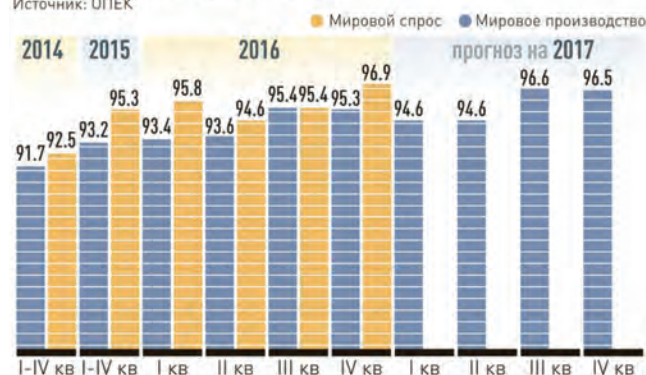
Можно выделить три основные цели, которые преследует Пекин. Во-первых, снижение экологической нагрузки и вредных выбросов в атмосферу, во-вторых, повышение собственной энергобезопасности. Зависимость от поставок энергоносителей делает Поднебесную достаточно уязвимой в условиях

нарастающей международной напряженности. В-третьих, это развитие технологий. Активное стимулирование отрасли производства автомобилей на альтернативных источниках энергии дает возможность китайским компаниям достичь уровня японских, немецких и американских производителей, успешно конкурируя с ними пока что на местном рынке. Стоит отметить, что в списке марок, на которые распространяются субсидии, в основном китайские автомобильные бренды.

Цена на нефть в 2017 году ниже \$ 50 не опустится

Эксперты прогнозируют, что ниже \$ 50 за баррель нефть в 2017 году не опустится, а рубеж в \$ 60 перейти может. Этот год особенный: после трех лет избытка нефти на мировом рынке вновь возникнет ее дефицит. Но этот дефицит может просуществовать недолго. Многое зависит от государственной политики США в этой сфере.

БАЛАНС СПРОСА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ НЕФТИ, МИЛЛИОНОВ БАРРЕЛЕЙ В СУТКИ
Источник: ОПЕК



По мнению специалистов, за период президентского срока Трампа, то есть к 2020 году, США смогут увеличить ежегодный уровень добычи на 1,5–2 млн барр. в день за счет изменения политики. Но серьезные проекты на шельфе требуют более длительного времени, чем разворачивание разработки сланцевой нефти.

С другой стороны, очевидно, что энергосбережение, возобновляемые источники энергии – это не то, на чем будут настаивать Трамп и его нефтяное лобби. Поэтому есть и некоторые позитивные ожидания для роста спроса на нефть в самих США. Хотя технологии альтернативных источников энергии в любом случае будут развиваться в Европе и Японии.

Если исходить из эмпирических закономерностей, то, пока цена нефти не преодолела \$ 60 за баррель, нет предпосылок к тому, чтобы США стали наращивать добычу. При цене ниже \$ 60 у них начинаются проблемы, поэтому в прошлом году добыча в США сократилась довольно существенно – на полмиллиона баррелей в день.

В мире в прошлом году сложится дефицит в районе 0,8 млн барр. в сутки. В среднегодовом исчислении на 1 млн барр. в день нарастила добычу ОПЕК (за счет Ирана) и на 0,7–0,8 млн снизили добычу США с Китаем, где, как и в Америке, при мировой цене нефти ниже \$ 60 экономическая обоснованность разработки месторождений сомнительна. Итого в 2016 году получен прирост мировой нефтедобычи на уровне 0,3–0,4 млн барр., тогда как в прошлые годы добавлялось в среднем 2,5 млн, то есть добыча стабилизировалась.

В странах ОПЕК в этом году снижение составит в среднем годовом выражении около полумиллиона баррелей в день, если исходить из того, что страны ОПЕК будут держаться 32,5 млн барр., как они договорились, или чуть больше в течение всего года. Если на снижение добычи ОПЕК наложится рост спроса, а он пойдет, видимо, стандартным темпом (плюс миллион баррелей с небольшим), то баланс улучшается на 1,5 млн барр.

В 2016 году существовал избыток нефти объемом 0,7–0,8 млн барр, примерно на таком же уровне в 2017 году сложится дефицит, считают эксперты. Во втором полугодии, по их мнению, дефицит нефти возрастет.

Мощность возобновляемой энергетики в мире растет

В 2017 году будет вводиться сравнительно немного новых электростанций, работающих на солнечной энергии. По мнению экспертов, для этого есть причины экономического характера. Вместе с тем аналитики исследовательской организации PV Market Alliance (PVMA) подсчитали, что за весь прошлый год было построено 75 ГВт фотоэлектрических солнечных электростанций, что на 50 % больше, чем за 2015 год. В настоящее время вся установленная мощность мировой фотоэлектрической солнечной энергетики превысила 300 ГВт.

В России пока темпы прироста мощностей возобновляемой энергетики незначительны – в прошлом году они составили всего 70 МВт. В 2017-м и последующие годы, утверждают аналитики, в мировой солнечной энергетике вырастет значение Ближнего Востока и Африки, которые обладают богатыми солнечными ресурсами, но только недавно начали развитие отрасли.



Глобальный же прогноз на 2017 год довольно консервативен, в первую очередь из-за планового снижения темпов развития в Китае. Пессимистичный сценарий предполагает ввод 65 ГВт новых фотоэлектрических мощностей. В то же время эта цифра может и вырасти благодаря появлению новых технологий. Так, например, японские ученые предложили вариант, при котором КПД солнечных батарей вырастет вдвое – с 20 до 40 %. Для этого надо применять кремниевые платы, что позволяет более эффективно использовать солнечное тепло при уменьшении размера солнечных батарей.

Весьма показательно, что прирост числа электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии, дает и серьезное увеличение числа рабочих мест. Так, например, в США солнечная энергетика обеспечила работой в 2016 году 43 % американцев, работающих в энергетической сфере, а традиционные предприятия – лишь 22 % занятых в отрасли.

Договоренности о сокращении добычи нефти в силе

30 ноября 2016 года страны ОПЕК договорились сократить нефтедобычу на 1,2 млн – до 32,5 млн барр. в сутки с 1 января 2017 года. Россия обещала снизить добычу на 300 тыс. барр. в сутки, еще на 258 тыс. барр. – 10 стран, входящих в ОПЕК. Общее сокращение производства всеми странами должно составить около 1,8 млн барр. в сутки.



В январе страны – производители нефти, которые в прошлом году договорились сокращать добычу, снизили производство на 1,5 млн барр. в сутки. По мнению специалистов, баланс спроса и предложения на рынке нефти будет достигнут уже в конце первого полугодия 2017 года.

Россия в январе снизила добычу на 100 тыс. барр. – до 11,15 млн барр. в сутки. Вторая страна по объему добычи нефти в мире – Саудовская Аравия – сейчас добывает меньше 10 млн барр. нефти в сутки и надеется следовать этим значениям.

Несмотря на то что первые результаты действия соглашения обнадеживают, полмесяца – слишком короткий срок для выводов. Реальные результаты будут видны к весне, когда начнет расти спрос на нефть и прояснится ситуация с добычей в ряде стран, а также конкретизируется энергетическая политика президента США Дональда Трампа, отметили эксперты.

США – третья по добыче нефти страна в мире – к соглашению не присоединились. При этом Трамп заявлял, что хочет добиться энергетической независимости страны от ОПЕК. Рост цен может привести к росту производства в США, что нивелирует договоренности других стран сократить предложение, считают эксперты. Буровая активность американских производителей уже растет. По данным на 13 января, добыча в США составила 8,94 млн барр. в сутки.

Вместе с тем производители нефти считают, что не стоит опасаться роста нефтедобычи в США в результате роста цен на нефть, ведь увеличивается и спрос. Международное энергетическое агентство ожидает, что мировой спрос на нефть в 2017 году вырастет до 97,8 млн барр. в сутки по сравнению с 96,5 млн барр. в сутки годом ранее.

Рынок сейчас ожидает, как быстро будет восстанавливаться американская сланцевая промышленность и в целом инвестиционная активность в мире. По мнению аналитиков, резкого роста цен на нефть ждать не стоит. Для того чтобы нефть находилась в коридоре от \$ 50 до \$ 60 за баррель, страны должны выполнить договоренности о сокращении хотя бы на 70–80 %.

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

ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА: «ЗА» И «ПРОТИВ»

Концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 23 декабря 2015 года № 1084, предусмотрено к 2020 году обеспечить долю первичной энергии из возобновляемых источников энергии в валовом потреблении топливно-энергетических ресурсов не менее 6 %. Вместе с тем Указом Президента от 18 мая 2015 года № 209 «Об использовании возобновляемых источников энергии» был регламентирован порядок создания, модернизации, реконструкции действующих установок посредством квот, что вызвало неоднозначную реакцию общества. В статье рассмотрены основные аспекты проблемы.



В.А. ЗАКРЕВСКИЙ,
к.т.н., заместитель
Министра энергетики
Республики Беларусь

Развитие возобновляемой энергетики остается актуальным

Республика Беларусь не обладает достаточными для полного обеспечения экономики и социальной сферы собственными топливно-энергетическими ресурсами, значительную их часть стране приходится импортировать. В этих условиях использование возобновляемых источников энергии является одним из актуальных направлений развития энергетической сферы республики и важным аспектом диверсификации ТЭР.

Основные принципы государственной политики в этой сфере определены Законом Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии», вступившим в силу в 2010 году. В республике также был разработан и реализован ряд национальных и государственных программ, направленных на развитие местных и возобновляемых источников энергии. В результате по состоянию на 1 января 2017 года суммарная установленная мощность электростанций Белорусской энергосистемы, использующих возобновляемые источники энергии, составила 186,2 МВт, в том числе мощность гидроэлектростанций республики достигла 33,63 МВт; ветроэлектростанций – 70,4 МВт; фотоэлектрических станций – 50,9 МВт; биогазовых электростанций – 24,4 МВт;

электростанций, использующих древесное топливо и другие виды биомассы, – 6,6 МВт.

В настоящее время развитие электроэнергетики Беларуси осуществляется в соответствии с Комплексным планом развития электроэнергетической сферы до 2025 года с учетом ввода Белорусской атомной станции и разработанной на его основе Отраслевой программой развития электроэнергетики на 2016–2020 годы, которой также предусмотрены меры по поддержке возобновляемой энергетики.

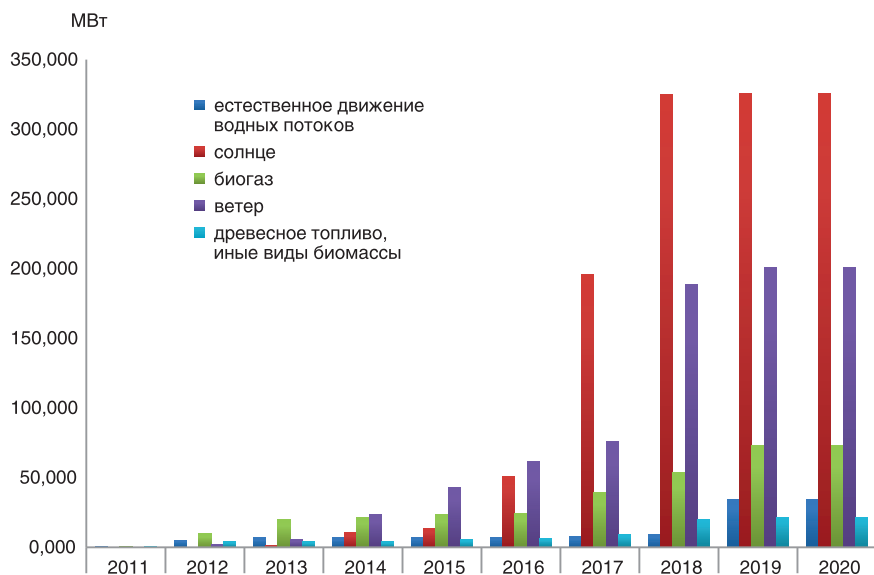
Развитие Белорусской энергосистемы, в том числе и энергоисточников с использованием ВИЭ, позволит к 2020 году сэкономить не менее 850 тыс. т у.т. топливно-энергетических ресурсов в ГПО «Белэнерго», снизить долю доминирующего ресурса (природного газа) в производстве тепловой и электрической энергии до 70 %, уменьшить использование природного газа на 3,4 млн т у.т. (2,5 млрд м³), в том числе на 0,15 млн т у.т. – за счет использования местных топливно-энергетических ресурсов. Кроме того, планируется увеличить использование местных ТЭР на объектах энергетики за счет ввода новых энергоисточников до 151,1 тыс. т у.т.; выработать на базе возобновляемых источников энергии на объектах ГПО «Белэнерго» порядка 380,0 млн кВт·ч.

Прогнозируется, что с учетом объектов, создаваемых организациями ГПО «Белэнерго», к 2020 году установленная мощность установок по использованию возобновляемых источников энергии достигнет уровня 798 МВт, что составит 6 % от установленной мощности объединенной энергосистемы, в том числе 655,6 МВт будет эксплуатироваться юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями. В этом и кроется главная проблема.

Стимулирование развития возобновляемой энергетики и его последствия

В целях стимулирования использования субъектами хозяйствования альтернативных способов получения энергии Законом Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» для владельцев установок на возобновляемых видах топлива были установлены тарифы с применением повышающих коэффициентов. Например, при использовании энергии солнца коэффициент равен 3, энергии ветра и биогаза – 1,3 и т.д. Согласно Закону владельцы подобных станций имеют право продавать электроэнергию с повышающими коэффициентами в течение первых 10 лет с момента установки.

Документом также определено, что государственные энергоснабжающие ор-



Динамика изменения установленной мощности установок по использованию ВИЭ

ганизации, приобретая с применением повышающих коэффициентов энергию, производимую из возобновляемых источников энергии, должны включать затраты в полезный отпуск энергии (себестоимость) производства электрической энергии. Таким образом, чем больше установок по использованию возобновляемых источников энергии будет создаваться юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, тем значительно станут затраты на покупку «зеленой энергии».

В настоящее время затраты на производство 1 кВт·ч электроэнергии на энергоисточниках ГПО «Белэнерго» составляют 9,8 копейки. При этом государственные энергоснабжающие организации обязаны покупать электроэнергию от установок, использующих энергию солнца, не менее чем за 53 копейки, от установок, использующих энергию ветра и воды, – не менее чем за 28 копеек, а от установок, использующих энергию биомассы и биогаза, – не менее чем за 30 копеек.

В настоящее время более 96 % электроэнергии, выработанной установками по использованию возобновляемых источников энергии, поставляется в государственную электрическую сеть. С 2012 по 2015 год объем поставки выработанной из ВИЭ электроэнергии в Белорусскую энергосистему увеличился более чем в 5 раз – с 33,2 млн кВт·ч до 173,1 млн кВт·ч. Только в 2015 году затраты энергоснабжающих организаций на покупку «зеленой» электроэнергии составили \$ 31,1 млн, в то время как выработка аналогичного объема электроэнергии

на энергоисточниках ГПО «Белэнерго» обошлась бы значительно дешевле – в \$ 8,6 млн, то есть переплата за приобретенную электроэнергию из ВИЭ составила \$ 22,5 млн.

Безусловно, с экономической точки зрения такое положение дел негативно влияет на развитие Белорусской энергосистемы. Если учесть, что в 2020 году объем выработки электроэнергии установками по использованию возобновляемых источников энергии более чем в 4,4 раза превысит аналогичный показатель 2016 года, то на покупку электроэнергии, выработанной на основе ВИЭ, энергоснабжающие организации потратят столько, что это сведет к нулю весь эффект снижения затрат на полезный отпуск энергии, полученный Белорусской энергосистемой от экономии топливно-энергетических ресурсов в эквиваленте природного газа за период с 2006 по 2015 годы.

Квоты на создание установок по использованию ВИЭ

Шагом к решению этой проблемы стало подписание Указа Президента от 18 мая 2015 года № 209 «Об использовании возобновляемых источников энергии». Документом предусмотрено, что создание новых, модернизация, реконструкция действующих установок по использованию ВИЭ должны осуществляться в пределах квот. Порядок установления и распределения был утвержден Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 6 августа 2015 года № 662, а Республиканская межведомственная

комиссия по установлению и распределению квот утвердила квоты по использованию ВИЭ на 2017–2019 годы суммарной электрической мощностью 117,42 МВт, в том числе с использованием энергии биогаза – 20 МВт, ветра – 11 МВт, солнца – 1,55 МВт, движения водных потоков – 73,59 МВт, биомассы (дрова, щепа) – 11,28 МВт.

Хочу подчеркнуть, что квоты устанавливаются только для тех установок, при эксплуатации которых планируется реализовывать электроэнергию ГПО «Белэнерго». На создание установок для собственной хозяйственной деятельности квоты не распространяются.

Между тем вопрос квотирования продолжает неоднозначно восприниматься в обществе. Сторонники отмены квот считают, что квотирование существенно тормозит процесс развития возобновляемой энергетики. Некоторые из них аргументируют свою позицию тем, что использование возобновляемых источников энергии позволяет экономить валюту за счет снижения объемов покупки природного газа.

Однако эти аргументы нельзя считать обоснованными. Дело в том, что оборудование для установок по использованию возобновляемых источников энергии не производится в республике, а приобретается за валюту. Соответственно, ни о какой экономии в данном случае говорить не приходится. Кроме того, как правило, большая часть установок по использованию возобновляемых источников энергии создается иностранными инвесторами, и прибыль, получаемая ими от продажи электрической энергии, не остается в республике.

Таким образом, к вопросу развития возобновляемой энергетики необходимо подходить взвешенно и рационально, принимая во внимание все «за» и «против».

Обеспечение баланса Белорусской энергосистемы

Еще одним фактором, определяющим позицию Минэнерго в решении вопросов развития до 2020 года установок по использованию возобновляемых источников энергии, стала тенденция снижения энергопотребления, возникшая в республике в последние годы.

Когда обосновывалась необходимость строительства в республике атомной станции, прогнозировалось, что к 2020 году электропотребление в республике достигнет 47 млрд кВт·ч. В связи с тем что темпы роста электропотребления

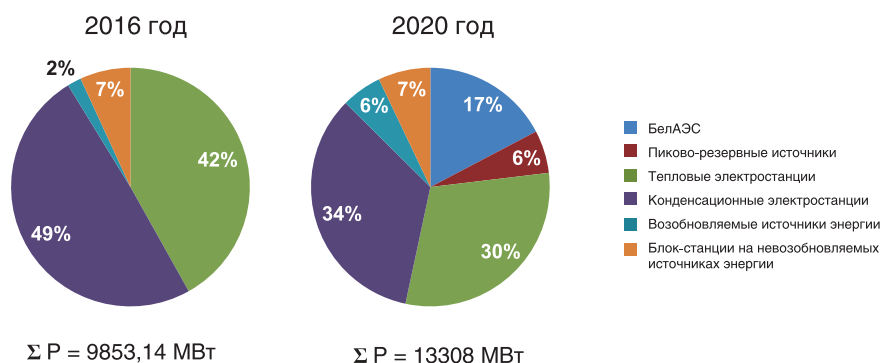
в последние годы снизились, Концепцией энергетической безопасности прогноз был пересмотрен в сторону понижения. В настоящее время он оценивается на уровне 39,9 млрд кВт·ч, что без реализации мероприятий по режимной интеграции Белорусской АЭС в энергосистему приведет к небалансу электрических мощностей. В отопительный период небаланс может достигать до 1445 МВт, в межотопительный – до 1235 МВт. Наиболее неблагоприятные условия работы оборудования на электростанциях создаются в ночное время (с полуночи до 7 часов) при предельном снижении нагрузки энергосистемы.

Обеспечение баланса электрических мощностей ОЭС Беларуси в ночные часы отопительного периода с учетом ввода Белорусской АЭС потребует останова всех конденсационных энергоблоков, а также частично и теплофикационных на ночные часы. Такая мера не может быть принята, поскольку это негативно скажется на надежности и безопасности работы электростанций.

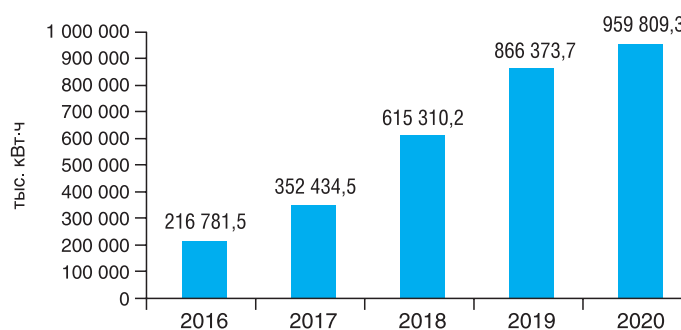
Оптимальным решением является реализация дополнительных технических мероприятий. Одним из значимых мероприятий должна стать установка электрокотлов на объектах ГПО «Белэнерго» общей мощностью 985 МВт, в том числе 156 МВт в котельных и 774 МВт – на ТЭЦ. Это позволит использовать для отопления и горячего водоснабжения вместо природного газа избыточную электроэнергию. В котельных в ночные часы (около 7 часов) тепловая энергия будет аккумулироваться для обеспечения потребителей теплом и горячим водоснабжением в течение последующих 17 часов.

Надо отметить, что установка электрокотлов в запланированных масштабах – дорогостоящее мероприятие, которое энергоснабжающие организации осуществляют без государственной поддержки, поэтому Министерство энергетики считает, что единственно правильное решение – ограничить до 2020 года создание юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями установок по использованию возобновляемых источников энергии в пределах выделенных квот на 2016–2019 годы, а также значительно сократить строительство блок-станций, работающих на высококалорийном топливе (природный газ, мазут и т.д.).

По нашему мнению, установленная мощность энергообъектов на ВИЭ,



Структура установленной мощности ОЭС Беларуси



Прогнозируемая поставка электрической энергии установками по использованию ВИЭ

вводимых в период 2016–2020 годов, не должна превысить 563 МВт, из которых 158 МВт будет построено в рамках выделенных квот, 405 МВт – в рамках ранее заключенных инвестиционных договоров.

Заключение

В конце прошлого года Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1061 был утвержден Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь до 2020 года, которым, в частности, отмечено, что в стране созданы условия для производства электрической и тепловой энергии с использованием возобновляемых источников энергии (биомассы, ветра, солнца, биогаза, энергии естественного движения водных потоков), учитывающие тенденции изменения прогнозного топливно-энергетического баланса. Таким образом, позиция Министерства энергетики в отношении квотирования создания энергоустановок, использующих возобновляемые источники энергии, получила государственную поддержку.

Принимая решения по развитию возобновляемой энергетики, необходимо иметь в виду то влияние, которое оказывает увеличение количества энерго-

объектов на ВИЭ, эксплуатируемых юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями для выработки электроэнергии, на финансово-хозяйственную деятельность государственных энерго-снабжающих организаций.

Развитие Белорусской энергетической системы определяется необходимостью обеспечения потребителей республики тепловой и электрической энергией в условиях самобалансирования. Полной удовлетворенности потребителей в энергоресурсах можно достичь лишь при условии создания надежной и качественной энергетической инфраструктуры. Поэтому до ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС необходимо значительно снизить (ввести мораторий) темпы создания блок-станций, работающих с использованием возобновляемых источников энергии и импортируемого природного газа.

Более того, использование населением и юридическими лицами электроэнергии для целей отопления и горячего водоснабжения будет способствовать значительному сокращению затрат как на интеграцию Белорусской АЭС в Объединенную энергосистему, так и дальнейшему снижению импорта природного газа.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПГУ 400 МВт

В статье анализируются технико-экономические показатели работы трех конденсационных энергоблоков ПГУ, полученные по результатам их тепловых испытаний, что позволило авторам определить эффективность функционирования данных энергоблоков в диапазоне нагрузок 60–100 % номинальной мощности. Анализ выполнен на основании методики, разработанной специалистами ОАО «Белэнергоремналадка».

Часть 1

В течение 2011–2014 годов в Республике Беларусь введены в эксплуатацию три энергоблока ПГУ мощностью около 400 МВт на трех ТЭС (условно обозначим их как ТЭС № 1, ТЭС № 2 и ТЭС № 3). Из них два энергоблока выполнены практически по одному проекту (ТЭС № 1 и ТЭС № 2) с энергетической газотурбинной установкой SGT5-PAC 4000F (Siemens/Shanghai Electric Group Co., Ltd) номинальной мощностью 285,87 МВт, котлом-утилизатором с тремя парогенерирующими контурами трех давлений NG-54000F-R (Hangzhou Boiler Group Co., Ltd) со вспомогательными системами. Каждый энергоблок (далее – ПГУ-427) оснащен оборудованием подготовки топливного газа: комплектом с двумя дожимными компрессорами 1R1MSGPB-3RCG/30 (рабочая и резервная линии) производства Cameron, США; генератором газовой турбины с системой возбуждения SGen-5-1000A (Siemens/Shanghai Electric Group Co., Ltd); паровой конденсационной турбиной LZN140-12,78/2,937/0,391 и генератором паровой турбины с системой возбуждения QF-141-2 (Shanghai Electric Group Co., Ltd) с вспомогательными системами.

На ТЭС № 3 энергетическая газотурбинная установка M701F имеет один общий вал с двухцилиндровой конденсационной турбиной TC2F-35.4 (завод «ПТУ Восток», КНР) и общий генератор QFR-400-2-20 409,7 МВт (одновальная конструкция). В состав ПГУ входит котел-утилизатор с утилизационной котельной установкой DG284/10.51/40/3.62/49/0.49-M104 (ООО «Котел Восток-Хитачи», КНР).

Энергоблок ТЭС № 3 отличается несколько меньшей мощностью (399,6 МВт) и схемой расположения пароперегревателей высокого давления (ВД) и вторичного промпрегрева. Кроме того, энергоблок ПГУ-399,6 имеет более низкое по сравнению с ПГУ-427 значение давления пара ВД за котлом-утилизатором (КУ), а значит и более низкое значение показателей в части экономичности паротурбинной установки (ПТУ) в составе ПГУ.

Проектные данные энергоблоков, используемые для анализа ТЭП при условиях ISO, приведены в таблице 1, пересчитанные на местные условия работы ПГУ – в таблице 2.

Сразу после ввода блоков в эксплуатацию были проведены гарантийные испытания. Результаты испытаний подтвердили достижение гарантируемых контрактами показателей на всех энергоблоках.

Для разработки постоянно действующих нормативно-технических документов по топливоиспользованию (НТД ТИ) на каждом из энергоблоков специалистами ОАО «Белэнергоремналадка» были проведены тепловые испытания в диапазоне работы от технического минимума до максимальной электрической нагрузки при различных температурах наружного воздуха. Обработка данных, полученных по результатам испытаний, выполнялась на основании рекомендаций международных стандартов, использованных при проведении гарантийных испытаний. Для анализа и представления результатов испытаний в виде, соответствующем требованиям



В.И. ФИЛАЗАФОВИЧ,
руководитель группы
топливоиспользования ТНЦ
филиала «Инженерный центр»
ОАО «Белэнергоремналадка»



А.Н. ДУБРОВЕНСКИЙ,
ведущий инженер-
программист

Таблица 1. Основные проектные характеристики ПГУ при условиях ISO

| Параметр | ТЭС № 1 | ТЭС № 2 | ТЭС № 3 | Примечания |
|--|---|---------|----------|---|
| Барометрическое давление, кПа | 101,325 | 101,325 | 101,325 | Условия ISO |
| Температура наружного воздуха, °С | 15 | 15 | 15 | Условия ISO |
| Относительная влажность воздуха, % | 60 | 60 | 60 | Условия ISO |
| Коэффициент мощности генератора ГТУ, о.е. | 0,85 | 0,85 | 0,85* | *Приведен условно, так как энергоблок одновальный |
| Коэффициент мощности генератора ПТУ, о.е. | 0,85 | 0,85 | 0,85* | *Приведен условно, так как энергоблок одновальный |
| Абсолютное давление в конденсаторе, кПа | 4,83 | 4,83 | 4,83 | – |
| Расход циркуляционной воды через конденсатор, т/ч | 24 000 | 24 000 | 24 000 | – |
| Температура циркуляционной воды на входе в конденсатор, °С | 12 | 12 | 12 | – |
| Количество работающих циркуляционных насосов, шт. | 2 | 2 | 2 | – |
| Количество электрических генераторов, шт. | 2 | 2 | 1 | – |
| Прочие условия | Величина продувки из барабанов котла-утилизатора равна нулю, подпитка энергоблока химобессоленной водой отсутствует | | | – |
| Мощность ГТУ, МВт | 285,87 | 285,87 | 270* | *Приведено расчетное значение |
| Мощность ПТУ, МВт | 141,13 | 141,13 | 129,6* | *Приведено расчетное значение |
| Мощность ПГУ, МВт | 427 | 427 | 399,6 | |
| Мощность механизмов собственных нужд, % | 2,6 | 2,6 | 1,8* | *Без учета мощности циркуляционных насосов; мощность циркуляционных насосов находится на уровне 1 % от мощности ПГУ |
| КПД ПГУ брутто, % | – | – | 57 | Для ТЭС № 1 и № 2 контрактом не устанавливался |
| КПД ПГУ нетто, % | 57,01 | 57,02 | – | Для ТЭС № 3 контрактом не устанавливался |
| Удельный расход топлива на отпуск электроэнергии, г/кВт·ч | 212,0 | 212,0 | 220,0 | По данным временных НТД ТИ |
| Удельный расход тепла на выработку электроэнергии ПТУ, кДж/кВт·ч | 9640,0 | 9640,0 | 10 050,0 | По данным временных НТД ТИ |
| Давление пара ВД за КУ, МПа | 13,34 | 13,34 | 10,60 | |
| Температура пара ВД за КУ, °С | 565,0 | 565,0 | 540,0 | |
| Давление пара вторичного промперегрева за КУ, МПа | 3,03 | 3,03 | 3,53 | |
| Температура пара вторичного промперегрева за КУ, °С | 553,0 | 553,0 | 568,0 | |
| Температура выхлопных газов за ГТУ, °С | 583,7 | 583,7 | 590,5 | |
| Температура уходящих газов за КУ, °С | 90 | 90 | 87 | |

действующих в энергосистеме руководящих документов, регламентирующих порядок ведения технического учета, отчетности и анализа топливоиспользования на ТЭС [3], применена методика расчета технико-экономических показателей ПГУ [1, 2], разработанная ОАО «Белэнергоремналадка» совместно с БНТУ для установок, в которых для выработки электроэнергии и теплоты различными способами объединены *газовая и паросиловая части* (ГПЧ и ПСЧ).

В методике используется понятие «условный котел», включающее высокотемпературный тепловой двигатель и утилизационный контур сбросной теплоты двигателя. В общем случае «условный котел» рассматривается как комплекс, в котором топливо сжигается как в камере сгорания теплового двигателя (или нескольких камерах сгорания при наличии промежуточного подвода теплоты), так и непосредственно в котельной установке (например, в дожигающих устройствах котла-утилизатора). При этом от условного котла отпускается как электроэнергия, вырабатываемая тепловым двигателем, так и теплота (с сетевой водой, паром потребителю, рабочим паром на приключенную паровую турбину и пр.).

Для рассматриваемых ПГУ конденсационного типа отпуск электроэнергии от ПГУ определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{ПГУ}} = \mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{ГПЧ}} + \mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{ПСЧ}}, \quad (1)$$

отпуск электроэнергии от газопаровой части (ГПЧ) определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{ГПЧ}} = \mathcal{E}_{\text{выр}}^{\text{ГПЧ}} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{\text{ГПЧ}}, \quad (2)$$

отпуск электроэнергии от паросиловой части (ПСЧ) определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{ПСЧ}} = \mathcal{E}_{\text{выр}}^{\text{ПСЧ}} - \mathcal{E}_{\text{сн}}^{\text{ПСЧ}}, \quad (3)$$

удельный расход топлива на отпуск электроэнергии от ПГУ определяется по формуле:

$$b_{\mathcal{E}}^{\text{ПГУ}} = 1000 \times \frac{B_{\mathcal{E}}^{\text{ГПЧ}} + B_{\mathcal{E}}^{\text{ПСЧ}}}{\mathcal{E}_{\text{отп}}^{\text{ПГУ}}}, \quad (4)$$

Таблица 2. Основные проектные характеристики ПГУ, пересчитанные на местные условия работы ПГУ

| Параметр | ТЭС № 1 | ТЭС № 2 | ТЭС № 3 | Примечания |
|--|--|---------|----------|-------------------------------|
| Барометрическое давление, кПа | 99 | 99 | 99 | Местные условия |
| Температура наружного воздуха, °С | 15 | 15 | 15 | Местные условия |
| Относительная влажность воздуха, % | 60 | 60 | 60 | Местные условия |
| Коэффициент мощности генератора ГТУ, о.е. | 0,9 | 0,9 | 0,9 | |
| Коэффициент мощности генератора ПТУ, о.е. | 0,9 | 0,9 | 0,9 | |
| Абсолютное давление в конденсаторе, кПа | 5 | 5 | 5 | |
| Расход циркуляционной воды через конденсатор, т/ч | 24 000 | 24 000 | 24 000 | |
| Температура циркуляционной воды на входе в конденсатор, °С | 12 | 12 | 12 | |
| Количество работающих циркуляционных насосов, шт. | 2 | 2 | 2 | |
| Прочие условия | Величина продувки из барабанов котла-утилизатора равна 1 % | | | |
| Мощность ГТУ (проектное значение), МВт | 279,3 | 279,3 | 263,8* | *Приведено расчетное значение |
| Мощность ПТУ (проектное значение), МВт | 137,7 | 137,7 | 126,2* | *Приведено расчетное значение |
| Мощность ПГУ (проектное значение), МВт | 417 | 417 | 390 | |
| Доля мощности ПТУ в общей мощности энергоблока (проектное значение), % | 33,02 | 33,02 | 32,36 | |
| КПД условного котла, % | 92,60 | 92,60 | 92,80 | По данным временных НТД ТИ |
| Удельный расход топлива на отпуск электроэнергии, г/кВт·ч | 212,0 | 212,0 | 220,0 | По данным временных НТД ТИ |
| Удельный расход тепла на выработку электроэнергии ПТУ, кДж/кВт·ч | 9640,0 | 9640,0 | 10 250,0 | По данным временных НТД ТИ |
| Давление пара ВД за КУ, МПа | 13,04 | 13,04 | 10,36 | |
| Температура пара ВД за КУ, °С | 565,0 | 565,0 | 540,0 | |
| Давление пара вторичного промперегрева за КУ, МПа | 2,96 | 2,96 | 3,45 | |
| Температура пара вторичного промперегрева за КУ, °С | 553,0 | 553,0 | 568,0 | |
| Температура выхлопных газов за ГТУ, °С | 583,7 | 583,7 | 590,5 | |
| Температура уходящих газов за КУ, °С | 90 | 90 | 87 | |

расход топлива на отпуск электроэнергии от ГПЧ определяется по формуле:

$$B_{\text{Э}}^{\text{ГПЧ}} = \frac{b_{\text{Э}}^{\text{ГПЧ}} \times \text{Э}_{\text{отп}}^{\text{ГПЧ}}}{1000}, \quad (5)$$

расход топлива на отпуск электроэнергии от ПСЧ определяется по формуле:

$$B_{\text{Э}}^{\text{ПСЧ}} = \frac{b_{\text{Э}}^{\text{ПСЧ}} \times \text{Э}_{\text{отп}}^{\text{ПСЧ}}}{1000}. \quad (6)$$

Для проведения структурного анализа работы ПГУ используется понятие относительного отпуска электроэнергии от ПТУ в составе ПГУ:

$$\alpha_{\text{ПТУ}}^{\text{ПГУ}} = \frac{\text{Э}_{\text{отп}}^{\text{ПСЧ}}}{\text{Э}_{\text{отп}}^{\text{ГПЧ}} + \text{Э}_{\text{отп}}^{\text{ПСЧ}}} \times 100 \%. \quad (7)$$

В этом случае формула (4) может быть переписана в виде:

$$b_{\text{Э}}^{\text{ПГУ}} = \frac{b_{\text{Э}}^{\text{ГПЧ}} \times \alpha_{\text{ПТУ}}^{\text{ПГУ}} + b_{\text{Э}}^{\text{ПСЧ}} \times (100 - \alpha_{\text{ПТУ}}^{\text{ПГУ}})}{100}. \quad (8)$$

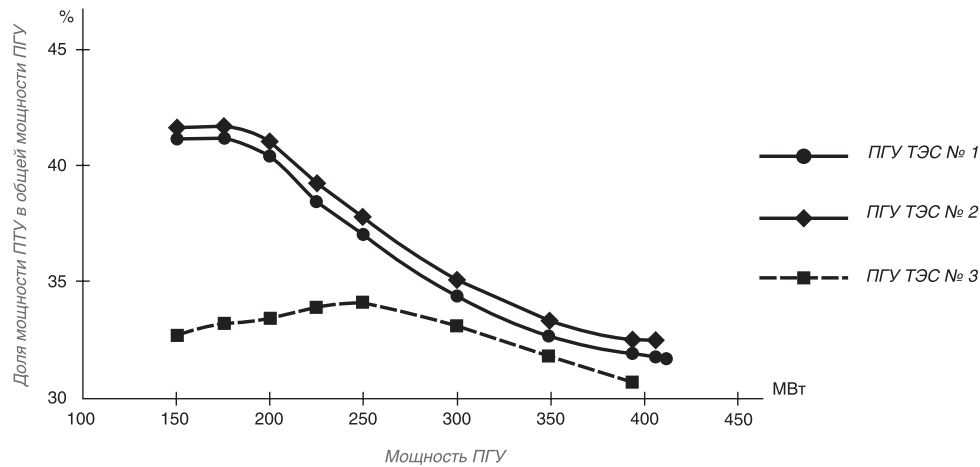
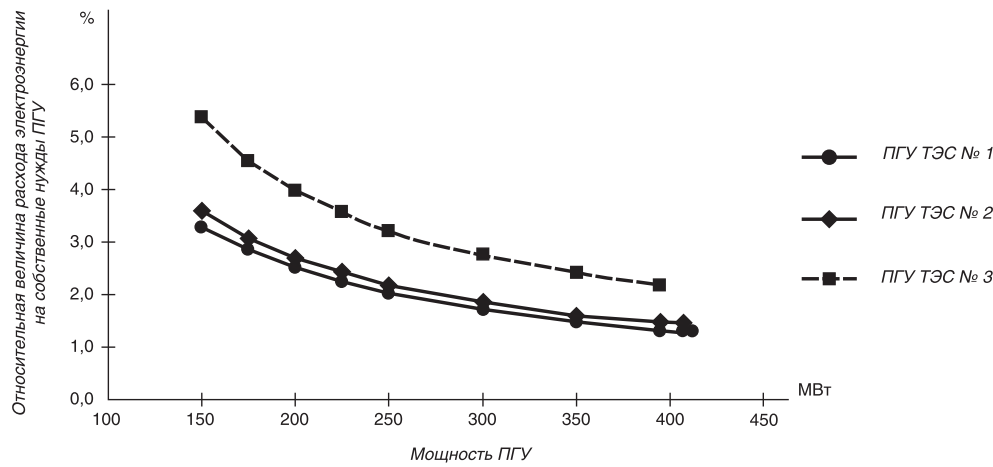
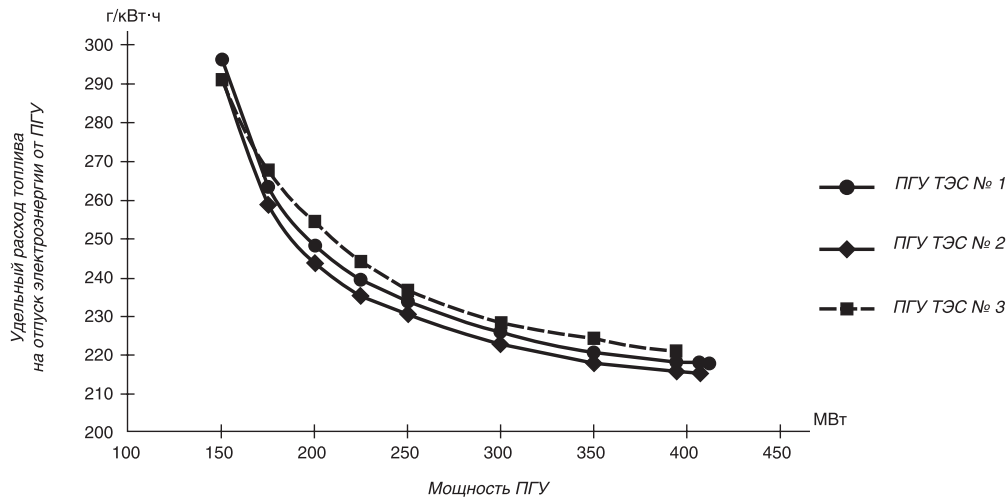
Анализ работы ПГУ, проведенный по итогам испытаний, выполнен в диапазоне нагрузок 40–100 % номинальной электрической мощности. Для расчета и построения графических зависимостей использованы данные [4, 5, 6].

Исходя из особенностей работы энергоблоков для анализа рассматриваются два характерных диапазона их работы: 60–100 % номинальной мощности и менее 60 % номинальной мощности.

На рисунке приведены основные энергетические характеристики энергоблоков ПГУ. При сопоставлении вместо относительного отпуска электроэнергии от ПТУ для упрощения анализа используется относительная выработка электроэнергии ввиду незначительного влияния малых значений расходов электроэнергии на собственные нужды.

Из приведенных на рисунке 1 характеристик видно, что величина удельного расхода топлива на отпуск электроэнергии от ПГУ в номинальном режиме его работы для ТЭС № 1 выше проектного значения на 5,4 г/кВт·ч, для ТЭС № 2 – на 3,0 г/кВт·ч, для ТЭС № 3 – практически равна проектному значению (выше на 0,4 г/кВт·ч).

Во второй части статьи будет приведен факторный анализ причин отклонения удельного расхода топлива на отпуск электроэнергии от ПГУ от проектных значений.



Характеристики энергоблоков ПГУ в целом

Список литературы

1. Качан, С.А. К вопросу определения показателей топливоиспользования парогазовых установок / С.А. Качан, В.И. Филадельфович // Известия вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2010. – № 1. – С. 88–92.
2. Качан, С.А. Определение показателей топливоиспользования теплофикационных парогазовых установок утилизационного типа / С.А. Качан, В.И. Филадельфович, А.Н. Дубровенский // Известия вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2010. – № 6. – С. 84–90.
3. Методические указания по подготовке и передаче информации о тепловой экономичности работы электростанций и энергосистем. – М., 1984.
4. Нормативно-технические документы по топливоиспользованию энергоблока ПГУ-399,6 МВт ТЭЦ-5 РУП «Минскэнерго». – Минск, 2015.
5. Нормативно-технические документы по топливоиспользованию энергоблока ПГУ-427 МВт Березовской ГРЭС РУП «Брестэнерго». – Минск, 2016.
6. Нормативно-технические документы по топливоиспользованию энергоблока ПГУ-427 МВт Лукомльской ГРЭС РУП «Витебскэнерго». – Минск, 2016.

Продолжение читайте в следующем номере

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАНИТНОГО ПЕСКА В КАЧЕСТВЕ ИНЕРТНОГО МАТЕРИАЛА В КОТЛАХ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

В статье проанализирована возможность замены кварцевого песка, используемого в качестве инертного материала в топках низкотемпературного кипящего слоя, фракционированной гранитной крошкой отечественного производства.

Одним из путей повышения экономической эффективности производства и энергетической безопасности является рациональное использование местных сырьевых, топливных ресурсов и максимальное импортозамещение. Как известно [1], сжигание твердых местных топлив и сельскохозяйственных отходов рационально проводить в котлах с низкотемпературным слоем инертного материала. К достоинствам такой технологии относятся высокий КПД, хорошие экологические характеристики, возможность полной автоматизации топочного процесса. В Республике Беларусь в настоящее время успешно работают более десяти котлов с кипящим слоем различной мощности (табл. 1). Одним из факторов, определяющих себестоимость тепловой и электрической энергии на таком оборудовании, являются затраты на инертный материал кипящего слоя, в качестве которого используется фракционированный кварцевый песок $d = 0,6 \div 2,5$ мм. Из-за от-

сутствия в Республике Беларусь песка требуемых фракций его приходится покупать в Российской Федерации. С учетом фактической его стоимости (табл. 2) и необходимости постоянного пополнения из-за неизбежного выноса из кипящего слоя (табл. 1) и истирания расходы на покупку импортного кварцевого песка вносят заметный вклад в себестоимость вырабатываемой тепловой и энергетической энергии. В связи с этим была исследована возможность замены российского кварцевого песка отечественной фракционированной гранитной крошкой, которая производится на ООО «НПК Гранит» (табл. 2). Потенциальный объем производства крошки требуемых фракций составляет около 500 т/месяц.

Результаты экспериментального исследования

Как было установлено, температура спекания фракций гранитных песков

Е.А. ПИЦУХА,
к.т.н., старший научный
сотрудник Института тепло-
и массообмена имени
А.В. Лыкова НАН Беларуси

Ю.С. ТЕПЛИЦКИЙ,
д.т.н., ведущий научный
сотрудник

Э.К. БУЧИЛКО,
научный сотрудник

А.М. АРТАМОНОВ,
директор ООО «НПК Гранит»

А.Л. НОВИЦКИЙ,
заместитель директора

$0,16 \div 0,63$; $0,63 \div 1,6$; $1,6 \div 2$ составляет 1160 °С. Для выяснения возможности использования такого материала в топках кипящего слоя экспериментально исследовано сжигание фрезерного торфа и гидролизного лигнина в псевдооживленном слое из гранитного фракционированного песка в характерном для этих топок температурном диапазоне $800 \div 900$ °С.

Сжигание фрезерного торфа и гидролизного лигнина в кипящем слое гранитного песка фракций $0,15 \div 0,25$ мм; $0,25 \div 0,4$ мм проводилось в лабораторной установке диаметром $0,055$ м. В процессе испытаний принимался характерный для топок кипящего слоя промышленных котлов диапазон чисел псевдооживления $2 \div 4$ (отношение скорости фильтрации к скорости начала псевдооживления инертного материала). Зольность торфа на сухую массу $A_c = 6,2$ %, лигнина $A_c = 11,2$ %. Рабочая влажность топлив, которая была реализована при испытаниях, составляла $W_p = 30 \div 55$ %, что соответствует их сезонному колебанию. Первоначально производился нагрев кипящего слоя гранитного песка до температуры 700 °С, затем в слой добавлялось топливо.

В результате проведенных испытаний было установлено, что для фрезерного

Таблица 1. Котлы с кипящим слоем

| № п/п | Энергоисточник | Мощность котла, т/ч | Размер кварцевого песка, мм | Примерная величина уноса, кг/ч |
|-------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| 1. | ТЭЦ, г. Вилейка | 20 | $0,8 \div 1,6$ | $10 \div 15$ |
| 2. | Белорусская ГРЭС, г. Орша | 20 | $0,8 \div 1,2$ | $5 \div 10$ |
| 3. | Белорусская ГРЭС, г. Орша | 30 | $0,8 \div 1,2$ | $5 \div 10$ |
| 4. | ТЭЦ, г. Жодино | 60 | $2,0 \div 2,5$ | $20 \div 35$ |
| 5. | ТЭЦ, г. Бобрыйск | 35 | $1,8 \div 2,0$ | $20 \div 35$ |
| 6. | ТЭЦ, г. Лунинец | 20 | $0,6 \div 1,2$ | $5 \div 10$ |
| 7. | ТЭЦ, г. Лунинец | 10 | $0,6 \div 1,2$ | $5 \div 10$ |
| 8. | ТЭЦ ОАО «Мостовдрев», г. Мосты | 20 | $\approx 2,0$ | $10 \div 20$ |
| 9. | ТЭЦ УП «Минскомунтеплосеть» | 4,4 МВт | $0,8 \div 1,2$ | до 5 |
| 10. | ТЭЦ Ошмянского ЖКХ | 3 МВт | $0,8 \div 1,2$ | до 5 |
| 11. | Котельная Ошмянского ЖКХ | 2 x 4 МВт | $0,8 \div 1,2$ | до 5 |

Таблица 2. Фракционные и ценовые характеристики кварцевого и гранитного песков

| Наименование | Цена с НДС, руб./т |
|---|--------------------|
| Песок кварцевый фракционированный, фракция 1,0–1,6; 1,0–2,0; 1,6–2,0 мм, страна происхождения – РФ | 216 |
| Песок кварцевый фракционированный, фракция 2,0–5,0; 2,5–5,0 мм, страна происхождения – РФ | 336 |
| Песок кварцевый фракционированный, фракция 0,16–0,63; 0,4–0,8; 1,0–2,0; 1,6–2,0; 0,8–2,0 мм, ТУ ВУ 291256446.001-2016, собственное производство (рассев импортируемого сырья) | 198 |
| Песок гранитный фракционированный, фракция 0,16–0,63; 0,4–0,8; 0,8–2,0; 1,0–2,0; 1,6–2,0 мм, ТУ ВУ 291256446.001-2016, собственное производство, страна происхождения – Республика Беларусь | 180 |

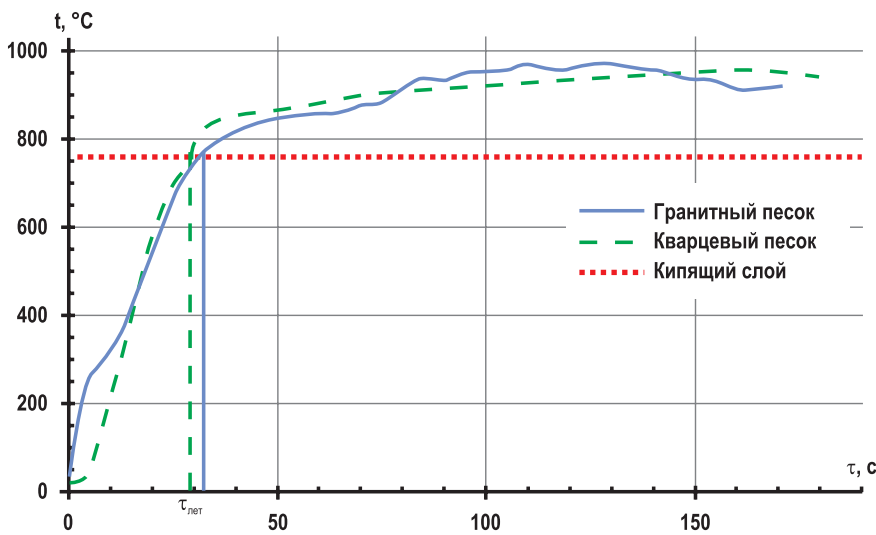


Рис. 1. Зависимость температуры пеллеты из соломы ($d = 6$ мм) от времени при горении в слое гранитного и кварцевого песков (температура слоя 760 °C)

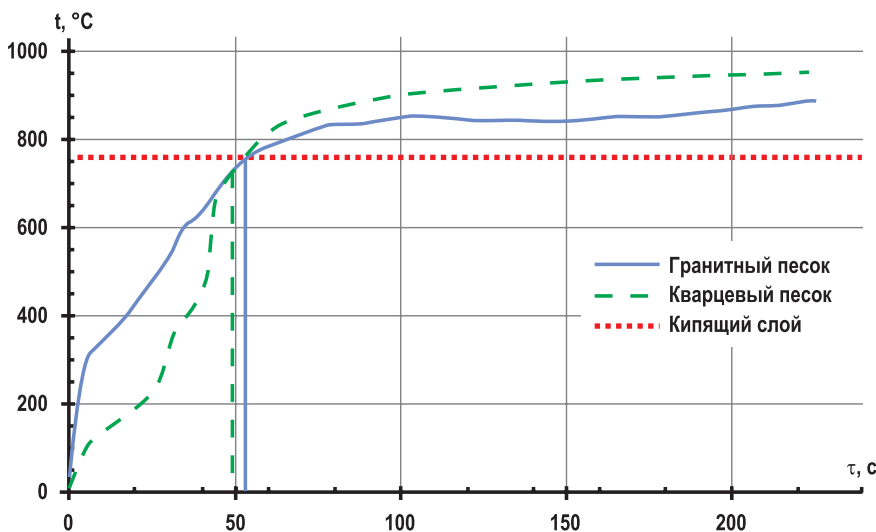


Рис. 2. Зависимость температуры пеллеты из соломы ($d = 8$ мм) от времени при горении в слое гранитного и кварцевого песков (температура слоя 760 °C)

торфа и гидролизного лигнина с влажностью $W_p = 30\div55$ % обеспечивается устойчивое горение в кипящем слое гранитного песка и стабильный гидродинамический режим его продувки в диапазоне температур $700\div950$ °C. В этих условиях не происходит агломерация инертного материала слоя (образование спеков). Также не зафиксировано заметного уменьшения размеров гранитных частиц в течение 12 ч работы при температуре слоя 850 °C и числе псевдоожижения 4.

Были выполнены сравнительные экспериментальные исследования динамики горения пеллетного топлива из соломы в кипящем слое кварцевого и гранитного песков $d = 0,42$ мм. На рисунках 1, 2 показаны зависимости температуры горящей пеллеты от времени. Как видно, характер зависимостей для кварцевого и гранитного песков практически одинаков, что может свидетельствовать о достаточной близости режимов сжигания твердых биотоплив в кипящем слое кварцевого и гранитного песков.

Выводы

1. В температурном диапазоне $700\div950$ °C спекания гранитного фракционированного песка при сжигании торфа и гидролизного лигнина не обнаружено.
2. Допускается сжигание торфа и лигнина с рабочей влажностью $W_p = 30\div55$ % в кипящем слое гранитного песка.
3. Рекомендуется применение фракционных гранитных песков производства ООО «НПК Гранит», выпускаемых по ТУ ВУ 291256446.001-2016, в качестве инертного материала кипящего слоя в диапазоне $700\div900$ °C на промышленных котлоагрегатах.
4. С учетом того, что цена отечественного гранитного фракционированного материала примерно на 20–25 % меньше импортируемого из России кварцевого песка (табл. 2), очевидна экономичность и перспективность использования указанного гранитного материала как импортозамещающего в отечественных котлах с кипящим слоем.

Список литературы

Баскаков, А.П. Котлы и топki с кипящим слоем / А.П. Баскаков, В.В. Мацнев, И.В. Распопов. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 352 с.

ПЕРЕХОД РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ НА ТЕХНОЛОГИЮ «ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ» НАЗРЕЛ

Последние несколько лет электротехническая общественность мира постоянно обсуждает плюсы и минусы технологии «цифровая подстанция». Но если Китай, Бразилия и Аргентина активно переводят на эту технологию свои объекты электроэнергетики и строят новые с применением «шины процесса» и «шины подстанции (станции)», то Россия, Германия, Швеция и другие страны Европы реализовали лишь несколько пилотных проектов в этой области. Автор статьи излагает свой взгляд на необходимость перехода релейной защиты и автоматики на технологию «цифровая подстанция» в Республике Беларусь.

СССР как пример технологического развития

В советские времена общественность заинтересованно наблюдала за всеми успехами отечественной промышленности, будь то появление новых устройств и методов или полет очередного корабля в космическое пространство. Сегодня ни о каком «космосе» речь уже не идет. Новые прогрессивные технологии, сталкиваясь с практикой эксплуатации, отвергаются, как «ненужные» и «неадап-

тированные» к современным реалиям. Весь процесс импортозамещения нацелен в основном на замещение того оборудования, что уже апробировано и успешно эксплуатируется. Робкие попытки сделать что-то новое тонут в болоте бюрократизма. И некоторые руководители, и специалисты боятся брать на себя ответственность за риски по внедрению новых технологий, рассуждая примерно следующим образом: «от этого я не стану больше получать, а если что пойдет не так – меня накажут». Получается, что перемены вроде бы нужны, но никто осуществлять их не собирается.

И создаются различные НИОКРы, разрабатываются пилотные проекты, проводятся апробации, то есть делаются попытки обкатать технологию в течение довольно продолжительного времени. Между тем иногда средства тратятся на развитие зачастую оторванного от реальности направления, применяемые технологии успевают устареть и стать неактуальными. В результате приходится разрабатывать новые НИОКРы, «пилоты» и «апробации». И так до бесконечности.

Трудности перехода на новую технологию

Безусловно, релейная защита и автоматика (РЗА) – это одно из самых консервативных направлений в энергетике. Основные принципы работы РЗА сформировались еще до 1960-х годов и до сих пор успешно применяются. Переход на микропроцессорную технику РЗА



М.А. ШЕВАЛДИН,
м.т.н., начальник отдела
эксплуатации релейной
защиты и автоматики
электрооборудования
и электрических сетей
ГПО «Белэнерго»

в конце 1990-х – начале 2000-х годов давался сложно: специалисты считали, что новое оборудование внесет существенные изменения в принципы работы РЗА, добавит новых проблем в данной сфере и, как следствие, снизит ее надежность. Но переход на более современную технику состоялся, продемонстрировав ее преимущества, что обеспечило активное применение новации в электроэнергетике.

Позднее полноценная альтернатива в виде электромеханических устройств РЗА и вовсе исчезла. Производителям попросту стало невыгодно их выпускать по причине большой себестоимости, необходимости вложения мануфактурного ручного труда и т.д. Куда проще было наладить выпуск микропроцессорной техники – себестоимость в разы ниже, а ценник можно регулировать рыночными механизмами, получая немалую прибыль.

Этот экскурс в историю технологического развития средств релейной защиты и автоматики позволяет напомнить, что и прежде переход на микропроцессорную технику РЗА осуществлялся с трудом. Тогда, как и сейчас,



Шкаф присоединения ПС 110 кВ «Приречная» с устройствами сопряжения типа Brick производства компании General Electric

многие не видели явных плюсов перехода на более современные технологии, считая их тупиковыми и усматривая в их популяризации «происки» маркетологов, навязывающих эксплуатирующим организациям покупку новой техники.

Сегодня попытка перевода РЗА на технологию «цифровая подстанция» воспринимается многими точно так же. Появилось множество противников внедрения новой технологии и немало «экспертов», пытающихся с помощью неких «калькуляций» доказать его нецелесообразность. С ними можно согласиться только в одном: данный переход, если он состоится, не будет простым и породит множество проблем. Это понимают все, поэтому многие резонно спрашивают: нужен ли вообще данный переход?

Лавинообразное старение аппаратуры РЗА

В Беларуси количество устройств РЗА на микропроцессорной базе составляет около трети от всех устройств РЗА, функционирующих в энергосистеме страны (в России этот показатель едва достигает 20–25 %). Соответственно, две трети действующих устройств РЗА имеют электромеханическую элементную базу и практически исчерпали свой парковый ресурс (срок службы).

Постоянное продление срока службы электромеханических устройств РЗА, переход на более длительный срок их обслуживания и, в конечном счете, на обслуживание по техническому со-

стоянию являются, на мой взгляд, лишь попытками немного продлить им жизнь, но никак не вернуть к полноценной работе. Поэтому необходимы более радикальные шаги, в том числе замена устройств РЗА на более современные.

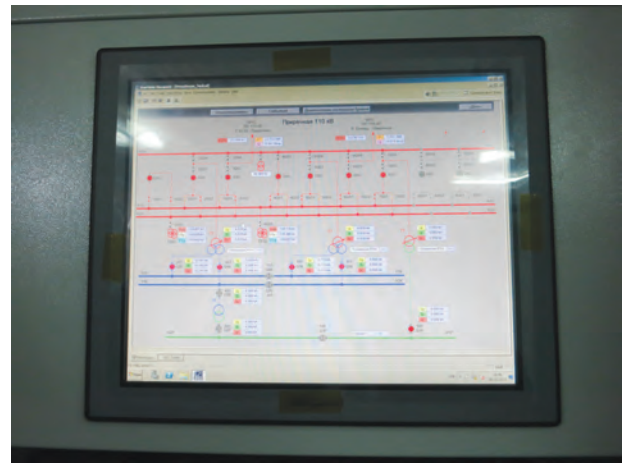
Микропроцессорная техника активно внедряется последние 15 лет, но за это время энергосистемы Беларуси и России смогли заменить лишь 20–30 % электромеханических устройств РЗА на цифровые при требуемом объеме как минимум 40–70 %. Очевидно, что такие темпы замены не соответствуют темпам старения РЗА, то есть существующие методы замены устройств РЗА не являются оптимальными и необходимо искать какие-то иные, новые подходы. Теоретически такие альтернативные подходы способна предоставить технология «цифровая подстанция».

Внедрение технологии «цифровая подстанция» в странах ЕС

Возникает резонный вопрос: почему Германия, Швеция или Швейцария не так активно переходят на технологию «циф-

ровая подстанция»? Думаю, что эти страны в настоящее время устраивают применяемые там методы постоянной модернизации устройств РЗА, когда обновление устройств осуществляется через каждые 15–20 лет. Благодаря этому подходу у них нет такого устрашающего процента отработавших свой срок устройств РЗА, как у нас и в России. Соответственно, этим странам в настоящий момент не нужна какая бы то ни было альтернатива функционирующим РЗА, даже имеющая некоторые преимущества. Беларуси же такая альтернатива жизненно необходима, но некоторые специалисты ее почему-то не ищут, ссылаясь на пример Германии и других европейских стран.

В то же время компания RTE, отвечающая за передачу и распределение



Экран системы управления на ПС 110 кВ «Приречная»



Шкаф РЗА на подстанции 225/90/20 кВ «Блоко» (Влюсах)



Оперативный пункт управления подстанции 225/90/20 кВ «Блоко» (Влюсах)



Шкаф первого комплекса дифференциальной защиты шин 110 кВ на ПС 110 кВ «Приречная»

электрической энергии во Франции, проанализировав успешный опыт строительства и эксплуатации уникальной подстанции 225/90/20 кВ «Блока» («Блоко», г. Амьен), приняла решение применить апробированные на ней решения в области технологии «цифровая подстанция» на всех объектах высоковольтной распределительной сети энергетической системы Франции. Планируется, что к 2030 году все подстанции RTE будут реконструированы в соответствии с указанной технологией.

Существенный нюанс

Правда, есть один существенный нюанс. Если срок службы электромеханических устройств РЗА составлял 25 лет, а реально они служили и дольше, то современным производителям такой срок службы уже экономически не выгоден, иначе как продать новые устройства и технику? Эта тенденция наблюдается не только в энергетике. Постоянно сокращается срок службы лампочек, телевизоров, элементов подвески автомобилей и т.д. Вот и в устройства РЗА производители, стараясь сэкономить, закладывают меньшие ресурс и долговечность.

Белорусская энергетика как пример для подражания

На мой взгляд, без попыток опробовать новые технологии в реальных условиях эксплуатации на действующих объектах будет трудно сделать вывод о значимости и необходимости того или иного подхода, потому что сегодня только рынок может более точно определить, какие устройства с экономической точки зрения целесообразно применять для современной релейной защиты в нашей стране.

Беларусь является своеобразным лидером среди стран СНГ по внедрению цифровых технологий в энергетике. В конце 2014 года под Гомелем введена в эксплуатацию первая уникальная под-

станция напряжением 110 кВ с применением «шины процесса» (один из ключевых компонентов системы РЗА при реализации технологии «цифровая подстанция»). Замечу, что подстанция действующая, реально осуществляющая электроснабжение потребителей города.

В Беларуси реализуются и другие объекты с применением технологии «цифровая подстанция» (речь идет о полноценной «шине процесса» и «шине подстанции», а не о передаче сигналов в виде GOOSE и MMS-сообщений). Особо стоит отметить уникальный проект реконструкции высоковольтной подстанции 330 кВ «Могилев». В его рамках планируется применить прогрессивные технологии, уникальные для Белорусской электроэнергетики: отказ от электромагнитных трансформаторов тока (ТТ) за счет применения оптических ТТ, использование уникальных выключателей-разъединителей (то есть фактически не будут устанавливаться отдельные разъединители на открытом распределительном устройстве 110 и 330 кВ!), а также обеспечить полноценную реализацию технологии «цифровая подстанция» не только для целей РЗА, но и для телемеханики, измерений, метрологии, связи и др.

Все это свидетельствует о том, что белорусские энергетики постоянно ищут новые способы и средства реконструкции и модернизации объектов электроэнергетики, что особенно актуально в условиях дефицита финансовых средств, необходимости снижения издержек и повышения эффективности использования ресурсов.

Некоторые специалисты любят утверждать, что технология «цифровая подстанция» окажется дороже классической РЗА с применением традиционных микропроцессорных терминалов. Тем не менее опыт эксплуатации реализованных проектов, в том числе в Республике Беларусь, свидетельствует об эффективности и технико-экономической целесообразности внедрения технологии «цифровая подстанция» при строительстве объектов электроэнергетики.

Однако для достижения более эффективных показателей уже сейчас необходимо существенно изменить подходы к проектированию, строительству и эксплуатации, включая техническое обслуживание, электросетевых объектов энергетики с внесением соответствующих изменений в нормативную документацию.



ОРУ 90 кВ на подстанции 225/90/20 кВ «Блоко» (Блоках)



KSB: комплексные решения из «одних рук»

Концерн KSB - всемирно известный поставщик комплексных решений для промышленности и энергетики. Насосы, трубопроводная арматура, профессиональная техническая и сервисная поддержка в течение всего жизненного цикла оборудования - немецкое качество, идеальная сочетаемость, максимальная экономия электроэнергии и безупречная эксплуатация.

Дополнительная информация на сайте www.ksb.by

► Наши технологии. Ваш успех.

Насосы • Арматура • Сервис

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

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



В БЛОКНОТ ГЛАВНОГО ЭНЕРГЕТИКА

В этом номере в рубрике публикуются материалы, предназначенные для теплотехнического персонала, обслуживающего жилой фонд, а также для специалистов в сфере электротехники, осуществляющих подбор электротехнических изделий и обеспечивающих монтаж или ремонт электрооборудования.

Приглашаем работников энергослужб предприятий и других заинтересованных лиц принять участие в формировании тематического портфеля рубрики. На страницах нашего журнала вы можете поделиться своим опытом решения задач в области электро- и теплотехники, а также получить ответы на интересующие вас вопросы от специалистов энергонадзора.

Тел.: (017) 293-46-82,
(029) 399-11-04, (033) 319-11-04
e-mail: 2934682@mail.ru
www.energystrategy.by

Маркировка степени защиты электрооборудования и классы электротехнических изделий по способу защиты от поражения человека электрическим током

В обеспечении безопасной и надежной работы электрооборудования не последнюю роль играет правильный подбор электротехнических изделий в зависимости от места установки, климатических и других условий. В связи с этим электротехнический персонал, выполняющий монтаж или ремонт оборудования, обязан четко знать маркировку и степени защиты электротехнических изделий.

Маркировка степени защиты электрооборудования, как правило, выполняется на корпусе и обозначается латинскими буквами IP (буквы кода «международная защита»*), двузначным числом, первая цифра которого обозначает степень защиты токопроводящих частей от механических предметов, вторая – стойкость к воздействию влаги (проникновению воды), а также дополнительными (A, B, C, D) и вспомогательными (H, M, S, W) буквами.

Расшифровка условных обозначений степени защиты представлена в таблицах 1, 2.

При отсутствии необходимости нормирования характеристической цифрой ее заменяют на X или, если опущены две цифры, – XX.

Дополнительная буква обозначает степень защиты людей от доступа к опасным частям. Применяется только когда действительная защита от доступа к опасным частям выше защиты, указанной первой характеристической цифрой. В таких случаях вместо первой характеристической цифры может стоять X.

Вспомогательная буква обозначает дополнительные процедуры, которые выполнялись при испытаниях оборудования на определение соответствия степени защиты.

Маркировка на корпусе электротехнических изделий по условиям электробезопасности

Электротехническое изделие – изделие, предназначенное для производства или преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защит» устанавливает пять классов электротехнических изделий по способу защиты человека от поражения электрическим током: 0; 0I; I; II; III.

К классу 0 относятся изделия, имеющие рабочую изоляцию, обеспечивающую их нормальную работу при номинальных напряжениях и допустимых отклонениях напряжения, и не имеющие элементов для заземления.

К классу 0I относятся изделия класса 0, имеющие элемент для заземления корпуса изделия отдельным проводом.

К классу I относятся изделия, имеющие рабочую изоляцию, провод для присоединения к источнику питания с заземляющей жилой и вилку с заземляющим контактом.

К классу II относятся изделия, имеющие двойную или усиленную изоляцию и не имеющие элементов для заземления.

К классу III относятся изделия, предназначенные для работы при безопасном сверхнизком напряжении (не более 42 В), не имеющие ни внешних, ни внутренних электрических цепей, работающих при другом напряжении.

Изделия, получающие питание от внешнего источника, могут быть отнесены к классу III только в том случае, если они присоединены непосредственно к источнику питания, преобразующему более высокое напряжение, что осуществляется посредством разделительного трансформатора или преобразователя с отдельными обмотками.

Таблица 1. Защита токопроводящих частей от механических предметов

| Степень защиты | Критерий | Допустимое применение для оборудования | Значение для защиты людей |
|----------------|--|---|---|
| 0 | Защита от механических предметов отсутствует | В корпусах оборудования | Нет защиты |
| 1 | Защита от твердых частиц размером от 50 мм | В закрытых помещениях с правом доступа только электротехнического персонала | Защита от касания тыльной стороной руки |
| 2 | Защита от твердых частиц размером от 12 мм | В обычных помещениях | Защита от касания пальцем |
| 3 | Защита от твердых частиц размером от 2,5 мм | В обычных (нормальных) помещениях | Защита от касания инструментом |
| 4 | Защита от твердых частиц размером от 1 мм | В обычных (нормальных) помещениях | Защита от касания проволокой |
| 5 | Частичная защита от пыли | В изредка пыльных помещениях | Защита от касания проволокой |
| 6 | Полная защита от пыли | В постоянно пыльных (технологическая пыль) помещениях | Защита от касания проволокой |

При использовании в качестве источника питания разделительного трансформатора или преобразователя его входная и выходная обмотки не должны быть электрически связаны и между ними должна быть двойная или усиленная изоляция.

Маркировка на корпусе электротехнических изделий по климатическому исполнению**

Электротехнические изделия, выпускаемые промышленностью, предназначены для использования в определенном климатическом районе в зависимости от их исполнения. Они имеют следующие климатические исполнения для макроклиматических районов:

- У – умеренным климатом (+40/–45 °С);
- ХЛ – с холодным климатом (+40/–60 °С);
- УХЛ – с умеренным и холодным климатом (+40/–60 °С);
- Т – с тропическим климатом (+40/+1 °С);

- М – с морским умеренно-холодным климатом (+40/–40 °С);
- О – общеклиматическое исполнение (кроме морского) (+50/–60 °С);
- ОМ – общеклиматическое морское исполнение (+45/–40 °С);
- В – все климатическое исполнение (+50/–60 °С).

Класс защиты указывается в технической документации изделия.

* Межгосударственный стандарт ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89) «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (КОД IP)».

** ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнение для различных климатических районов. Категория, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды».

Н.Н. Киселев, начальник энергоинспекции филиала «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго»

Таблица 2. Стойкость к воздействию влаги (проникновению воды)

| Степень защиты | Критерий | Допустимое применение |
|----------------|--|---|
| 0 | Защиты нет | Сухие помещения (относительная влажность не более 60 %) |
| 1 | Защита от вертикально падающих капель | Во влажных помещениях при вертикальном расположении |
| 2 | Защита от капель, падающих под углом 15° | Во влажных помещениях |
| 3 | Защита от наклонно падающих брызг под углом до 60° | В местах, подвергающихся дождю, но не струям снизу |
| 4 | Защита от брызг | В местах, подвергающихся дождю и струям снизу |
| 5 | Защита от водной струи | В местах, подвергающихся мойке струями средней мощности |
| 6 | Защита от мощных струй | В местах, подвергающихся мойке мощными струями |
| 7 | Защита от временного погружения в воду | Во временно затопляемых местах |
| 8 | Защита от продолжительного погружения в воду | В затопляемых местах |

Проблема перетопов и недотопов в жилых помещениях в отопительный период

Главной задачей систем отопления является поддержание оптимальных условий комфортного пребывания в помещениях при минимуме энергетических затрат. Требования санитарных норм, правил и гигиенических нормативов, связанные с выполнением данной задачи, с каждым годом повышаются. Их реализация на современном уровне возможна только за счет широкого внедрения в системах отопления средств автоматического регулирования.

Определяющими критериями оптимальности условий комфортного пребывания в помещениях служат допустимые значения температуры воздуха внутри помещений. Согласно санитарным нормам, правилам и гигиеническим нормативам «Требования к устройству, оборудованию и содержанию жилых домов», утвержденным постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20 августа 2015 года № 95, в жилых помещениях домов, не оборудованных автономной системой отопления, температура воздуха в течение всего отопительного периода должна составлять +18...+24 °С.

Задача энергосбережения наиболее остро встает в осенне-весенний период, когда температура за окном колеблется от 0 до 10 °С. При относительно теплой погоде температура теплоносителя оказывается избыточной и возникает проблема так называемых перетопов (избытка теплоты), оборотной стороной которых являются недотопы. Эта проблема имеет несколько причин.

Во-первых, температура на улице меняется слишком быстро, и теплоисточники не успевают оперативно перейти на новые режимы работы.

Во-вторых, если не вдаваться в тонкости, схема работы системы отопления без средств регулирования проста. На теплоисточнике вода нагревается и подается в соответствии с утвержденным температурным графиком в дом. Там, проходя через отопительные приборы в квартирах, она отдает тепло и возвращается обратно на теплоисточник, где ее снова подогреют до нужной температуры. Из-за того что вода подается слишком горячей, специальные устройства – элеваторы подмешивают часть остывшей воды к горячей, и температура отопительных приборов в квартире становится оптимальной. Это в теории. А на практике все дома разные, и каждому из них нужна своя индивидуальная регулировка температуры.



В-третьих, нередко жильцы меняют длину контура системы отопления: кто-то в своей квартире добавляет радиаторы, а кто-то, наоборот, убирает их. Некоторые подключают к системе еще и обогрев лоджии, подогрев пола в коридорах и кухнях (такие манипуляции с системой отопления запрещены, допускается лишь замена радиатора при условии разработки проектной документации). В результате с изменением гидравлического сопротивления в системе отопления меняется и тепловая нагрузка, которая отличается от первоначальной расчетной. Соответственно, решения, которые были заложены изначально проектировщиками, не работают, и наладку системы отопления необходимо проводить заново.

Все эти факторы в целом приводят к перетопам и недотопам. Избавиться от них позволяет установка средств автоматического регулирования систем отопления. Они регулируют температуру теплоносителя в автоматическом режиме в зависимости от температуры наружного воздуха. «Умная» техника сама определяет, сколько условно холодной и горячей воды необходимо смешать, чтобы получить оптимальную температуру в квартире, экономя при этом до 20 % тепловой энергии.

Опыт применения средств автоматического регулирования систем отопления показал положительные результаты. Так, в г. Лида в преддверии отопительного сезона 2016/2017 года Лидское ГУП ЖКХ установило в одном из районов 109 регуляторов температуры, что позволило поддерживать в жилых помещениях оптимальный температурный режим. Между тем для многих переход с 23–24 °С в жилых помещениях на 19–21 °С оказался непривычным и вызвал жалобы. Замеры температуры в помещениях, проведенные представителями ЖЭСа, показали необоснованность жалоб, поскольку допустимая температура воздуха соблюдалась.

В заключение хочется напомнить, что каждый дополнительный градус в помещении приводит к росту затрат на энергию на 6 %. Да и любой медик скажет, что температура в помещении выше 20 °С не всегда полезна для организма, особенно во время сна.

А.Л. Вонелик, государственный инспектор по энергетическому надзору филиала «Энергонадзор» РУП «Гродноэнерго»



ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

В последнее время все чаще в органы госэнергонадзора поступают обращения от жильцов многоквартирных жилых домов с жалобами на возникновение перенапряжения в сети, приводящего к выходу из строя бытовой техники. По горячим следам граждане предъявляют претензии к организации, производящей техническое обслуживание жилого дома, и часто добиваются возмещения ущерба. Для организаций жилищно-коммунального хозяйства это оборачивается непредвиденными расходами. Между тем такого развития событий во многих случаях можно было бы избежать.

Аварийные ситуации, связанные с перенапряжением в сети

В соответствии с ГОСТ 32144-2013 перенапряжение – это временное возращание напряжения в конкретной точке электрической системы выше установленного порогового значения. Аварийные ситуации, связанные с перенапряжением, можно подразделить на две группы:

- аварийные ситуации во внешнем электроснабжении, в том числе грозовые перенапряжения;
- аварийные ситуации во внутреннем электроснабжении.

Аварийные ситуации во внешнем электроснабжении, приводящие к перенапряжениям, редко встречаются в практике и достаточно быстро устраняются. Это обусловлено тем, что электроустановки внешнего электроснабжения в подавляющем большинстве являются собственностью энергосистемы, у которой есть квалифицированный персонал и все необходимые материалы, приспособления и техника для их обслуживания. Соответственно, все регламентные работы в трансформаторных подстанциях, на воздушных и кабельных линиях электропередачи (измерения, осмотры, ревизии, ремонты и т.п.) производятся своевременно и в полном объеме. Одной из основных причин аварийных ситуаций во внешнем электроснабжении являются грозовые перенапряжения.

Аварийные ситуации во внутреннем электроснабжении, а именно в электро-

сетях многоквартирных жилых домов, – очень распространенное явление. В подавляющем большинстве такие дома находятся на техническом обслуживании ЖКХ, где недостаточно квалифицированных специалистов. Так, электротехнический персонал КУПП «Городокское предприятие котельных и тепловых сетей», которое обслуживает 504 многоквартирных жилых дома, составляют 3 инженерно-технических работника и 13 электромонтеров. Кроме того, указанный электротехнический персонал обслуживает электроустановки 29 котельных, 70 насосных станций, 21 канализационно-насосной станции, 11 объектов социально-бытового обслуживания населения, 15 мастерских и уличное освещение.

Еще хуже ситуация обстоит в областном центре. В ведении ГП «ЖРЭТ г. Витебска» находятся 1730 жилых домов, а обслуживанием их электроустановок занимаются 3 инженерно-технических работника и порядка 35 электромонтеров (электрослесарей). Таким образом, налицо крайне высокая степень загруженности электротехнического персонала ЖКХ.

Необходимо отметить также, что при распределении средств, выделяемых организациям ЖКХ на техническое обслуживание и капитальный ремонт жилого фонда, вопрос затрат на поддержание технического состояния электрических сетей многоквартирных жилых домов остается, как правило, без долж-



И.Е. САЗОНОВ,
заместитель начальника
Витебского МРО
филиала «Энергонадзор»
РУП «Витебскэнерго»

ного внимания. Как результат – неудовлетворительное техническое состояние внутридомовых инженерных сетей.

Причины перенапряжения в сети

Основная причина перенапряжения в многоквартирном доме – плохое контактное соединение нулевого проводника или его отгорание, что может привести к перекосу фаз на электролинии, которая расположена после обрыва. Напряжение, которое поступает в каждую из квартир, будет зависеть от общей суммарной мощности всех электроприборов, подключенных к сети в этих квартирах. При перекосе фаз в одну часть квартир поступает повышенное напряжение, в другую – пониженное. На рисунке 1 показана векторная диаграмма напряжений до (зеленым цветом) и после (красным цветом) обрыва нулевого провода.

Повышенное напряжение очень опасно для бытовой техники. В квартирах, которые подключены к разным фазам, согласно закону Ома напряжение (380 В) распределится так: на маломощных устройствах с большим сопротивлением (компьютеры, телевизоры,

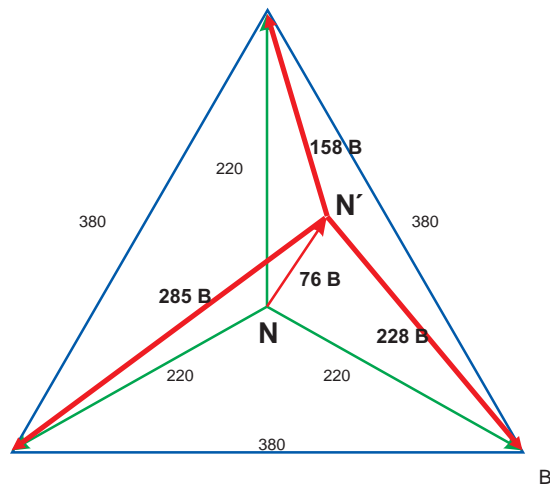


Рис. 1. Векторная диаграмма напряжений до (зеленым) и после (красным) обрыва нуля

DVD-плееры) напряжение будет повышенным, а на мощных устройствах с небольшим сопротивлением (электрочайники, утюги, пылесосы) – пониженным. В итоге телевизор сгорит, а чайник не закипит. При пониженном напряжении из строя выходит в основном техника, имеющая электродвигатели (холодильники, вентиляторы, вытяжки, кондиционеры, стиральные машины и др.). Надо иметь в виду, что при понижении напряжения пусковые токи электродвигателя возрастают, в результате его обмотка не выдерживает и сгорает.

Одной из причин отгорания нулевого проводника может являться неравномерная нагрузка фаз. В идеальном случае в трехфазной сети при одинаковой нагрузке каждой из фаз ток в нулевом проводе практически отсутствует. Однако добиться такого в многоквартирном жилом доме, где к разным

фазам подключено большое количество квартир с разными нагрузками, практически невозможно. В результате неравномерной загрузки фаз в нулевом проводнике возникают токи, сопоставимые с фазными. Вместе с тем нередки случаи, когда сечение нулевого рабочего проводника кабеля, питающего дом или подъезд, меньше сечения фазных проводников, что приводит к его чрезмерному нагреву и быстрому перегоранию в месте плохого контактного соединения.

Нельзя не принимать во внимание и то, что квалификация электротехнического персонала ЖКХ не всегда соответствует требованиям. Осмотр этажных щитов жилых домов даже в пределах одного жилищно-эксплуатационного управления, обслуживаемых разными электромонтерами, свидетельствует о совершенно разном, в том числе недобросовестном, отношении работников к своим обязанностям. Ссылки некоторых из них на нехватку материалов в качестве оправдания звучат как минимум неубедительно.

Кроме того, немаловажное значение имеет то, что реалии сегодняшних дней не могли быть учтены при проектировании жилых домов 15–20 лет назад. Тогда электрическая нагрузка среднестатистической квартиры была обуслов-

лена наличием приборов освещения, холодильника и телевизора. В настоящее время во многих квартирах имеется большое количество мощных электрических приборов, о которых ранее не то что не мечтали – даже не предполагали, что подобная техника может появиться. Совершенно естественно, что сегодня за счет использования разнообразных бытовых электроприборов потребление электрической энергии значительно увеличилось, что необходимо учитывать при выборе сечения провода.

Исходя из того, что количество теплоты, выделяемой проводником при нагреве, прямо пропорционально квадрату силы тока и сопротивлению, при увеличении силы тока в 2 раза происходит четырехкратное увеличение выделяемой теплоты. А как мы знаем из школьных учебников по физике, материал при нагреве расширяется, а при охлаждении сжимается. Когда по возвращении с работы жильцы включают в электрическую сеть большое количество электроприборов, происходит максимальное воздействие на электрическую сеть, при этом проводник нагревается и расширяется. Ночью же, когда приборы выключаются, – остывает и сужается. И так каждый день. В результате контакты ослабевают, что увеличивает их сопротивление, а это, в свою очередь, ведет к еще большему нагреву в месте контакта и последующему отгоранию проводника.

Зачастую ослабление контакта можно зафиксировать по следам потемнения (оплавления) проводников рядом с контактным соединением, но это уже угрожающая стадия развития ситуации, которую в принципе нельзя допускать. На начальной стадии ослабление контактного соединения можно определить только с помощью тепловизионного контроля (рис. 2).

Профилактика возникновения перенапряжений

В Витебском МРО филиала «Энергонадзор» РУП «Витебскэнерго» имеется практика применения тепловизора при проведении проверок и мониторингов как потребителей (в том числе электроустановок многоквартирных жилых домов), так и объектов энергосистемы. Тепловизор удобен и прост в применении и позволяет выявлять ослабление контактов на первых этапах аварийного режима, когда затраты на предотвращение или ликвидацию нарушений не-



Рис. 2. Определение ослабления контактного соединения с помощью тепловизора

существенны. В таком случае достаточно лишь подтянуть контакты, в то время как на более поздних этапах нужна уже замена перегоревших предохранителей, выгоревших установочных аппаратов и, возможно, возмещение потребителю ущерба за вышедшую из строя технику. Однако, к сожалению, не все организации ЖКХ могут себе позволить приобретение тепловизора и его последующую поверку.

Тем не менее существует ряд мер, обязательных для специалистов ЖКХ и при этом абсолютно доступных. Реализация этих мер в большинстве случаев способна предотвратить возникновение описанных выше аварийных ситуаций. В частности, в соответствии с п. 4.6.1. ТКП 181-2009 (02230) «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» для обеспечения надежного функционирования электрооборудования у потребителя должна функционировать система технического обслуживания и ремонта, основанная на принципе планово-предупредительного ремонта (ППР). Графики ППР должны составляться ответственным за электрохозяйство как на год, так и на несколько лет. В графике ППР указывается периодичность проведения текущего ремонта, технического обслуживания, осмотров.

При проведении ППР электроустановки и электрооборудование многоквартирного жилого дома подвергаются в первую очередь осмотру, очистке от пыли; осуществляется протяжка контактных соединений, в том числе нулевых, производится ремонт, а при необходимости – замена электрооборудования и осветительных приборов; проводится проверка плотности закрытия дверей электрощитов, наличия необходимых надписей, знаков по электробезопасности, отсутствия доступных для прикосновения токоведущих частей.

На практике для обеспечения надежного контактного соединения при его устройстве или ревизии необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ 10434-82 «Соединения контактные электрические».

В соответствии с п. 2.1.10. ГОСТ 10434-82 разборные контактные соединения однопроводных жил проводов и кабелей с плоскими или штыревыми выводами должны выполняться следующим образом:

– жил сечением до 16 мм² – после оконцевания наконечниками или непосред-

ственно: путем формирования в кольцо или без него с предохранением в обоих случаях от выдавливания фасонными шайбами или другими способами;

– жил сечением 25 мм² и более – после оконцевания наконечниками или путем формирования конца жилы в плоскую зажимную часть с отверстием под болт.

Разборные контактные соединения многопроводных жил проводов и кабелей с плоскими или штыревыми выводами должны выполняться:

– жил сечением до 10 мм² – после оконцевания наконечниками или непосредственно: путем формирования в кольцо или без него с предохранением в обоих случаях от выдавливания фасонными шайбами или другими способами;

– жил сечением 16 мм² и более – после оконцевания наконечниками.

При этом важным требованием является принятие мер против ослабления контактных соединений, например использование крепежных элементов, таких как фасонная шайба, контргайка, стопорная шайба, пружинная шайба (гровер).

Дополнительно ГОСТ 10434-82 рекомендует рабочие поверхности контакт-деталей разборных контактных соединений и неразборных контактных соединений с линейной арматурой непосредственно перед сборкой подготовить следующим образом:

– медные без покрытия и алюмомедные зачистить. При зачистке алюмомедных проводов не должна быть повреждена медная оболочка;

– алюминиевые и из алюминиевых сплавов зачистить и смазать нейтральной смазкой (вазелин, ЦИАТИМ-221 или другие смазки с аналогичными свойствами);

– рабочие поверхности, имеющие защитные металлические покрытия, промыть органическим растворителем.

Также необходимо помнить, что к каждому болту (винту) плоского вывода или к штыревому выводу рекомендуется присоединять не более двух проводников, при этом любимое многими электромонтажниками соединение «вскрутку» ГОСТом не предусмотрено.

Для обеспечения безопасного и надежного электроснабжения в электроустановках многоквартирных жилых домов должны производиться электрофизические испытания и измерения в объеме, предусмотренном в приложении Б ТКП 181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей». К ним относятся:

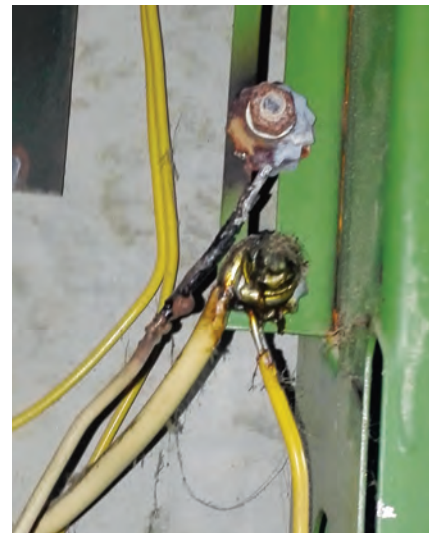


Рис. 3. Неудовлетворительное состояние контактных соединений

– измерение сопротивления изоляции силовой и осветительной сети (не реже 1 раза в 3 года);

– проверка соединений заземлителей с заземляемыми элементами (не реже 1 раза в 6 лет);

– проверка цепи «фаза-нуль» в электроустановках до 1000 В с глухим заземлением нейтрали (выполняется для всех электроприемников не реже 1 раза в 6 лет);

– измерение тока по фазам и проверка правильности выбора защитных устройств (предохранителей) (не реже 1 раза в год);

– проверка величины напряжения в различных точках сети (не реже 1 раза в год).

Очень часто электротехнический персонал, обслуживающий жилищный фонд, игнорирует данные требования. Особенно это касается измерения тока по фазам и проверки величины напряжения в различных точках сети. Вместе с тем именно эти измерения дают представление о равномерности загруженности фаз, что, в свою очередь, позволяет правильно распределить нагрузку и уменьшить последствия от обрыва (отгорания) нулевого проводника, а равно и степень его повреждения.

Нарушения правил технической эксплуатации электроустановок

Витебским МРО филиала «Энергонадзор» РУП «Витебскэнерго» регулярно проводятся проверки и мониторинги организаций жилищно-коммунального хозяйства. При этом выявляется большое количество нарушений правил технической эксплуатации электроустановок



Рис. 4. Скрутка проводников

потребителей, основными из которых являются:

- отсутствие запирающих устройств на дверях распределительных устройств;
- отсутствие ограждений (фальш-панелей) пускорегулирующих устройств и аппаратов защиты в этажных распределительных щитах;
- непроведение необходимых электрофизических испытаний и измерений;
- неудовлетворительное состояние контактных соединений, в том числе нулевых рабочих проводников (рис. 3);
- применение некалиброванных плавких вставок («жучков»);
- наличие скруток проводников, в том числе из разнородных металлов (рис. 4);
- наличие открытых токоведущих частей, в особенности в сети освещения.

При выявлении указанных нарушений должностные и юридические лица в обязательном порядке привлекаются к административной ответственности по ст. 20.12 Особенной части Кодекса Республики

Беларусь об административных правонарушениях. Необходимо отметить, что указанная статья предусматривает для физических лиц штраф в размере от 5 до 30 базовых величин, для юридических – от 30 до 500 базовых величин, что в немалой мере стимулирует ответственных за электрохозяйство к устранению подобных нарушений до прихода инспектора госэнергонадзора.

Что касается самих жильцов, то тем, кто хочет избежать последствий перенапряжения, можно порекомендовать установку реле напряжения (например, УЗМ-51М), которое предназначено для защиты оборудования в электрической цепи от скачков напряжения, а также для отключения оборудования при выходе сетевого напряжения за допустимые пределы (<154...198 или >242...286) в однофазных сетях. Это позволит предотвратить выход оборудования из строя и возможное возгорание с последующим пожаром.



ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА



ОСВЕЩЕНИЕ



АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

WWW.CASPIANPOWER.AZ

31 МАЯ - 3 ИЮНЯ 2017

БАКУ ЭКСПО ЦЕНТР БАКУ, АЗЕРБАЙДЖАН



7-Я КАСПИЙСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

«ЭНЕРГЕТИКА И АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГИЯ»

#CaspianPower

 www.fb.com/CaspianPower

ОРГАНИЗАТОРЫ




ТЕЛ. : +994 12 4041000
ФАКС : +994 12 4041001
E-MAIL : POWER@ITECA.AZ

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОФИЛАКТИКЕ ЭЛЕКТРОТРАВМАТИЗМА

Ежегодно оглашается печальная статистика травмирования или гибели людей в результате поражения электрическим током. Так, в прошлом году среди населения республики имели место 9 несчастных случаев, 5 из которых – со смертельным исходом. Основными причинами электротравматизма на протяжении многих лет остаются недостаточная осведомленность об опасности действия электрического тока и несоблюдение элементарных требований электробезопасности в быту. Важнейшая роль в предупреждении электротравматизма принадлежит органам Энергонадзора.

Первый в республике учебный класс по электробезопасности

Особенностью работы филиала «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго» по профилактике электротравматизма является тесное сотрудничество с учреждениями образования, спорта и туризма. Результатом такого взаимодействия стало проведение областных конкурсов детского рисунка, акции «Электробезопасность и дети», организация передвижных выставок детских рисунков во время массовых мероприятий, совместное участие в международной специализированной выставке «Человек и безопасность».

Упор в профилактической работе делается на создание наглядной агитации. Активно разрабатываются и выпускаются учебные пособия для школьников, буклеты, листовки, плакаты, календари, линейки, раскраски, пазлы, содержащие в том или ином виде информацию об электробезопасности.

Наиболее значимой инициативой филиала «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго» стало создание в январе текущего года на базе ГУО «Средняя общеобразовательная школа № 12» первого в республике учебного класса по электробезопасности, предназначенного прежде всего для систематического проведения уроков и внеклассных занятий в рамках дисциплины по основам безопасности жизнедеятельности, причем для учащихся не только школы № 12, но и других учебных заведений города. Среди основных тем таких занятий: «Опасность электричества и электроприборов», «Аварийные ситуации в жилом доме», «Электрический ток и его опасность», «Основы электробезопасности» и др. Для их освещения разработаны разноплановые средства наглядности и информационные материалы, в том числе компьютерные программы, рассчитанные на детей разных возрастных категорий.

Особое место в профилактике электротравматизма занимают стенды, на которых демонстрируются имеющие дефекты электроустановочные изделия, электрооборудование и малогабаритные бытовые приборы, дальнейшее использование которых может привести к электротравме. В арсенале филиала имеется также около 30 видеороликов и фильмов на данную тематику. Кроме того, в рамках функционирования учебного класса по электробезопасности планируется организовать работу волонтерских агитбригад по пропаганде электробезопасного поведения для обучения по принципу «равный обучает равного».

С февраля 2017 года специалистами филиала «Энергонадзор» проводятся целевые занятия в рамках внеклассной работы «Юный инспектор Энергонадзора», цель которых – не только профилактика электротравматизма, но и пробуждение у детей интереса к профессии энергетика. Занятия рассчитаны на учеников 3–4-х классов.

Перспективная задача, которую поставил перед собой гомельский Энергонадзор, – открытие аналогичных классов в каждом районном центре области.



Н.Н. Киселев, начальник энергоинспекции филиала «Энергонадзор» РУП «Гомельэнерго»

В поисках новых форм работы

Филиалом «Энергонадзор» РУП «Гродноэнерго» проводится целенаправленная и систематическая работа по профилактике электротравматизма. Одна из ее форм – массово-разъяснительная работа среди персонала предприятий (организаций) и населения об опасности электрического тока. Если говорить языком цифр, то в 2016 году инспекторами Гродненского межрайонного отделения филиала «Энерго-



может послужить плакат 10-летней девочки, участвовавшей несколько лет назад в конкурсе «Энергетика глазами детей»: ее лаконичное, но живое «Не чапай, бо лясне» стало настоящим интернет-хитом, получив широкую популярность в республике.

А.Н. Коншин,
руководитель
группы инспекции
Октябрьского района
г. Гродно Гродненского
межрайонного отделения
филиала «Энергонадзор»
РУП «Гродноэнерго»

надзор» РУП «Гродноэнерго» распространено 9596 памяток и плакатов, проведено 8579 бесед, 444 лекции, опубликовано 98 статей, выполнено 8207 обследований электроустановок домовладений и квартир граждан.

В целях пропаганды основ электробезопасности используется формат социальной рекламы, которая размещается на автомобилях филиала, а в ближайшее время появится и на установках собственных рекламных конструкций, смонтированных на стенах жилых домов и общественных зданий. Кроме того, информация по вопросам электробезопасности и профилактики электротравматизма активно размещается на сайтах школ и других медиаплощадках.

Для любого мероприятия, проводимого персоналом филиала «Энергонадзор», разрабатывается рекламная продукция различного вида, направленная на профилактику электротравматизма. Это мультимедийные слайды (рисунки, фотографии, комиксы, анимация, фрагменты видео), плакаты, магниты, часы, флеш-карты и др.

Особое внимание уделяется профилактике электротравматизма среди детей. По инициативе Гродненского МРО филиала «Энергонадзор» в учреждениях образования организовываются различные акции по электробезопасности. Так, в гимназии № 3 г. Гродно с 1 по 15 декабря 2016 года проводилась так называемая «Двухнеделька безопасности», в период которой учащиеся создавали рисунки и плакаты, писали диктанты, сочинения на заданную тематику. Всего в прошедшем году было проведено более 1000 диктантов на тему профилактики электротравматизма, тексты для которых составлялись специалистами гродненского Энергонадзора и согласовывались в отделе образования г. Гродно.

Свою эффективность в качестве способа профилактики электротравматизма детей подтверждают различного рода тематические конкурсы и викторины. В игровой, соревновательной форме дети легче усваивают информацию и лучше ее запоминают. Они обладают живым умом, их мировосприятие более подвижно, чем у взрослых. Детские высказывания, девизы, названия работ настолько интересны, что некоторые из них специалисты Энергонадзора используют для создания социально направленных плакатов. Ярким примером

Электробезопасность глазами детей

Одним из направлений работы Энергонадзора является профилактика электро- и теплотравматизма среди школьников. С этой целью работники Кировской районной энергоинспекции посещают учреждения образования, где проводят беседы с учащимися об опасности электричества и правилах электробезопасного поведения.

Традиционным в последние годы стало проведение областного конкурса рисунка по электро- и теплобезопасности. В текущем учебном году в районном этапе конкурса приняли участие учащиеся из 9 учреждений образования района в трех возрастных группах. Жюри, в состав которого входили представители Энергонадзора и отдела образования, спорта и туризма Кировского райисполкома, определило лучшие работы. В возрастной группе 7–10 лет победителем стала Агнесса Герасимович (Добоснянский учебно-педагогический комплекс детский сад – средняя школа), второе и третье места заняли Егор Коршак и Маргарита Лазакович (гимназия г. Кировска). Среди учащихся 11–13 лет лучшей признана работа Антона Пренза (Павловичская СШ им. Г.А. Худолеева). Виктория Митрахович (Добоснянский учебно-педагогический комплекс детский сад – средняя школа) и Илья Щербич (Барчицкий учебно-педагогический комплекс детский сад – средняя школа) завоевали дипломы второй и третьей степени соответственно. В старшей группе диплом первой степени получили Марина Кожарина и Валерия Куницкая (гимназия г. Кировска), второе и третье места заняли Маргарита Иванова (Боровицкая СШ) и Алина Гуцина (Барчицкий учебно-педагогический комплекс детский сад – средняя школа).

Победители и призеры конкурса получили дипломы и ценные подарки от РУП «Могилевэнерго».

Н.П. Русецкий, государственный инспектор – начальник
Кировской энергоинспекции Бобруйского отделения
филиала «Энергонадзор» РУП «Могилевэнерго»

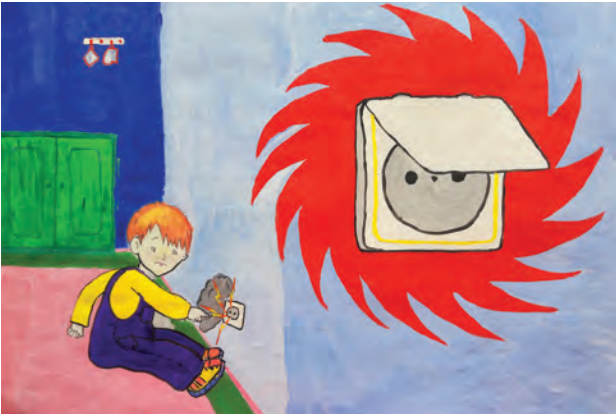


Рисунок Агнессы Герасимович



Рисунок Ильи Щербича



Рисунок Алины Гуцвиной



Рисунок Егора Коршака



Рисунок Маргариты Ивановой



Рисунок Татьяны Волковой

МИССИИ МАГАТЭ – НЕЗАВИСИМАЯ ОЦЕНКА НА МЕЖДУНАРОДНОМ УРОВНЕ

Беларусь, как страна, строящая свою первую атомную электростанцию, активно пользуется услугами и инструментами МАГАТЭ в сфере ядерной энергетики. Одной из важнейших форм такого взаимодействия стало проведение в Беларуси экспертных миссий Агентства, в ходе которых оценивается соответствие реализации национальной атомной программы выработанным международным стандартам и предлагаются рекомендации по ее совершенствованию.



Оценочные миссии МАГАТЭ как фактор успешной реализации ядерного энергетического проекта

Важнейшим направлением работы Международного агентства по атомной энергии является оказание так называемым странам-новичкам разносторонней помощи в подготовке национальной инфраструктуры к появлению нового наукоемкого сектора экономики – атомной энергетики. Одной из форм такой поддержки стало проведение оценочных миссий Агентства, что на сегодняшний день является принятой практикой для 168 стран – членов МАГАТЭ. Миссии МАГАТЭ носят добровольный характер и проводятся по запросу государства. Основным инструментом сотрудничества с Агентством является реализация проектов технического сотрудничества МАГАТЭ. В рамках таких двух реализуемых в сфере ядерной энергетики проектов регулярно организуются визиты представителей экспертного сообщества Агентства, имеющие адресный характер

и касающиеся конкретных вопросов в области создания в стране эффективной инфраструктуры ядерной энергетики и ядерной безопасности.

В Беларуси с момента принятия решения о строительстве собственной АЭС уже прошло несколько оценочных миссий МАГАТЭ. Так, в июне 2012 года состоялась миссия Агентства по комплексной оценке развития национальной атомной инфраструктуры (INIR). В октябре 2016 года миссия IRRS оценила регулирующую инфраструктуру ядерной и радиационной безопасности. Эксперты МАГАТЭ отметили как положительную практику существующие в Беларуси сильные и эффективные механизмы координации работ по развитию ядерной энергетики в целом (создание на раннем этапе реализации ядерной энергетической программы правительственной Межведомственной комиссии по координации основных мероприятий по сооружению Белорусской АЭС и контролю за его исполнением) и по вопросам надзора (создание Рабочей группы по координации надзора за со-

оружением Белорусской АЭС), основной целью которой был анализ устойчивости будущей станции к воздействиям природного (землетрясения, наводнения, смерчи и т.д.) и антропогенного (ошибки персонала, нарушения инструкций и т.д.) характера.

Основные задачи миссии SEED

Миссия SEED проводится МАГАТЭ с 2010 года и имеет четкий алгоритм. Сначала принимающая сторона – страна, реализующая атомный проект, самостоятельно проводит оценку своего атомного объекта по критериям, заданным МАГАТЭ. Отчет о самооценке направляется участникам будущей миссии со стороны Агентства, которые после его изучения прибывают непосредственно в пригласившую их страну и проводят собственную оценку по этим же критериям. По итогам формируется отчет о результатах работы оценочной миссии.

Следует подчеркнуть, что после аварии на АЭС Фукусима-1 Агентством были существенно ужесточены требования к безопасности возводимых атомных объектов. Проведение миссии SEED на всех строящихся атомных объектах имеет целью свести к минимуму вероятность повторения фукусимских событий.

Заявка на проведение миссии SEED была направлена Беларуси в секретариат Агентства в сентябре 2014 года, и в июле 2016 года была проведена подготовительная миссия, в ходе которой разработано техническое задание основной миссии SEED.

В состав миссии вошли четыре представителя МАГАТЭ и два независимых

и касающиеся конкретных вопросов в области создания в стране эффективной инфраструктуры ядерной энергетики и ядерной безопасности.

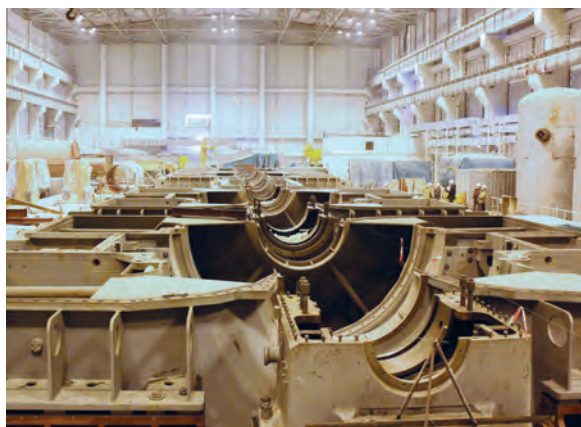
16–20 января текущего года на Белорусской АЭС работала миссия SEED (Site and



эксперта из Франции и Венгрии, которые оценивали с точки зрения международных требований безопасности устойчивость Островецкой площадки, надежность систем, структур и компонентов строящейся АЭС по отношению к внешним и внутренним рискам и угрозам, а также запас прочности, заложенный в проекте с учетом постфукусимского опыта.

Все внешние угрозы учтены

Миссия SEED на БелАЭС завершилась 20 января. По ее итогам глава миссии



Грег Жентковски, руководитель группы по безопасности ядерных объектов Департамента ядерной и физической безопасности МАГАТЭ, отметил: «Результаты проведенной оценки доказывают, что Беларусь были приняты все необходимые меры по обеспечению устойчивости АЭС к самым худшим из потенциальных внешних воздействий». Представителями МАГАТЭ также было подчеркнуто, что белорусская сторона активно содействовала успешному проведению миссии. По запросу экспертов своевременно предоставлялись необходимые разъяснения по вопросам, касающимся внешних воздействий и проектных параметров, давались ссылки на соответствующую техническую документацию.

Согласно заключению экспертов Агентства, площадка и проектные параметры станции соответствуют международным требованиям к устойчивости по отношению к опасным внешним воздействиям. Эксперты также отметили исчерпывающий характер существующей в стране системы мониторинга опасных внешних воздействий и эффективность выполненного Беларусью анализа потенциальных угроз. Соответствующие меры, согласно выводам миссии, были приняты республикой и в отношении внешних вызовов в свете уроков, извлеченных из аварии на АЭС «Фукусима-1» в Японии.

«Результаты работы миссии помогут нам обеспечить уверенное и безопасное развитие национальной ядерной про-

граммы», – отметил заместитель Министра энергетики Беларуси М.И. Михадюк. Он также подчеркнул, что Беларусь на протяжении многих лет плотно сотрудничает с МАГАТЭ по таким направлениям, как подготовка кадров для ядерной энергетики, развитие культуры ядерной безопасности, обращение с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом, и многим другим.

Стремясь поддерживать открытое и прозрачное международное взаимодействие в области мирного атома, белорусская сторона намерена продолжать экспертное сотрудничество с МАГАТЭ на уровне оценочных миссий. До ввода БелАЭС в эксплуатацию планируется провести следующие миссии: по оценке аварийной готовности (EPREV), по оценке государственной системы учета и контроля ядерных материалов (ISSAS), по рассмотрению вопросов эксплуатационной безопасности (Pre-OSART), по оценке национальной инфраструктуры ядерной энергетики на этапе строительства АЭС (миссия INIR) и ряд других.

Подготовлено по материалам Департамента по ядерной энергетике Министерства энергетики Республики Беларусь

ЧЕТЫРЕ ПОКОЛЕНИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Прообраз ядерного реактора был построен в декабре 1942 года в США под руководством итальянского физика Э. Ферми. В СССР первый реактор Ф-1 был создан под руководством академика И.В. Курчатова. Реактор начал работу 25 декабря 1946 года. Он был в форме шара диаметром около 7,5 м, не имел системы охлаждения, в связи с чем работал на очень малых уровнях мощности. И только через несколько лет – 27 июня 1954 года вступила в строй первая в мире атомная электростанция мощностью 5 МВт в г. Обнинске. За десятилетия, прошедшие с тех пор, технология создания реакторов для атомных электростанций стала значительно более совершенной.



Г.Г. ШПУНТОВ,
начальник отдела УМО учебно-тренировочного центра
Белорусской АЭС

Гениальное предвидение

В апреле 1956 года в британском ядерном центре в Харуэле основоположник советской ядерной промышленности И.В. Курчатова озвучил свой прогноз: «Реакторы с водяным замедлителем соединяют высокий коэффициент воспроизводства ядерного горючего с простотой и компактностью конструкции. По нашему мнению, они являются перспективными для большой атомной энергетики ближайшего будущего». Оказалось, что не только ближайшего. Реакторы с водяным замедлителем до сих пор остаются основой мировой атомной энергетики и останутся такими как минимум до конца XXI века.

В настоящее время в мире работает 449 энергетических реакторов совокупной электрической мощностью 392 197 МВт. Водоохлаждаемые реакторы составляют более 95 % мирового энергетического парка и более 95 % вновь строящихся реакторов. Из общего числа действующих сегодня реакторов 292 – это реакторы под давлением (PWR – pressurized water reactors; к ним относятся и ВВЭР-1200, которые будут эксплуатироваться на БелАЭС); 49 – реакторы с тяжелой водой; 11 советских РБМК* и остальные – корпусные кипящие реакторы (BWR – boiling water reactors). Их общая наработка составляет 17 006 реакторо-лет, что позволяет говорить о солидном разноплановом опыте эксплуатации.

Кратко напомним принцип классификации. В кипящих реакторах теплоноси-

тель частично испаряется в активной зоне, и полученный пар поступает непосредственно на турбину. В реакторах под давлением кипение подавляется избыточным давлением, жидкий теплоноситель из реактора поступает в парогенератор, где отдает тепловую энергию кипящей воде второго контура, а полученный таким образом пар поступает на турбину. Реакторы с тяжелой водой используют в качестве замедлителя (и, как правило, теплоносителя) D₂O и имеют более сложную конфигурацию, достойную отдельного рассмотрения.

По количеству реакторов лидером являются США, пережившие в 1960–1970 годах настоящий бум строительства АЭС. В те времена частным компаниям были выданы более 200 лицензий на строительство, значительная часть которых была реализована, так что сейчас в США в рабочем состоянии находятся 99 энергоблоков. На втором месте – Франция, затем Япония, Китай, Россия. Однако, учитывая размах современного строительства атомных электростанций, в бли-

жайшем будущем на втором месте явно окажется Китай. В 2016 году в мире были введены в эксплуатацию 10 энергоблоков: пять – в Китае, по одному в Южной Корее, США, России, Индии и Пакистане.

Следует заметить, что реакторы постройки 1960–1990 годов рассчитывались на 25–30-летнюю эксплуатацию. Более стойкие к совместному воздействию радиации и коррозии материалы и технологии появились позже. Около 1/3 реакторов уже отработали свой проектный срок (см. диаграмму). Несмотря на то что срок эксплуатации некоторых из них удастся продлить еще на 10–15 лет, в ближайшее время их в любом случае придется остановить, замещая другими генерирующими мощностями. И если Европа пребывает в эйфории от возобновляемых источников энергии,



Диаграмма распределения реакторов по году введения в эксплуатацию

* РБМК – канальные кипящие реакторы с графитовым замедлителем (реакторы черновильского типа).

то прагматичный Китай активно развивает ядерные технологии.

Поколение I

Реакторы 1950–1960 годов относились к первому поколению, которое условно можно назвать военно-научным. Они не имели коммерческой ценности, производство энергии было побочным следствием их работы, да и электрическая мощность блоков составляла всего десятки мегаватт (некоторые блоки были позже усовершенствованы, и их мощность превысила 100 МВт). Многие из этих реакторов нарабатывали плутоний для атомных бомб и активно использовались для научных экспериментов и отработки технологий, поэтому реакторы первого поколения отличались большим разнообразием принципов работы и конструкций. Например, британский Calder Hall, запущенный в 1956 году, относился к типу Magnox, имел алюмо-магниевою топливную матрицу, графитовый замедлитель, двуокись углерода в качестве теплоносителя, мощность 24 МВт(э). Полное описание его конструкции находилось в открытом доступе, благодаря чему было заимствовано Северной Кореей для наработки оружейного плутония. Американский реактор Fermi-1 работал на быстрых нейтронах с расплавленным натрием в качестве теплоносителя и достигал мощности 64 МВт(э). Другой американский реактор – Shippingport мощностью 60 МВт(э) использовался как размножитель в урано-ториевом цикле.

Безусловно, развитие ядерной энергетики требовало колоссальных инвестиций и было немислимо без мощной государственной поддержки, обусловленной военными запросами.

Поколение II

Период развития атомной энергетики с середины 1960-х до середины 1990-х годов можно было бы назвать наивно-эйфорическим: чего стоит, например, прогноз МАГАТЭ в 1974 году о том, что к концу XX века в мире будет работать 4500 энергетических реакторов! На этом этапе экзотические технологии в ядерной энергетике, предполагающие использование жидкометаллического или жидкосолевого теплоносителя, быстрых нейтронов и т.п., были вытеснены в исследовательскую сферу, а на смену пришли серийные реакторы трех доминирующих и ныне типов: кипящие (BWR), под давлением (PWR) и тяжеловодные, а также советские РБМК. Их мощность



АЭС «Шуз», 2-е поколение, Франция

составляла от нескольких сотен до 1500 МВт(э). Многие из этих реакторов успешно работают и сейчас, пережив многочисленные инспекции и модернизации.

АЭС с реакторами второго поколения давали достаточно недорогую энергию, их создатели искренне верили в окончательное «приручение» энергии атома: академик А.П. Александров уверял руководство СССР в том, что РБМК можно строить хоть на Красной площади. АЭС росли как грибы, но подготовка персонала отставала: например, первый блок Чернобыльской АЭС был сдан в эксплуатацию в 1977 году, а полномасштабный тренажер проектом был вообще не предусмотрен. Строительство учебно-тренировочного центра на ЧАЭС было начато только в 1985 году, когда уже заработал четвертый блок.

Руководство энергетической отрасли в те времена, видимо, рассматривало реакторы как некую особую разновидность котлов, о безопасности которых исчерпывающим образом позаботились разработчики. Однако именно реакторам второго поколения мы обязаны тремя самыми известными ядерными авариями: на АЭС «Три-Майл-Айленд» (1979 год), Чернобыльской (1986) и «Фукусима-1» (2011). Две последние можно без преувеличения назвать планетарными катастрофами.

Поколение III

Ядерные реакторы третьего поколения пришли на смену второму поколению в первую очередь как радикально более безопасные. Их существенным преимуществом являются более низкие затраты на создание и эксплуатацию за счет:

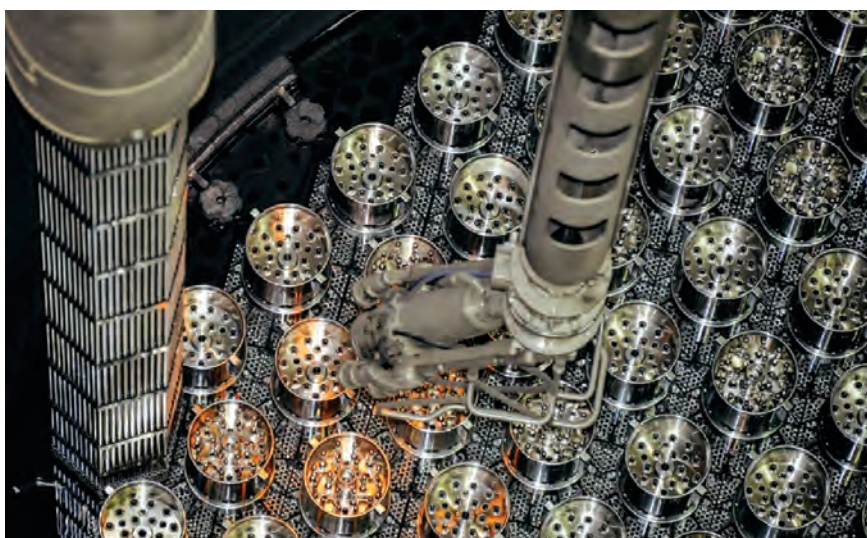
- упрощения конструкции посредством инноваций и инжиниринга;
- стандартизации и унификации оборудования;
- сокращения сроков строительства путем применения улучшенной строительной технологии;
- применения модульной конструкции и заводской сборки полуфабрикатов;
- продления сроков эксплуатации;
- оптимизации топливного цикла.

Реакторы третьего поколения имеют также улучшенные эксплуатационные характеристики за счет:

- создания конструкции реактора с ориентацией на требования заказчика;
- внедрения более коррозионностойких материалов;
- использования высоконадежных компонентов и систем;
- внедрения систем пассивной безопасности;
- перехода на цифровые системы управления и компьютерные технологии;
- достижения более низкой дозовой нагрузки на персонал.



На пульте управления Смоленской АЭС (реактор РБМК, 2-е поколение)



Активная зона ВВЭР-1200 - перегрузка

Все ныне предлагаемые реакторы рассчитаны на срок эксплуатации 60 лет и более, так что некоторые из них будут работать и в XXII веке.

Поколение III+

К реакторам поколения III+ относятся реакторы, конструкция которых учитывает жесткие уроки Фукусимской аварии. В основном они отличаются более развитыми системами пассивной безопасности, а также дублированием и резервированием систем, обеспечивающих безопасность.

Поколение IV

Термин «реакторы четвертого поколения» уже прочно вошел в лексикон энергетиков-ядерщиков. Тем не менее пока точно никто не может сказать, какими будут ядерные реакторы четвер-

того поколения. Специалисты предлагают несколько возможных путей их развития (газоохлаждаемые, жидкосолевые, жидкометаллические – натриевые и свинцовые, сверхкритические** и сверхвысокотемпературные).

Основной общей чертой ядерных реакторов четвертого поколения является использование технологии замкнутого топливного цикла, при котором в реакторе происходит превращение части урана-238 в плутоний-239 и использование плутония в качестве мирного ядерного топлива. Если человечество не осилит коммерческое освоение замкнутого топливного цикла, то столкнется с дефицитом урана-235, а огромные запасы наработанного плутония останутся всего лишь опаснейшими радиоактив-

** Сверхкритические не в ядерном смысле, а в смысле температуры воды.

ными отходами, а не полезным источником энергии.

Равным образом перед разработчиками ставится задача максимального «выжигания» актинидов – опасных высокоактивных продуктов деления урана.

Второе характерное для реакторов четвертого поколения направление – повышение КПД энергоблоков за счет освоения высоких температур. Общее понимание принципиальной зависимости КПД установки от температуры рабочего тела дает школьная формула Карно. Реальный КПД любой АЭС сейчас чуть выше 30 %. В традиционной теплоэнергетике давно освоены сверхкритические температуры, что позволило КПД перешагнуть за 40 %. В настоящее время ведущие поставщики ядерных технологий разрабатывают реакторы со сверхкритическими параметрами воды. Например, одной из концептуальных разработок Росатома является ВВЭР СКД мощностью 1700 МВт(э). Топливом для него служит уран-плутоний-торий, давление достигает 25/23,8 атм., температура на выходе составляет 540 °С. Это одноконтурный реактор с быстро-резонансным спектром нейтронов, КПД порядка 45 %, коэффициентом воспроизводства топлива ~1 (то есть выгорание урана-235 будет сопровождаться наработкой из неделящегося урана-238 примерно такого же количества делящегося плутония-239). Соответствующий европейский проект называется SCWR (super-critical water reactor – сверхкритический водоохлаждаемый реактор).

Еще более перспективным выглядит применение в ядерной энергетике смешанного газо-парового цикла, когда теплоноситель сначала срабатывает на газовой турбине, а затем отдает тепловую энергию воде второго контура для утилизации в паровом цикле. В этом случае суммарный КПД может превысить 50 %, как на современных тепловых электростанциях.

Не менее перспективно прямое применение тепловой энергии ядерного реактора в различных технологических процессах, как, например, уже частично освоенные технологии отопления или опреснения морской воды. Особенно интригующая идея – получение водорода методом реформинга метана или термохимическим методом, учитывая перспективность водорода как высокоэкологичного горючего для двигателей внутреннего сгорания и поддающегося аккумулированию энергоносителя.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ И ИННОВАЦИИ В СФЕРЕ ОКАЗАНИЯ УСЛУГ

Для современного этапа научно-технического прогресса характерно активное внедрение все более совершенных технологий, призванных облегчить нашу жизнь. В сфере предоставления услуг населению, информирования и взаимодействия с организациями, их оказывающими, эти возможности достигли значительных масштабов. В статье представлены инновационные подходы УП «Гроднооблгаз» в сфере оказания услуг по обеспечению потребителей газообразным и твердыми видами топлива.



Д.В. ТУРЛАЙ,
главный инженер Гродненского
производственного управления
УП «Гроднооблгаз»

В условиях существующего разнообразия возможностей в сфере оказания услуг по обеспечению потребителей газообразным и твердыми видами топлива принципиально важно четко оценивать целесообразность внедрения тех или иных технологий с точки зрения затрачиваемых ресурсов и получения необходимого результата.

Интерактивное взаимодействие с клиентом

С 4 сентября 2015 года в г. Гродно полномасштабно функционирует Расчетно-информационный центр ПУ «Гродногаз», в котором реализовано новое направление – интерактивное взаимодействие с клиентами. Введение в практику этого инновационного подхода стало возможным благодаря дооснащению стандартных рабочих мест, разделенных перегородками, тремя интерактивными моноблоками. Устройства снабжены

функцией двустороннего взаимодействия с серверами УП «Гроднооблгаз» посредством оптоволоконной связи. С помощью моноблоков клиент может получить разностороннюю информацию о предприятии, действующих тарифах и способах экономии газа, а также использовать ряд уникальных возможностей, позволяющих заменить общение со специалистом.

Одна из таких возможностей – **инструктаж по безопасному пользованию газом в быту**. После того как клиент вносит свои персональные данные в предложенную электронную форму, запускается видеоматериал инструктажа. По окончании просмотра автоматически распечатывается готовая ведомость, которую подписывают и скрепляют печатью сотрудники центра. Если инструктаж прослушан не полностью, сотрудник центра (и только он) может остановить процесс инструктирования, но при этом,

соответственно, документ об ознакомлении не распечатывается. При необходимости существует возможность повторного просмотра любого раздела видеoinструктажа либо его текстового варианта.

С помощью моноблока потребитель также может подать заявки на доставку сжиженного углеводородного газа в 50-литровых баллонах, ремонт газового оборудования и газификацию.

Заявка на доставку сжиженного углеводородного газа в 50-литровых баллонах оформляется по установленной форме с указанием адреса либо лицевого счета. При этом заявитель получает информацию о стоимости газа, датах следующей и предыдущей доставки.

При подаче **заявки на ремонт газового оборудования** также предусмотрено внесение персональных данных. Затем заявитель выбирает из предлагаемого списка необходимый вид ремонтной работы, и далее заявка в электронном виде передается в службу учета газа и режимов газоснабжения филиала, где адресуется соответствующим ремонтным бригадам. Для исключения размещения ложных «спам-заявок» введена защита посредством получения кода подтверждения на мобильный телефон заявителя. Перед тем как принять заявку к исполнению система высылает код подтверждения на указанный при заполнении заявки номер мобильного телефона,



Интерактивные моноблоки Расчетно-информационного центра

и только после подтверждения полученного кода через форму моноблока заявка принимается в работу. При подаче заявки через интернет-сайт УП «Гроднооблгаз» данная возможность имеет дополнительную защиту от автоматического заполнения форм.

Как и в двух предыдущих случаях, **заявка на газификацию** (проектирование и строительство газопровода ввода и внутренних газопроводов) заполняется по установленной форме, после чего происходит автоматическая распечатка заявления. Параллельно заявка поступает на все рабочие места специалистов центра, и свободный сотрудник принимает ее на своем персональном компьютере. В это время программа моноблока предлагает клиенту пройти к соответствующему рабочему месту центра для продолжения работы. Сотрудник, принявший заявку, сканирует необходимые документы, предоставляемые клиентом, и вместе с заявлением пересылает их посредством оптоволоконной связи в службу заказчика филиала, выполняющую функции «одного окна» при газификации (выбор проектных и строительных организаций для проектирования и строительства газовых сетей и сооружений, предпроектная подготовка, консультации о возможности газификации, технический надзор за строительством и приемка объектов в эксплуатацию), где продолжается работа по заключению договора инвестирования, получению технических условий и т.д.

Использование моноблоков обеспечивает потребителю возможность **просмотра персональных данных в «личном кабинете»**, где размещена информация об установленном у потребителя газоиспользующем оборудовании, количестве потребленного природного газа и начислениях за любой отчетный период.

Внедрение технологии позволяет также обеспечивать **видеосвязь с руководством филиала** посредством программы Skype. В случае если установить соединение невозможно, клиент может оставить видеосообщение. Кроме того, руководитель центра имеет возможность по любым интересующим клиента вопросам связаться с рабочим места с помощью видеосвязи с ведущими отделами филиала: службой ремонтно-восстановительных работ и врезок, отделом правовой и кадровой работы, службой учета газа и режимов газоснабжения,



Интерактивная видеостена аварийно-диспетчерской службы



Система цифровой радиосвязи аварийно-диспетчерской службы

производственно-техническим отделом, службой по обслуживанию внутридомового газоиспользующего оборудования филиала.

Необходимо отметить, что часть функций моноблоков после опытной апробации в Расчетно-информационном центре реализована на сайте УП «Гроднооблгаз», что уже сегодня позволяет клиентам размещать заявки, пользоваться «личным кабинетом» и другими опциями прямо со своих мобильных устройств.

Модернизация рабочего места диспетчера

На базе аварийно-диспетчерской службы филиала модернизировано рабочее место диспетчера. Интеллектуальным центром обновленной диспетчерской стала интерактивная видеостена, оснащенная собственным сервером и взаимодействующая с серверами УП «Гроднооблгаз». Благодаря этой технологии нет необходимости в приобретении дополнительных дорогостоящих драйверов

для разделения/объединения информации. Видеостена позволяет организовывать любое количество рабочих столов с заранее подготовленной и размещенной необходимой информацией (в настоящее время используется 4 независимых рабочих стола). Система отображения такого количества оперативной и крайне необходимой информации натолкнула на необходимость обеспечить взаимосвязь новой технологии с инновационными разработками, внедренными в филиале. Среди них:

– **республиканский программный продукт «Панорама»** – уникальная, постоянно развивающаяся система, отображающая все сети газоснабжающих организаций с коммуникациями. Она содержит полную информацию о системе газораспределения и газопотребления, включая отсканированную архивную документацию;

– **система SCADA**, отображающая телеметрические данные всех эксплуатируемых газорегуляторных пунктов. Система дает возможность контроли-



Аварийная бригада ПУ «Гродногаз»

ровать входное и выходное давление газа, состояние загазованности технологического помещения, наличие питающего напряжения, открытие дверей всех помещений;

– **система телемеханики станций катодной защиты**, обеспечивающая активную защиту стальных газопроводов от электрохимической коррозии и позволяющая осуществлять дистанционную коррекцию основных параметров работы станции (ток, напряжение, потенциал);

– **система цифровой радиосвязи** – новый уровень коммуникации, позволяющий не только получить качественную связь с большой площадью покрытия, но и производить аудиозапись всех переговоров, фиксацию треков перемещения сотрудников аварийно-диспетчерской службы, передачу информационных пакетов, подключение специальной видеозаписывающей гарнитуры, устройств защиты от потери зоны покрытия (когда радиостанция сигнализирует о том, что потеряна связь с центральной диспетчерской, работник обязан вернуться в зону устойчивого приема и согласовать свои последующие действия с диспетчером) и т.д. Система имеет очень широкий спектр возможностей;

– **программа «1С: Предприятие»**, позволяющая вести автоматизированный прием и учет аварийных заявок;

– **видеосвязь в режиме конференции** с основными отделами и службами филиала с возможностью связи с диспетчерскими Скидельского и Щучинского районов газоснабжения, а также с аварийным автомобилем VW T6 (передвижной штаб руководителя смены);

– **базы данных** потребителей газа, установленного газоиспользующего оборудования, учета природного газа и т.п.

Перспективы развития предприятия

Главным акцентом как в Год науки, так и в долгосрочных планах предприятия останется инновационная составляющая. В качестве перспективных, наряду с прочими, планируется развивать целый ряд направлений, предусматривающих внедрение новых технологий и применение новых подходов.

Так, предполагается реализовать беспрецедентный проект по созданию эффективных приложений для мобильных устройств, позволяющих организовывать личные кабинеты пользователей и обеспечивать взаимодействие между потребителем и газоснабжающей организацией. Это будет абсолютно интерактивный, максимально удобный и гибкий в настройках продукт, предоставляющий возможность обратной связи, а значит и влияния на процессы развития предприятий тех, ради кого это развитие необходимо – наших клиентов.

Будет также доработан программный комплекс «Панорама» в части моделирования аварийных ситуаций на распределительных сетях, в том числе с использованием предварительно снятых GPS-координат сетевых устройств (формирование маршрута как автомобильного, так и пешего передвижения к отключающим устройствам при работе на месте повреждения газопровода), автоматического перемещения карты при вводе адреса или точки с отображением всех коммуникаций в пределах 50-метровой зоны, автомасштабирования

при определении звонка с мобильного либо стационарного телефона.

Планируется поднять на новый уровень способы коммуникации руководителей структурных подразделений за счет приобретения соответствующих мобильных устройств, увеличения служебного интернет-трафика (использование программ Skype, Viber, Zoom, TeamTalk и т.п.), а также разработки приложения для Android «Мобильный руководитель» с выводом основных параметров газораспределительной системы на мобильное устройство с различными уровнями доступа, возможностью автоматического получения ключевой информации в режиме реального времени.

Кроме того, предполагается оборудовать автомобили по доставке СУГ в баллонах системами видеонаблюдения. Опытная эксплуатация таких систем успешно прошла на базе ПУ «Гродногаз».

Заключение

Все указанные выше инновационные подходы направлены в первую очередь на организацию эффективной работы персонала предприятия путем внедрения максимально автоматизированных процессов, требующих лишь сопровождения программного обеспечения, модернизации и обновления баз данных. Важно постоянно оценивать эффективность и целесообразность применяемых инновационных подходов и систематически производить сверку относительно четко обозначенных целей (безопасность, затрачиваемое время, экономия сил и средств и т.п.).

Изначально представление о том, какие инновации нужны для совершенствования производственного процесса, начинает формироваться в нашем сознании. Оно основывается на стремлении сделать нашу работу более качественной и безопасной. При этом необходимо понимать, что успешное функционирование предприятия сегодня неизбежно связано с внедрением и применением инновационных подходов буквально во всем. Это касается технологий, оборудования, программных продуктов, методов организации труда и т.д. Научно-технический прогресс неостановим, и именно им обусловлено современное развитие общества в целом и экономики в частности. Соответствие или несоответствие происходящим в этой сфере процессам так или иначе определяет успешность работы любой организации.

О НЕОБХОДИМОСТИ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Устойчивое функционирование и развитие газоснабжающих систем в республике невозможно без формирования системы управления, основанной на использовании методологии системного анализа и различного типа (вида) моделей, позволяющих решать весь комплекс задач управления. Первым шагом на пути создания такой системы в Республике Беларусь должно стать изучение как элементов структуры системы газоснабжения – региональных систем газоснабжения, так и общих закономерностей их функционирования.

Методические основы системных исследований в энергетике были заложены в 60-е годы прошлого столетия академиком Львом Александровичем Мелентьевым. Именно его называют создателем нового научного направления, в рамках которого была разработана методология изучения функционирования и развития систем энергетического комплекса, инструментарием которой является постоянно развивающийся комплекс интерактивных имитационных и оптимизационных математических моделей, использующих большие распределенные базы данных по секторам энергетики [1, 2]. В настоящее время исследованием систем энергетики, к которым относится и система газоснабжения, наиболее активно занимается Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения РАН. Кроме того, в этой области работают Международное энергетическое агентство (International Energy Agency), Международный институт прикладного системного анализа (IIASA), Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), Институт энергетических исследований РАН, ОАО «Институт «Энергосетьпроект».

Применительно к нашей стране мотивацией к изучению структуры и закономерностей формирования и функционирования региональных систем газоснабжения и системы газоснабжения республики в целом является комплекс

задач, которые вынуждены решать предприятия газоснабжения уже сегодня. Рассмотрим наиболее важные из них.

Составление заявок планируемого объема поставок газа

Региональные предприятия газоснабжения сталкиваются с необходимостью составления заявок планируемого объема поставок газа. Отклонение последующего реального потребления газа от ранее заявленного объема может привести к появлению штрафных санкций со стороны поставщиков. Проблема на сегодняшний день решается методом прямого счета «от достигнутого», то есть путем формирования объема поставок на основе заявок по основным группам потребителей. Такой подход чаще всего влечет завышение планируемых объемов поставки газа.

На примере предприятия по выпуску листового стекла рассмотрим ошибки, которые могут быть допущены при составлении заявки на поставку природного газа с использованием метода «прямого счета», не учитывающего закономерностей формирования объема потребления газа в технологическом процессе предприятия.

Природный газ на предприятии используется в технологии как топливо для стекловаренных печей. Ранее проведенные исследования [3] позволили установить общий вид гиперболической



Н.В. ГРУНТОВИЧ,
д.т.н., главный
научный сотрудник
ГП «НИИ Белгипротопгаз»



Д.Р. МОРОЗ,
к.т.н., директор
ГП «НИИ Белгипротопгаз»



В.Е. ШОЛНИК,
генеральный директор
УП «МИНГАЗ»

зависимости удельного расхода газа от производительности печи:

$$W_{уд.газ} = w_{уд.техн.} + W_{усл.-пост} / \Pi, \text{ т у.т./т,}$$

где $w_{уд.техн.}$ – технологический удельный расход газа на плавку 1 т листового стекла; Π – суточный объем производства листового стекла, т; $W_{усл.-пост}$ – условно-постоянная составляющая расхода газа печи технологической линии производства листового стекла, т у.т.

Условно-постоянная составляющая определяется затратами газа на поддержание стекловаренных печей в работоспособном состоянии. На основе суточной статистики по расходу газа, его калорийности, объемам производства стекла определены параметры модели для текущего года:

Зависимость удельного расхода газа от суточной производительности представлена на рисунке 1.

В отчетном году предприятие работало со среднесуточной производительностью 550 т/сут при фактическом достигнутом удельном расходе газа 0,267 т у.т./т выпущенного листового стекла. Допустим, что в следующем году предприятие планирует работать со среднесуточной производительностью 700 т/сут. **В связи с отсутствием моделей для прогнозирования расхода газа, что характерно для большинства предприятий республики, расчет плановой потребности в газе будет определяться исходя из достигнутого значения удельного его расхода на выпуск продукции и плана выпуска продукции.** Тогда предприятие составит заявку на технологический газ в объеме:

$$W_{газ} = 0,267 \text{ т у.т./т} \cdot 700 \text{ т/сут} = 186,7 \text{ т у.т./сут,}$$

$$\text{или } 68\,218,5 \text{ т у.т./год,}$$

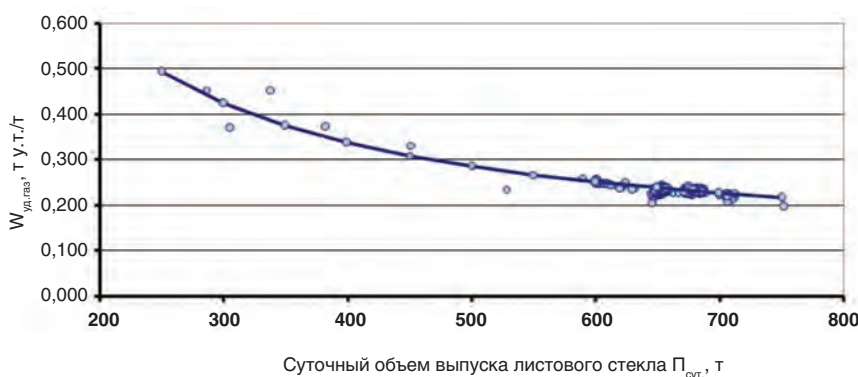


Рис. 1. Зависимость удельных расходов газа при производстве листового стекла от суточной производительности

| Модель | $W_{уд.техн.}^3$ т у.т./т | Условно-постоянная расхода газа печью производства листового стекла, $W_{усл.-пост}^3$, т у.т. |
|---|------------------------------|---|
| $W_{уд.газ} = w_{уд.техн.} + W_{усл.-пост} / \Pi =$ $= 0,08 + 103,1 / \Pi, \text{ т у.т./т}$ | 0,08 | 103,1 |

что в абсолютном выражении составляет **59 840,8 тыс. м³**. Однако если учесть закономерности функционирования производства листового стекла, то по модели зависимости удельного расхода газа на производство листового стекла от производительности печи (см. рис. 1) при плановой производительности 700 т/сут удельный расход газа составит 0,227 т у.т./т, реальный объем газа – 158,9 т у.т./сут, или 57 998,5 т у.т./год, что в абсолютном выражении равно **50 875,9 тыс. м³**. Погрешность в данном случае оценивается в 17,6 % в сторону завышения потребности в газе.

Оценка погрешности в определении плановой потребности газа для других плановых значений объемов производства приведена в таблице 1. Причем, как видно из таблицы, погрешность может быть как положительной (завышение объема поставки), так и отрицательной (занижение объема поставки), а разброс ошибки при формировании заявки в зависимости от планового значения среднесуточного выпуска продукции может колебаться в пределах от –41,9 % до +31,8 % для данного предприятия.

Такой разброс ошибки при составлении заявки на следующий год показан на примере одного предприятия, а общее количество предприятий в регионе может достигать несколько сотен.

При составлении заявок на следующий год необходимо обратить особое внимание на потребителей, которые используют газ как топливо или как сырье в технологическом процессе. Таких пред-

приятий в каждом регионе едва ли наберется десяток. Использование для прогнозирования расхода газа именно однофакторных моделей «выпуск продукции – объем потребления газа» объясняется тем, что качественные и количественные показатели технологического оборудования предприятий относительно стабильны на сравнительно небольших отрезках времени (год–два) и используемое сырье также обладает относительно устойчивыми характеристиками, не говоря уже о среднегодовой температуре наружного воздуха. Соответственно, и модель для прогнозирования потребности газа, его удельных расходов на выпуск продукции таких потребителей будет представлять собой зависимость энергопотребления только от объемов выпускаемой продукции. Взаимосвязь между энергетикой и технологией в этом случае будет носить *простой характер* [4].

Приведенные примеры показывают, что разработка и использование простейших однофакторных моделей гиперболического вида зависимости потребления газа от объема выпуска продукции позволит минимизировать ошибки при составлении заявки по данной группе потребителей.

Разработка проектов развития и реконструкции систем газоснабжения и хранения газа

В монографии ученых Сибирского отделения Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева выделяется проблема старения основных фондов [5]. Так, в Российской Федерации почти две трети магистральных газопроводов находятся в эксплуатации более 30 лет, а порядка 40 % установленной мощности газоперекачивающих агрегатов нуждается в замене и модернизации. Столько же времени эксплуатируются газораспределительные сети городов и промышленных центров.

В Республике Беларусь также достаточно остро стоит вопрос о необходимости замены большого количества физически и морально устаревшего оборудования. Решение этого вопроса

Таблица 1. Оценка погрешности в определении плановой потребности в газе

| P _{сут} , т | Возможное плановое значение на следующий год, т/сут (снижение среднесуточного объема выпуска продукции) | | | | | Режим базисного года | Возможное плановое значение на следующий год, т/сут (повышение среднесуточного объема выпуска продукции) | | | | |
|--|---|-------|--------|-------|--------|----------------------|--|-------|--------|-------|--------|
| | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | | 500 | 550 | 600 | 650 | 700 |
| Значение удельного расхода газа по модели, W _{уд.мод.} , т у.т./т | 0,492 | 0,424 | 0,375 | 0,338 | 0,309 | 0,286 | 0,267 | 0,252 | 0,239 | 0,227 | 0,217 |
| Оценка плановой потребности среднесуточного расхода газа по достигнутому данным базисного года, W _{баз.} , т у.т./сут | 71,5 | 85,8 | 100,1 | 114,4 | 128,7 | 143 | 157,3 | 171,6 | 185,9 | 200,2 | 214,5 |
| Оценка плановой потребности среднесуточного расхода газа по модели, W _{мод.} , т у.т./сут | 123 | 127,2 | 131,25 | 135,2 | 139,05 | 143 | 146,85 | 151,2 | 155,35 | 158,9 | 162,75 |
| Погрешность заявки, Δ, % | -41,9 | -32,5 | -23,7 | -15,4 | -7,4 | 0,0 | 7,1 | 13,5 | 19,7 | 26,0 | 31,8 |

требует тщательного анализа самой структуры потребителей и сценариев их дальнейшего развития с учетом всех возможных альтернативных источников энергии и ценового фактора по каждому энергоресурсу.

При разработке инвестиционных проектов развития региональных систем газоснабжения одним из определяющих факторов его экономической эффективности является **достоверная оценка прогнозного спроса на газ**. Эта оценка может быть выполнена с использованием зависимости «цена на газ – спрос со стороны потребителей». Разница между прогнозным спросом при определенной цене и фактическим потреблением газа и составляет потенциал сбыта газа в регионе. В зависимости от значения этого потенциала можно принимать решения о размерах инвестиций в распределительные сети, сроках ввода новых объектов в соответствии с динамикой спроса.

Формирование действующих тарифов на газ для различных групп потребителей с учетом рентабельности их производств

В решении задачи формирования действующих тарифов на газ для различных групп потребителей, на первый взгляд, кроется противоречие между поставщиком и потребителем газа. Поставщик газа заинтересован в извлечении наибольшей прибыли. Однако, не учитывая интересы второй стороны (рентабельность производства, цены на конечную продукцию), поставщики газа рискуют потерять ключевых потребителей (прежде всего промышленные предприятия), поскольку последние вынуждены будут включать в технологический процесс альтернативные газу источники энергии. В условиях рыночных отношений, когда

Таблица 2. Показатели работы котельной предприятия по выпуску спирта

| № п/п | Показатели работы котельной | 2013 год | 2016 год (10 месяцев) |
|------------|--|-----------------|-----------------------|
| 1 | Котел ДКВР | | |
| 1.1 | Отпущено тепловой энергии, Гкал | 1092,4 | 20 305,0 |
| 1.2 | Потребление топлива, т у.т. | 187,5 | 3577,2 |
| 1.3 | Потребление мазута, т | 136,8 | 2611,1 |
| 1.4 | Потребление электроэнергии, тыс. кВт·ч | 19,2 | 248,3 |
| 1.5 | Удельный расход топлива, кг у.т./Гкал | 171,6 | 176,2 |
| 1.6 | Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/Гкал | 17,6 | 12,2 |
| 2 | Котел Vitomax 200 HS | | |
| 2.1 | Отпущено тепловой энергии, Гкал | 37820,2 | 13 389,8 |
| 2.2 | Потребление топлива, т у.т. | 5854,5 | 2057,9 |
| 2.3 | Потребление газа, тыс. м ³ | 5090,9 | 1789,5 |
| 2.4 | Потребление электроэнергии, тыс. кВт·ч | 180,5 | 62,8 |
| 2.5 | Удельный расход топлива, кг у.т./Гкал | 154,8 | 153,7 |
| 2.6 | Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/Гкал | 4,8 | 4,8 |
| | Итого тепловой энергии, Гкал | 38 912,6 | 33 694,7 |

энергетическая составляющая затрат на выпуск продукции может достигать для отдельных производств 30–50 %, повышение тарифа на энергоресурс способно в одночасье разорить самое современное с точки зрения технологий предприятие и вывести его с рынка в связи со снижением конкурентоспособности продукции.

Рассмотрим конкретный пример. Предприятие по выпуску спирта провело модернизацию производства и установило брагоректификационный аппарат БРУ-3000, который позволил при сохранении высокого качества продукции обеспечить снижение удельного расхода тепловой энергии на ее производство. Тепловая энергия на технологию вырабатывалась собственной котельной. Основной вид топлива – природный газ (котел Vitomax 200 HS), резервный вид топлива – мазут (котлы ДКВР). Однако из-за действующих тарифов на природный газ предприятие в 2016 году вынуждено было практически полностью перейти на использование резервного вида топлива. В таблице 2

приведены данные по работе котельной предприятия в 2013 и в 2016 годах.

Как видно из показателей работы котельной, из-за возросшего тарифа на газ произошло изменение соотношения потребляемого топлива в 2016 году по сравнению с 2013-м: потребление мазута за 10 месяцев возросло в 19,1 раза, а газа – уменьшилось в 2,8 раза. Перейдя на резервный вид топлива, предприятие сохранило рентабельность своего производства.

Рассмотрим также влияние тарифа на газ на себестоимость продукции на примере предприятия по выпуску листового стекла. В таблице 2 представлен удельный вес затрат по статьям расхода в структуре себестоимости 1 м² листового стекла марки М0-М7.

В 2010 году после ввода в эксплуатацию новой технологической линии производства Германии **снижение удельных расходов суммарных энергозатрат** (газ и электроэнергия) на производство листового стекла **составило**

Таблица 2. Оценка удельного веса затрат по статьям расхода в структуре себестоимости 1 м² листового стекла

| Наименование статей затрат | Удельный вес затрат по статьям расхода в себестоимости 1 м ² листового стекла марки М0-М7 | | |
|--|--|-------------------------|-----------------------|
| | Газ по цене 2013 года | Газ с учетом льготы 40% | Газ по цене 2016 года |
| Сырье | 34 | 37 | 38 |
| Основные материалы | 1 | 1 | 1 |
| Вспомогательные материалы | 10 | 11 | 11 |
| Топливо технологическое | 23 | 15 | 12 |
| Электроэнергия технологическая | 8 | 9 | 9 |
| Основная заработная плата производственных рабочих | 2 | 2 | 2 |
| Дополнительная заработная плата | 0 | 0 | 0 |
| Отчисления в фонд соцзащиты населения (34 %) | 1 | 1 | 1 |
| Обязательное страхование от несчастных случаев на производстве | 0 | 0 | 0 |
| Резерв на холодный ремонт | 0 | 0 | 0 |
| Общепроизводственные расходы | 12 | 14 | 14 |
| Итого цеховая себестоимость | 90 | 89 | 89 |
| Общехозяйственные расходы | 5 | 6 | 6 |
| Внепроизводственные расходы | 5 | 5 | 5 |
| Отчисления в инновационный фонд | 0 | 0 | 0 |
| Расходы на доставку | 0 | 0 | 0 |
| Полная себестоимость | 100 | 100 | 100 |
| Изменение себестоимости по отношению к 2013 году | 0% | -9,4% | -12,4% |

29 % при производительности 450 т/сут. При производительности 750 т/сут значение удельного расхода суммарных энергозатрат достигло 0,24 т у.т./т, что соответствует лучшим мировым показателям производства листового стекла. Кроме того, после ремонта старой технологической линии эффективность ее работы по суммарным энергозатратам в максимуме повысилась на 15 % (при сравнении одинаковых по производительности режимов 2010 и 2013 годов). С учетом наращивания объема суточной производительности результирующая энергоэффективность производства листового стекла составила 26 %.

Однако даже такие результаты модернизации и реконструкции производства не помогли предприятию удержаться на рынке стекла, поскольку энергетическая составляющая затрат в структуре себестоимости продукции достигала 23 % (при цене на газ на уровне 2013 года, см. табл. 2). И только снижение в 2015–2016 годах цены на газ для данного предприятия позволило уменьшить энергетическую составляющую затрат в структуре себестоимости продукции до 12 % и себестоимость продукции в целом на 12,4 %. Благодаря этому предприятие смогло обеспечить сбыт высококачественной продукции и рентабельность современного производства.

Таким образом, при формировании цены на газ необходимо учитывать интересы как поставщика, так и потреби-

телей. Это в значительной мере будет способствовать устойчивому функционированию и развитию экономики в регионе.

Рассмотрев наиболее важные задачи, которые необходимо решать региональным газоснабжающим предприятиям, подчеркнем, что без знаний о структуре и закономерностях функционирования таких сложных технологических систем, как система газоснабжения, невозможно эффективное управление ими.

Очевидным является то, что в Республике Беларусь требуются разработка и внедрение современных научных подходов для эффективного развития и функционирования как системы газоснабжения республики, так и отраслей хозяйствования.

Заключение

1. Определены наиболее важные задачи для региональных систем газоснабжения Республики Беларусь:

- составление заявок планируемого объема поставок газа;
- разработка проектов развития и реконструкции систем газоснабжения и хранения газа;
- формирование действующих тарифов на газ для различных групп потребителей с учетом рентабельности их производств.

2. Решение обозначенных задач невозможно без изучения структуры, закономерностей формирования и функционирования региональных систем

газоснабжения и системы газоснабжения республики в целом.

3. Для обеспечения устойчивой работы предприятий в регионах формирование цены на газ для них должно осуществляться с учетом сохранения рентабельности их производств и конкурентоспособности продукции на внешних рынках, что в конечном итоге в значительной мере будет способствовать стабильности функционирования и развитию экономики регионов и страны в целом.

Список литературы

1. Мелентьев, Л.А. Избранные труды. Методология системных исследований в энергетике / Л.А. Мелентьев. – М.: Наука, 1995. – 289 с.
2. Методы математического моделирования в энергетике / Под ред. Л.А. Мелентьева и Л.С. Беляева. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1966. – 432 с.
3. Петухова, Р.В. О проблемах управления энергоэффективностью производства листового стекла / Р.В. Петухова [и др.] // Энергоэффективность. – 2014. – № 3. – С. 24–27.
4. Мороз, Д.Р. Моделирование энергопотребления промышленных предприятий для прогнозирования показателей энергетической эффективности: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.01 / Д.Р. Мороз // ОИЭЯИ–Сосны. – Минск, 2009. – 185 с.
5. Илькевич, Н.И. Многоуровневое моделирование развития систем газоснабжения / Н.И. Илькевич, Т.В. Дзюбина, Ж.В. Калинина. – Новосибирск: Наука, 2014. – 217 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ИСПЫТАНИЙ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Авторами рассмотрены методы моделирования для разработки и испытаний устройств релейной защиты. Проведен анализ подлежащих решению задач при проектировании новых типов защит с качественно изменяемыми алгоритмами функционирования, проверке их работоспособности на этапе разработки и внедрения, а также при диагностике и испытаниях действующих защит в период их эксплуатации. Предложенные методы и средства цифрового моделирования являются наиболее эффективными инструментами для решения рассмотренных задач и позволяют проводить исследования методом вычислительного эксперимента.

Annotation

The authors studied simulation methods for the development and test of microprocessor-based relays. The authors analyzed the required tasks in the cases of designing of the new types of relay protection devices with completely changed function algorithms, testing the performance on the development and implementation stage, also at the time of diagnosing and testing of the existing relay protection devices during the period of their operation. The proposed methods and facilities of the digital simulation are the most effective tools for solving the considered tasks and allow to study these issues using the computer experiment.

Статья поступила в редакцию 30 ноября 2016 года

Введение

На современном этапе в мировой энергетике активно создаются и внедряются в эксплуатацию микропроцессорные защиты оборудования с качественно изменяемыми алгоритмами функционирования. Цифровые устройства релейной защиты получают массовое распространение в распределительных сетях и на трансформаторных подстанциях. В Белорусской энергосистеме уже эксплуатируются микропроцессорные устройства релейной защиты линий электропередачи, силовых трансформаторов, сборных шин как зарубежных, так и отечественных производителей.

В настоящее время в республике освоено промышленный выпуск токовых микро-

процессорных защит для линий распределительных сетей и трансформаторных подстанций. На следующей стадии освоения этой продукции предстоит решить ряд задач по исследованию и испытанию релейных защит на этапах проектирования, разработки и эксплуатации. Эти задачи можно разделить на три группы:

- проектные и эксплуатационные задачи;
- научные и конструкторские задачи;
- задачи испытаний промышленных образцов.

Наиболее эффективными инструментами решения этих задач являются методы и средства цифрового моделирования. Их выбор, а также размер и сложность моделируемых энергосистем,



Ф.А. РОМАНЮК,
член-корреспондент
НАН Беларуси, д.т.н.,
профессор БНТУ



И.В. НОВАШ,
к.т.н., доцент, заведующий
кафедрой «Электрические
станции» БНТУ



В.Ю. РУМЯНЦЕВ,
к.т.н., доцент, заместитель
декана по научной работе
энергетического факультета
БНТУ



М.А. ШЕВАЛДИН,
м.т.н., аспирант БНТУ, начальник
отдела РЗА ГПО «Белэнерго»

степень детализации исследуемых процессов определяются целью и содержанием решаемых задач в каждой группе.

В настоящей статье рассматриваются методы моделирования для решения задач исследования релейных защит, рабочих и аварийных режимов защищаемого электроэнергетического оборудования.

Проектные и эксплуатационные задачи

В содержание проектных и эксплуатационных задач входят расчет установившихся режимов энергосистемы, их нарушений, связанных с повреждениями, выбор параметров срабатывания защит и определение показателей их технического совершенства.

Подобные задачи решаются с помощью программных комплексов, позволяющих определять действующие значения соответствующих электрических сигналов (токов, напряжений и др.) в установившихся рабочих и аварийных режимах, по которым рассчитываются параметры срабатывания защит и показатели их технического совершенства. При этом в основе модели системы лежат известные схемы замещения для расчета токов короткого замыкания, а моделирование защиты не требуется.

Научные и конструкторские задачи

Предметом задач этой группы является исследование новых способов выполнения защит и алгоритмов их функционирования, выбор и оптимизация параметров элементов, проверка работоспособности на этапе подготовки к технической реализации.

Научные и конструкторские задачи решаются с помощью одного или нескольких программных комплексов, ориентированных на расчет электромагнитных переходных процессов, как в элементах энергосистемы, так и в цепях защиты. Наиболее рациональным представляется наличие двух комплексов (рис. 1), один из которых обеспечивает воспроизведение режимов работы энергосистемы, а второй – функционирование устройства релейной защиты. Указанные комплексы могут использоваться независимо друг от друга. Вначале с помощью программного комплекса, моделирующего элементы энергосистемы, рассчитываются интересные исследователей режимы ее работы и формируются файлы контролируемых защитой

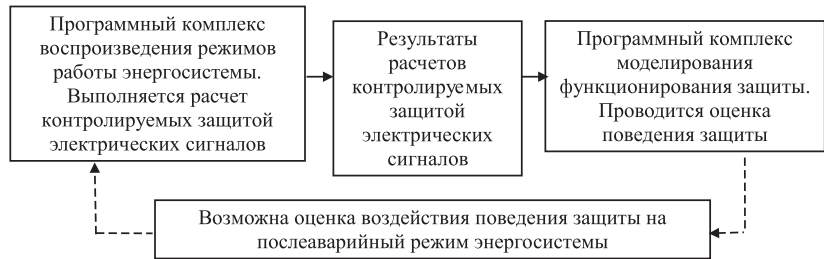


Рис. 1. Взаимодействие программных комплексов при цифровом моделировании защиты

электрических сигналов. После этого запускается программный комплекс, моделирующий функционирование защиты, поведение которой оценивается под воздействием ранее рассчитанных входных сигналов защиты.

Модели, положенные в основу двух указанных программных комплексов, могут отличаться различной степенью детализации содержащихся элементов. Наиболее высокую степень детализации элементов должны иметь модели устройства защиты защищаемого объекта и сопряженного с ним оборудования.

В Белорусском национальном техническом университете на кафедре «Электрические станции» имеется достаточный опыт разработки и реализации программных комплексов для решения задач данной группы [1, 2, 3]. В частности, аспирантами кафедры разработаны программные комплексы, моделирующие входные информационные аналоговые и цифровые элементы аппаратной части и функциональные свойства защит, реализуемые логикой программной части. Так, в диссертационной работе М.С. Ломана на соискание степени кандидата технических наук (руководитель профессор Ф.А. Романюк) [4] разработаны модель



Рис. 2. Устройство микропроцессорной защиты силового трансформатора MP 801

микропроцессорной защиты MP 801 (рис. 2) и ее программная реализация.

Для получения контролируемых защитой электрических сигналов (входных токов) на кафедре разрабатываются программные комплексы воспроизведения рабочих и аварийных режимов защищаемых объектов энергосистем. В результате выполнения подпрограммы «Энергобезопасность и надежность энергоснабжения» Государственной программы научных исследований (ГПНИ) «Энергобезопасность, энергоэффективность и энергосбережение, атомная энергетика» в 2013

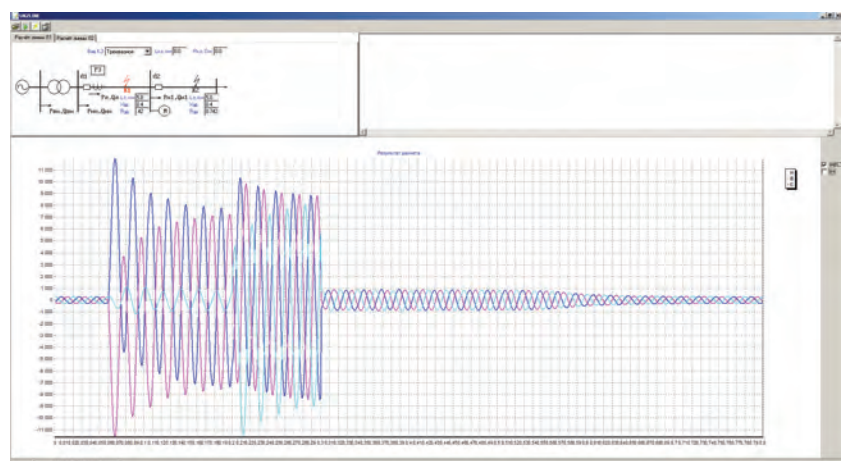


Рис. 3. Диалоговое окно программного комплекса «Расчет удаленных междуфазных замыканий и однофазных замыканий на землю в линиях 6(10)–35 кВ»

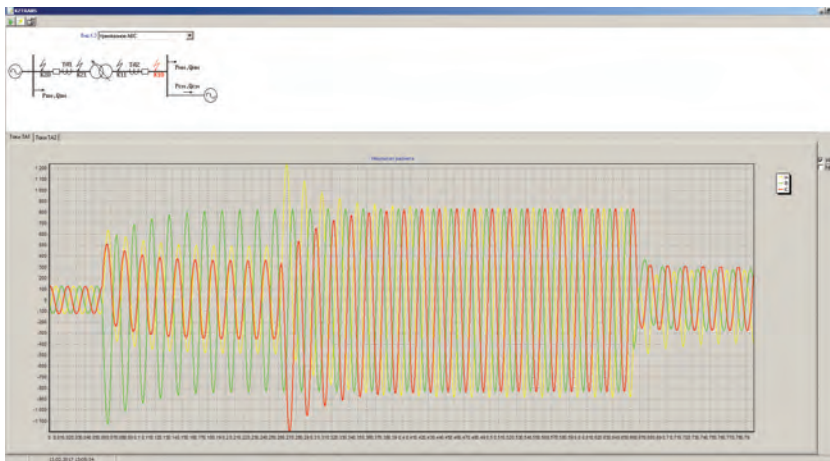
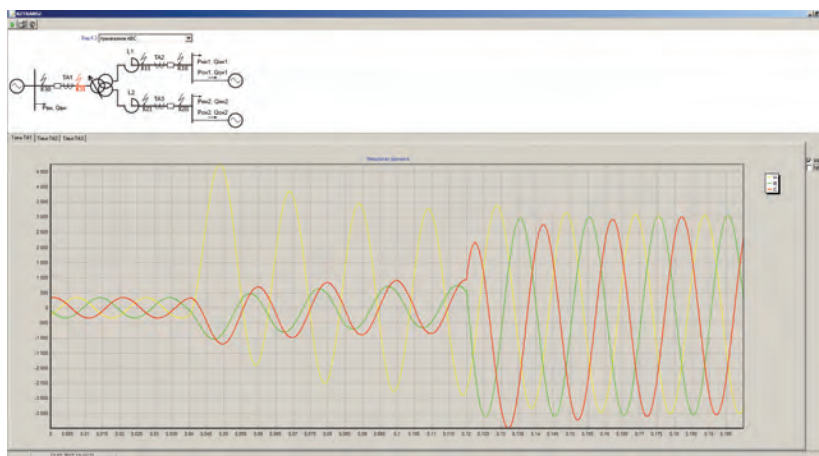
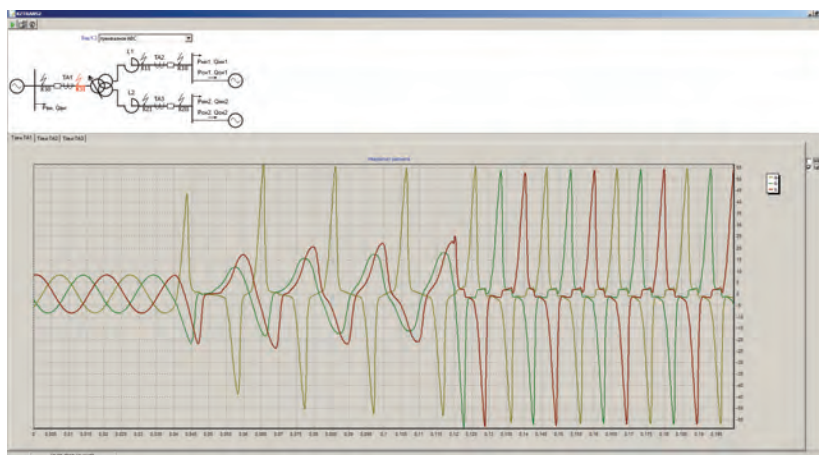


Рис. 4. Диалоговое окно программного комплекса «Аварийные режимы двухобмоточного трехфазного трансформатора»



а)



б)

Рис. 5. Диалоговое окно программного комплекса «Аварийные режимы трехобмоточного трехфазного трансформатора»:

а – первичные токи трансформаторов тока на стороне ВН;
б – вторичные токи трансформаторов тока на стороне ВН

году разработан программный комплекс «Расчет удаленных междуфазных замыканий и однофазных замыканий на землю в линиях 6 (10)–35 кВ» [5] (рис. 3).

В 2014 году в рамках этой же ГПНИ был разработан программный ком-

плекс «Аварийные режимы двухобмоточного трехфазного трансформатора» (рис. 4), а в 2015-м – программный комплекс «Аварийные режимы трехобмоточного трехфазного трансформатора» [6] (рис. 5).

Основным достоинством разработанных программных комплексов является то, что они позволяют выполнять расчеты вторичных токов трансформаторов тока с учетом их несинусоидальных форм, обусловленных наличием в энергосистеме нелинейных элементов, и насыщения магнитопроводов трансформаторов (рис. 5, 6). Результаты расчетов программных комплексов (массивы мгновенных значений вторичных токов трансформаторов тока) сохраняются во внешнем файле результатов и могут быть использованы в качестве исходных данных для программных комплексов моделирования защит.

Применение системы динамического моделирования MATLAB позволяет создавать программные комплексы, совместно моделирующие защищаемый объект и исследуемую защиту. Так, в результате выполнения задания упомянутой выше ГПНИ в 2016 году разработан программный комплекс для исследования микропроцессорной дифференциальной защиты трехфазного силового трансформатора.

Программный комплекс [7] разработан в среде MATLAB-Simulink с использованием пакета расширения SimPowerSystems и включает в себя модели питающей системы, трехфазного силового трансформатора, трехфазной группы трансформаторов тока и модели цифровой дифференциальной защиты трансформатора. Использование библиотечных моделей пакета SimPowerSystems [8], разработанных моделей трехфазной группы трансформаторов тока [9] и цифровой дифференциальной защиты трансформатора [10] позволяет создавать комплексные модели достаточно сложных систем со значительно меньшими трудозатратами по сравнению с традиционными методами математического моделирования.

Задачи испытаний промышленных образцов защиты

В содержание задач данной группы входит проведение всесторонних испытаний новых образцов защиты, получение первого опыта эксплуатации, а при необходимости – и оценка влияния их действия на режимы работы энергосистемы.

Для решения указанных задач требуются программно-аппаратные комплексы моделирования процессов в режиме реального времени с включением в состав этих комплексов реального устройства защиты.

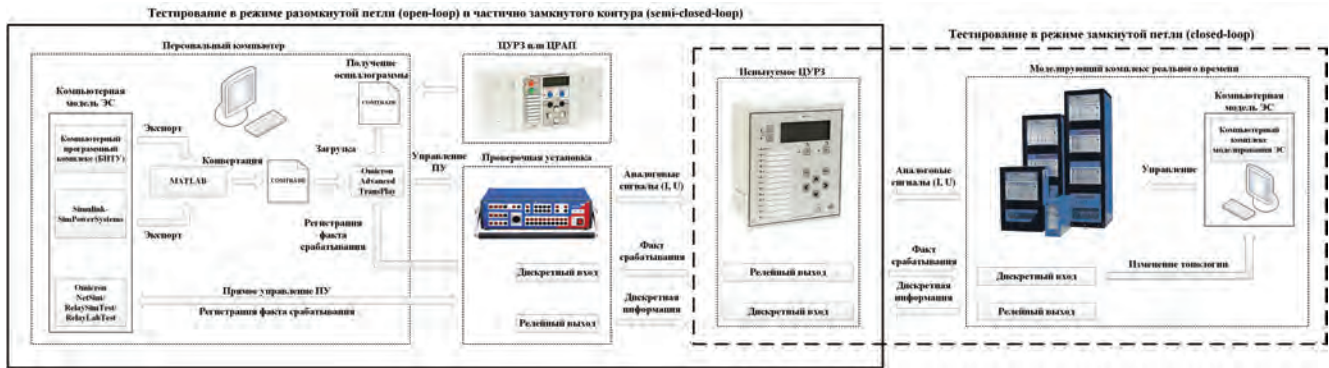


Рис. 6. Способы организации проведения тестирования защит

Компоненты моделирующего комплекса и присоединенное к нему устройство защиты образуют систему, функционирующую в режиме так называемого жесткого реального времени (время реакции на событие со стороны модели минимально).

Программно-аппаратный комплекс содержит вычислительную подсистему, которая обеспечивает решение уравнений моделей элементов энергосистемы в темпе исследуемого процесса.

В зависимости от целей решаемых задач может быть по-разному организовано функционирование моделирующего комплекса. Это могут быть комплексы с разомкнутым циклом и комплексы с замкнутым циклом проведения тестирования защит (рис. 6).

Комплексы первого типа (open loop) позволяют исследовать реакции и поведение защиты при возникновении повреждений в энергосистеме. Комплексы с замкнутым циклом (closed loop) предоставляют возможность не только оценки действия защиты при повреждениях, но и анализа ее влияния на возникающие в энергосистеме процессы.

В настоящее время для решения задач третьей группы в мировой практике используются установки RTDS Simulator (real time power system simulation) производства компании RTDS Technologies Inc., Канада [11, 12]. RTDS – достаточно дорогостоящее оборудование, и его использование только в виде комплексов с разомкнутым циклом экономически не оправдано, в то же время применение RTDS в режиме с замкнутым циклом является практически безальтернативным.

Комплексы с разомкнутым циклом и использованием автономного моделирования режимов энергосистемы могут быть реализованы на основе персональных компьютеров и испытательных

комплектов, например таких, как СМС 356 компании «Омикрон». Работы в этом направлении активно проводятся в БНТУ на кафедре «Электрические станции».

Вывод

Метод цифрового моделирования позволяет решать научные и конструкторские задачи при исследовании новых способов выполнения защит и алгоритмов их функционирования, выборе и оптимизации параметров элементов, проверке работоспособности на этапе подготовки к технической реализации. Метод может быть применен при проведении всесторонних испытаний новых образцов защиты, получении первого опыта эксплуатации, а также при оценке влияния действия защиты на режимы работы энергосистемы.

Список литературы

1. Романюк, Ф.А. Информационное обеспечение вычислительного эксперимента в релейной защите и автоматике энергосистем / Ф.А. Романюк, В.И. Новаш. – Минск: ВУЗ-ЮНИТИ, 1998. – 174 с.
2. Новаш, И.В. Математическое моделирование коммутационных режимов в электроустановках с трансформаторами / И.В. Новаш, Ф.А. Романюк. – Минск: БНТУ, 2013. – 226 с. – ISBN 978-985-550-236-5.
3. Романюк, Ф.А. Перспективные технологии реализации микропроцессорных защит линий распределительных сетей / Ф.А. Романюк, И.В. Новаш, В.Ю. Румянцев, Ю.В. Румянцев // Перспективные материалы и технологии: монография: в 2 т. – Т. 1 / под ред. В.В. Клубовича. – Витебск; УО «ВГТУ», 2015. – С. 115–139.
4. Ломан, М.С. Микропроцессорная защита силовых понижающих трансформаторов: дис. ... канд. техн.

наук: 05.14.02 / М.С. Ломан. – Минск, 2015. – 156 л.

5. Совершенствование математических моделей элементов распределительных сетей для исследования новых принципов выполнения микропроцессорных защит: отчет о НИР (заключительный по ГБ 11-05) / БНТУ; рук. темы И.В. Новаш. – Минск, 2013. – 116 с. – № ГР 20110998.
6. Совершенствование математических моделей элементов трансформаторных подстанций для исследования новых принципов выполнения микропроцессорных защит: отчет о НИР (заключительный по ГБ 14-18) / БНТУ; рук. темы И.В. Новаш. – Минск, 2015. – 105 с. – № ГР 20141049.
7. Румянцев, Ю.В. Комплексная модель для исследования функционирования цифровой дифференциальной защиты силового трансформатора / Ю.В. Румянцев // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2016. – № 3. – С. 203–224.
8. Дьяконов, В.П. MATLAB и Simulink для радиоинженеров / В.П. Дьяконов – М.: ДМК–Пресс, 2011. – 975 с.
9. Новаш, И.В. Расчет параметров модели трехфазного трансформатора из библиотеки MATLAB-Simulink с учетом насыщения магнитопровода / И.В. Новаш, Ю.В. Румянцев // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2015. – № 1. – С. 12–24.
10. Новаш, И.В. Реализация математической модели трехфазной группы трансформаторов тока в системе динамического моделирования / И.В. Новаш, Ю.В. Румянцев // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2014. – № 3. – С. 19–28.
11. Сайт компании EnnLAB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ennlab.ru/rus>. – Дата доступа: 26.11.2016.
12. Сайт компании RTDS Technologies Inc. Canada [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.rtds.com. – Дата доступа: 26.11.2016.

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ОЦЕНКЕ И РАЗРАБОТКЕ ЭНЕРГОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЯХ

В статье рассматривается целесообразность применения эксергетического метода термодинамического анализа при поиске путей изменения ситуации с ключевой энергетической проблемой современности – энергосбережением применительно к теплотехнологическим системам преобразования вещества. В работе приводится характеристика существующих методов термодинамического анализа и более полно рассматривается термодинамический анализ на базе эксергетического метода. Рассматривается схема энергетических и сырьевых потоков теплотехнической системы, на базе которой поясняются различные безразмерные характеристики, применяемые для оценки термодинамической эффективности технических систем.



Б.М. ХРУСТАЛЕВ,
академик НАН Беларуси,
ректор БНТУ

Annotation

The article reveals the necessity to apply exergetic method of thermodynamic analysis for searching ways to change the situation with a major energy challenge of our edge – energy saving in heat technological substance conversion systems. The paper presents the characteristics of the existing methods of thermodynamic analysis and exergetic method on the basis of thermodynamic analysis are considered more completely. Energy and raw material flow chart of heat engineering systems are considered. On its base the different dimensionless characteristics that are used to evaluate the thermodynamic efficiency of technical systems are explained.

Статья поступила в редакцию 16 января 2017 года



В.Н. РОМАНИУК,
д.т.н., профессор

Введение

Главный вопрос энергосбережения хозяйственного комплекса страны связан с теплотехнологией и промышленной теплоэнергетикой. В большинстве случаев степень использования первичных энергоресурсов в энергообеспечении теплотехнологических процессов остается невысокой. Низкий уровень термодинамической эффективности энергообеспечения этих процессов определяет энергоемкость производства. Существу-

ющее положение дел требует перехода к современной методологии энергосбережения, которую А.Д. Ключников, один из ведущих ученых в области промышленной теплоэнергетики, назвал интенсивным энергосбережением [1–3].

Теоретической базой интенсивного энергосбережения может стать эксергетический метод термодинамического анализа теплоэнергетических систем промышленных предприятий, как действующих, так и проектируемых [4].



А.Н. ПЕХОТА, аспирант

В рамках существующих теплотехнологий основным энергосберегающим мероприятием, которое одно только и может обеспечить требуемое снижение энергопотребления, является рациональное построение теплоэнергетической системы промышленного предприятия (ТЭСПП) [1, 5]. Разработка ТЭСПП, отвечающих решению задач энергосбережения, возможна лишь на основе системного подхода, который в отношении теплотехнологических производств предусматривает использование термодинамического анализа на базе эксергетического метода [6].

В Беларуси за прошедшие годы немало сделано в части развития энергосбережения в целом и снижения потребления и импорта природного газа – в частности. Вместе с тем в настоящее время требуется резко повысить интенсивность усилий в этом направлении, чтобы добиться снижения потребления указанного энергоресурса на 50 % [7]. Для решения этой ключевой энергетической проблемы современности необходимо, чтобы в широких кругах специалистов существовало понимание необходимости поиска соответствующих проектных решений, в первую очередь (в том числе) с использованием термодинамического анализа на базе эксергетического метода.

Существующее положение

Благодаря работам главным образом советских и польских ученых эксергетический метод термодинамического анализа получил определенное признание в научных кругах [1, 4, 8–17] и был успешно применен при оценке энергоиспользования в различных промышленных теплотехнологиях [18–22]. Между тем область его использования может быть значительно расширена, в том числе за счет применения для оценки термодинамического совершенства непосредственно теплотехнологических процессов [23].

Следует отметить, что эксергетический метод медленно внедряется в практику термодинамического анализа теплотехнических систем, несмотря на полутора-вековую историю существования. В последние десятилетия отмечался взрывной характер роста внимания к нему специалистов, имеющий определенную цикличность, обусловленную интересом к методу каждого нового поколения исследователей, с последующим затуханием этого интереса [9, 12]. Причин этому несколько. Среди них можно отметить следующие:

- отсутствие требуемой информации по расчету эксергии для всего многообразия сырья и продуктов, что обусловлено спецификой каждой теплотехнологии [1, 21, 22];

- трудоемкость любого анализа таких технически сложных систем, какими являются теплоэнергетические системы промышленных предприятий и узлов;

- отсутствие у персонала специальной квалификации в части проведения системного анализа, расчетов, а также нехватка соответствующих ресурсов для решения этой задачи.

Сегодня в большинстве случаев основным, наиболее распространенным аппаратом анализа энергопотребления теплотехнических систем преобразования вещества является *метод тепловых балансов*, базирующийся на положениях первого закона термодинамики, который ставит знак равенства между различными видами энергии. При строгом соблюдении количественного равенства приходной и расходной частей составляется баланс энергии, и далее на его базе определяются различные энергетические характеристики, которые являются основным документом отчетности предприятий. Об эффективности энергоиспользования на предприятиях судят по удельному расходу энергии, поэтому регулярно утверждаются (не всегда корректно) удельные нормы потребления предприятиями тех или иных энергоресурсов.

Общеизвестно, что ни энергобаланс, ни удельные нормы не дают представления о степени термодинамического совершенства как отдельных теплотехнологических или теплоэнергетических установок, так и в целом всей системы, содержащей эти установки. Невозможно на базе удельных расходов энергии сравнивать родственные предприятия преобразования вещества. Удельные показатели потребления энергоресурсов, повсеместно используемые для этих предприятий, позволяют проводить лишь мониторинг работы конкретного предприятия во времени. Например, если отмечено увеличение удельных расходов – надо заблокировать причины, а при снижении расходов – следует способствовать развитию процесса. Между тем степень термодинамического совершенства систем преобразования вещества фактически находится в пределах 10 %, в то время как современная теплотехнология должна характеризоваться его величиной порядка 80 % [2–4].

В отношении систем преобразования энергии ситуация несколько лучше. К наиболее простым из них, характеризующимся выпуском продукции одного вида, применимо понятие энергетического КПД [10]. Для определения термодинамического совершенства систем комбинированного производства энергопотоков требуется набор КПД, минимальное количество показателей которого равно трем [24]. К сожалению, сплошь и рядом можно встретить попытки оценивать работу тех же ТЭЦ по разрозненным показателям, что является благодатной почвой для недобросовестных оценок и решений. Наконец, даже в отношении систем преобразования энергии не все так просто с использованием энергетического КПД. Например, что касается диапазона его возможных значений, для тепловых двигателей он всегда меньше единицы, для холодильных машин – охватывает уже весь диапазон положительных чисел, для тепловых насосов – больше единицы во всех случаях.

Энергетический баланс по своей природе не может отразить потери от необратимости процессов в рассматриваемой технической системе, так как независимо от степени ее совершенства равенство прихода и расхода энергии будет соблюдаться. Из энергетического баланса определяются энергетические характеристики технической системы, прежде всего энергетический КПД:

$$\text{КПД}_э = \eta_э = \Delta W_{\text{пол}} / \Delta W_{\text{затр}}, \quad (1)$$

где $\Delta W_{\text{пол}}$ – полезный эффект, кДж, $\Delta W_{\text{затр}}$ – затраты энергии, кДж.

Нахождение составляющих соотношения (1) производится в каждом случае условно: путем исключения из величины числителя, определяющего полезный эффект технической системы, тех частей энергии, которые в данном процессе не используются, а из знаменателя, определяющего затраты технической системы, – частей, которые получают, например, без использования потоков энергии из окружающей среды. Кроме того, есть возможность применения различных вариантов определения теплоты процесса горения топлива (высшей или низшей). В результате возникает риск манипулирования значением КПД_э с вытекающей неопределенностью результата. В.М. Бродянский дает исчерпывающий анализ применимости энергетического КПД и показывает, что использовать его можно лишь для систем преобразо-

вания энергии, причем большей частью для тех, к которым применимо понятие термодинамической работы. Для систем преобразования вещества его использование лишено смысла [10].

Применение *энтропийного метода термодинамического анализа* вызвано необходимостью учитывать неравноценность различных видов энергии, определяемую содержанием второго закона термодинамики. Метод является развитием предложенной еще Клаузиусом оценки совершенства энергопотребления технической системы на основе учета прироста энтропии в связи с необратимостью реальных процессов и связанной с этим диссипативной функции системы в соответствии с теоремой Гюи–Стодолы [10].

Энтропийный метод, основанный на понятии диссипативной функции ТС, относится к числу мощных приемов системного анализа в современных научных исследованиях технических систем. Его реализация требует проведения громоздких и весьма сложных расчетов, примеры которых для разнообразных физико-химических процессов и промышленных аппаратов приведены в монографии коллектива авторов во главе с В.В. Кафаровым [25]. Вместе с тем В.М. Бродянский показывает невозможность требуемой термодинамической оценки только на основе энтропийного метода [26]. Все это, вместе взятое, во многом и объясняет ограниченное (в сравнении с эксергетическим) распространение данного метода, хотя существует он уже достаточно долго.

Эксергетический метод термодинамического анализа

Эксергетический метод термодинамического анализа, также как и энтропийный, известен давно. Само понятие эксергии в значении «работоспособность», «максимальная работа» и пр. встречается в работах Дж. Гиббса, относящихся к XIX веку, а столетие спустя – в трудах Л.Д. Ландау, Е.М. Лившица, К.А. Путилова и др. [9, 27–31]. Термин «эксергия» введен в 1955 году югославом З. Рантом [8]. В монографии, изданной у нас в 1968 году, систематизированы сведения, связанные с понятием эксергии [8]. Термин состоит из двух частей: латинского *ex* – «внешний» и греческого *ergon* – «энергия». Термин краток, отвечает всем международным требованиям, предъявляемым к терминологии, близок

родственным понятиям «энтропия», «энтальпия», но не является термодинамическим параметром технической системы. Эксергия – свойство технической системы или потока энергии, определяемое количеством энергии первой группы* (в ранних определениях – «количеством максимальной работы»), которую можно получить в обратимом процессе перехода их в состояние равновесия с окружающей средой [10].

Прежде всего, считаем целесообразным отметить, что никоим образом не следует противопоставлять традиционный термодинамический анализ технических систем, выполняемый на базе первого закона термодинамики, соответствующему анализу на базе эксергетического метода, который включает балансы вещества, энергии и эксергии, составляющие единое целое. В.М. Бродянский выделяет три уровня проведения термодинамического анализа с применением эксергетического метода [10].

Первый уровень термодинамического анализа фактически является аналогом энтропийного метода, но выполняется на современной теоретической базе. Здесь определяются потери эксергии во всех элементах, подсистемах и самой системе, а также устанавливаются причины необратимости, обуславливающие эти потери. Кроме выявления потерь эксергии, осуществляется разнесение их на внутренние и внешние, технические и собственные.

Выявление внутренних и внешних потерь позволяет определить процессы, с ними связанные, и причины, их обуславливающие. При этом внешние потери эксергии представляют меньший интерес, поскольку их наличие несложно установить из традиционного термодинамического анализа на базе энергетического баланса. Внутренние потери можно определить лишь на базе эксергетического метода проведения термодинамического анализа, и в этой связи они более значимы для исследователя, поскольку сегодня дальнейшее развитие технической системы в части и термодинамического совершенства, и конечной цели – энергосбережения в основном связано с их уменьшением.

Деление потерь эксергии на технические и собственные позволяет определить пути их устранения. Первые связаны

*Энергия первой группы, или безэнтропийная, или организованная (электроэнергия, механическая энергия, энергия, передаваемая в форме работы), допускает полное преобразование в любые другие виды энергии [8].

с уровнем технических решений в рамках отдельных установок, и их блокировка не требует изменения самой системы, в то время как устранение собственных потерь требует перехода к новой структуре технической системы, определяя необходимость и направление реструктуризации. В итоге следует вести речь о переходе к новой структуре энергоиспользования в рамках всего хозяйственного комплекса страны [32].

Второй уровень термодинамического анализа на базе эксергетического метода развивает первый уровень и связан с нахождением эксергии всех связей технической системы, как внутренних, так и внешних, что позволяет определить еще и относительные эксергетические характеристики – различные эксергетические КПД. Прежде всего, это степень термодинамического совершенства технической системы

$$\nu = \Sigma E'' / \Sigma E' = 1 - \Sigma D / \Sigma E', \quad (2)$$

где $\Sigma E'$ – сумма всех входных потоков эксергии технической системы – эксергетический вход, кДж; $\Sigma E''$ – сумма всех выходных потоков эксергии технической системы – эксергетический выход, кДж; ΣD – сумма всех потерь эксергии в технической системе.

Соотношение (2) отличает простота, поскольку трактовка его составляющих лишена субъективизма, характерного для энергетического КПД_э из соотношения (1). Диапазон КПД_э для установок различного назначения изменяется от 0 до ∞. Напротив, значение рассчитанного по выражению (2) термодинамического КПД_э определяется однозначно и всегда находится в интервале 0÷1, что облегчает трактовку его при оценке степени термодинамического совершенства использования первичной энергии. Значение $\nu = 1$ соответствует термодинамически идеальной технической системе, в которой отсутствуют эксергетические потери. Другое предельное значение $\nu = 0$ соответствует технической системе, где вся затрачиваемая эксергия полностью теряется, и в этом случае система предельно несовершенна с позиций термодинамики. В реальных системах величина КПД_э имеет промежуточное значение, и чем оно ближе к 1, тем более эффективно энергоиспользование. Потери эксергии определяются разницей знаменателя и числителя выражения (2), что оказывается удобным в ряде случаев. Раз-

личия КПД_э и КПД_т на этом не заканчиваются, они связаны также с отображаемой информацией. Одно из них упомянуто в монографии В.М. Бродянского и приводится на примере теплового двигателя [10].

Величина энергетического КПД процесса получения механической энергии из тепловой может быть приведена с помощью (1) к виду

$$\eta_э = \Delta W_{пол} / \Delta W_{затр} = I_{ц} / q_1, \quad (3)$$

где $I_{ц}$ – удельная массовая работа цикла, кДж/кг; q_1 – удельная массовая теплота процессов подвода тепловой энергии в цикле, кДж/кг.

Соответственно, выражение (2) для теплового двигателя определяет эксергетический КПД_э процесса получения механической энергии из тепловой:

$$\eta_э = \Sigma E'' / \Sigma E' = I_{ц}'' / e_q', \quad (4)$$

где $I_{ц}''$ – удельная массовая работа цикла, кДж/кг; e_q' – удельная массовая эксергия потоков теплоты процессов подвода тепловой энергии в цикле к рабочему телу, кДж/кг.

Для дальнейшего преобразования воспользуемся эксергетической безразмерной функцией

$$\tau_e = 1 - \frac{T_{oc}}{T}, \quad (5)$$

где T – температура системы в элементарном процессе, К; T_{oc} – температура окружающей среды, К.

С помощью (5) можно определить числитель соотношения (3), если известна q_1 – удельная массовая теплота процессов подвода тепловой энергии в цикле. В итоге соотношение (3) преобразуется к виду

$$\eta_э = I_{ц}'' / e_q' = I_{ц}'' / (\tau_e \cdot q_1'). \quad (6)$$

Из соотношений (6) и (3) получаем

$$\eta_э = \eta_e \cdot \tau_e. \quad (7)$$

Из полученной зависимости (7) следует, что значение энергетического КПД_э зависит от соотношения двух независимых друг от друга рассмотренных выше функций: термодинамического КПД_т ($\eta_т$) и эксергетической безразмерной функции τ_e . Очевидно, что в отличие от выражения (1) соотношение (7), полученное при дополнении анализа результатов энергетического баланса результатами, вытекающими из баланса эксергии, облегчает выявление причин невысокой эффективности преобразования энергии в тепловом двигателе и определение путей ее повышения.

Для существенно более сложных открытых технических систем преобразования вещества ситуация с определением КПД_э не столь проста. В основе нахождения этого показателя для таких систем по выражению (2) лежит методика, усложняющая его расчет вплоть до неприемлемости результата и имеющая известное ограничение: она не позволяет учитывать целевое предназначение системы, что может приводить к абсурдным результатам [10].

Это объясняет необходимость использования дополнительно к приведенному соотношению (2) других методик нахождения

КПД_э для оценки совершенства технической системы, дающих конечные расчетные выражения (8)–(10) [11]:

– термодинамический КПД_э технической системы

$$\eta_э = (\Sigma E'' - E^{tr}) / (\Sigma E' - E^{tr}) = 1 - \Sigma D / (\Sigma E' - E^{tr}) = E_{исп} / E_{расп}, \quad (8)$$

– степень технологического совершенства технической системы

$$\beta = \Sigma E_{расп} / \Sigma E' = 1 - \Sigma E^{tr} / \Sigma E', \quad (9)$$

– степень полного совершенства

$$\mu = \Sigma E_{исп} / \Sigma E' = 1 - (\Sigma E^{tr} + \Sigma D) / \Sigma E'. \quad (10)$$

На рисунке 1 пояснены обозначения, применяемые в соотношениях (8)–(10), и соответствующее им деление потоков эксергии в технической системе. Все приведенные эксергетические показатели, предлагаемые для оценки технической системы, связаны соотношениями [11]:

$$\mu = \eta_э (1 - v) / (1 - \eta_э) = v - (1 - \beta) = \eta_э \beta. \quad (11)$$

Из перечисленных показателей, объединенных выражением (11), независимы любые два, поскольку они все имеют только два независимых аргумента – ΣD и ΣE^{tr} . Выбор того или иного показателя эффективности зависит от характера ТС, задачи исследования и пр. Наиболее универсальной для эксергетической оценки технической системы, по общему мнению, является методика (8), использующая понятие транзитной эксергии E^{tr} . Очевидный недостаток методики состоит в существенном усложнении расчетов в связи с необходимостью определения потоков транзитной эксергии.

Эксергетический метод термодинамического анализа с помощью приведенного набора характеристик позволяет получить оценку термодинамической эффективности не только систем преобразования энергии, но и систем преобразования вещества. Тем самым подтверждается предположение о возможности использования данного метода при оценке эффективности непосредственно теплотехнологий [23].

С помощью эксергетического метода термодинамического анализа можно получить оценку термодинамической эффективности процессов и технических систем любой сложности, от одного процесса до хозяйственного комплекса страны [10]. Такой подход использован в работах [33, 34], где приводятся результаты оценки термодинамической эффективности энергетической системы Беларуси, включающей разные энергогенерирующие источники, использующие различные первичные энергоресурсы. Это все многообразие котельных, теплоэлектроцентралей, распределенных технологических когенерационных комплексов, конденсационных электростанций на органическом топливе, источников на возобновляемых ресурсах ветро-, гидро-, солнечной энергии. Расчеты степени термодинамического совершенства энергосистемы выполнены с помощью соотношения (2) на базе имеющихся статистических данных для текущего состояния и для ситуации, которая ожидается в 2020 году после ввода в строй БелАЭС. В результате получена индикативная оценка эффективности такой сложной технической системы, как Белорусская энергосистема, в сопоставлении с традиционно используемыми для этого энергетическими характеристиками (рис. 2).

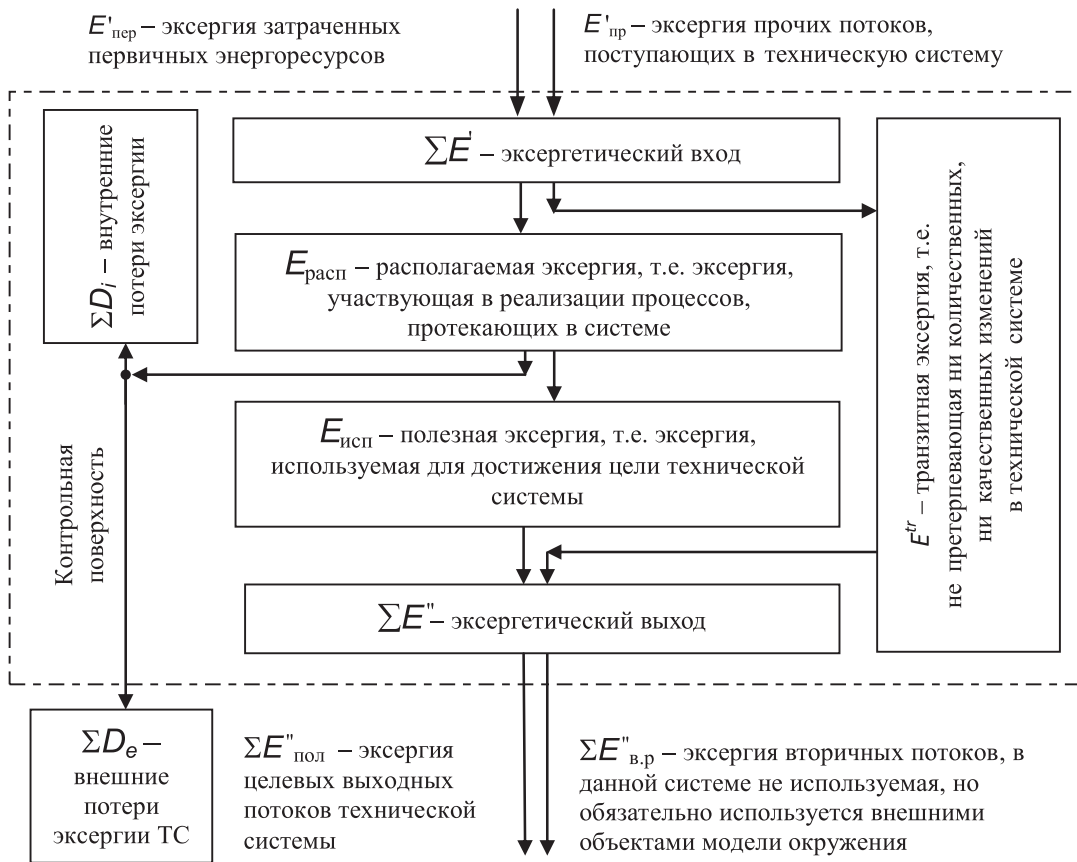
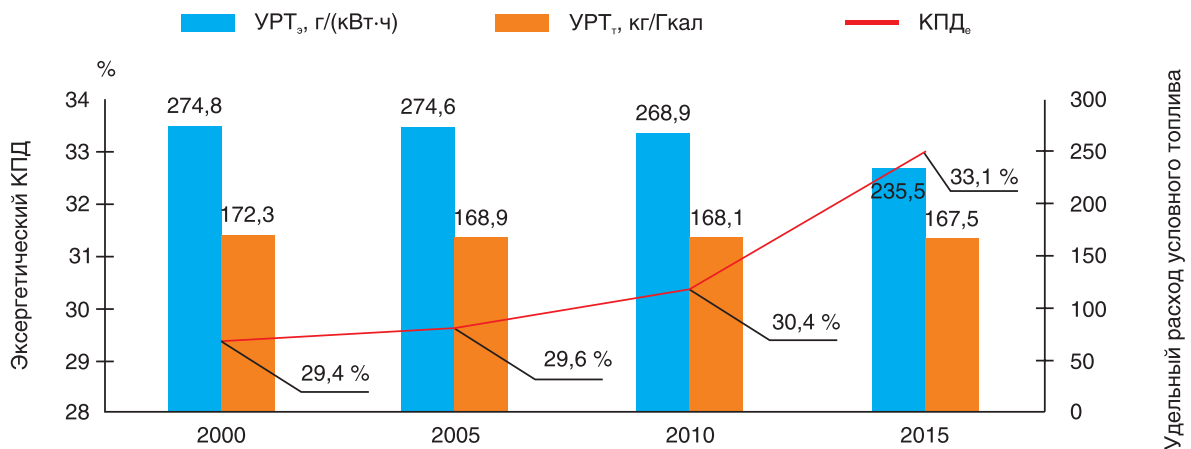


Рис. 1. Схема эксергетических потоков технической системы

В работе [34] на базе данного индикативного показателя (степени термодинамического совершенства) приведены результаты оценки различных вариантов развития ТЭЦ энергосистемы Беларуси. Базовый вариант, когда на ТЭЦ устанавливаются электродвигатели, использование которых связано с обеспечением ряда требований энергосистемы при вводе АЭС в условиях Беларуси, приведен на рисунке 3.

Снижение термодинамической эффективности системы с вводом АЭС ожидаемо, объяснимо и понятно. В интересной публикации [6], рассматривающей «особенности трех новых направлений в термодинамике XX столетия: теории необратимых процессов, термоэкономики и термодинамики при конечном времени, предлагающей их синтез на базе энергодинамики в рамках единой теории производительности технических систем»,

указывается, что для АЭС фактор надежности в контексте достижения возможно большего числа часов работы в году для обеспечения высоких экономических показателей эксплуатации АЭС важнее энергетического КПД, к увеличению которого традиционно стремятся. Вместе с тем если речь вести об энергосистеме в целом, то в отношении генерирующих источников на органическом топливе ситуация традиционна – она связана



УРТ_э, УРТ_т – соответственно удельный расход условного топлива на генерацию киловатт-часа электроэнергии и гигакалории отпускаемой тепловой энергии

Рис. 2. Изменение различных оценочных характеристик энергосистемы Беларуси в период 2000–2015 годов [33]

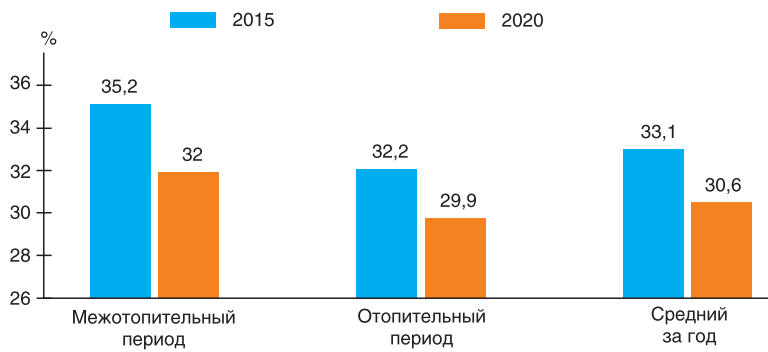


Рис. 3. Сравнение эксергетического КПД энергосистемы Беларуси в 2015 и 2020 годах при включении в ее состав Белорусской АЭС и электродкотлов

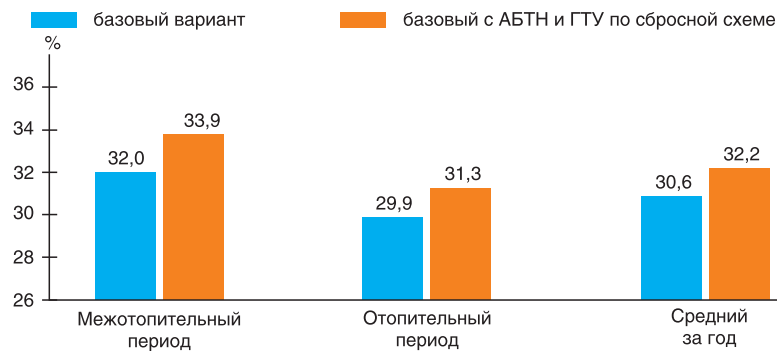


Рис. 4. Сравнение эксергетического КПД энергосистемы Беларуси в 2020 году при включении в ее состав Белорусской АЭС и электродкотлов на теплогенерирующих источниках (базовый вариант) с КПД в случае дополнения базовой ситуации модернизацией крупных ТЭЦ с введением в их состав абсорбционных бромистолитиевых тепловых насосов и ГТУ по сбросной схеме

с экономической целесообразностью их дальнейшего развития на основе увеличения термодинамической эффективности. В работе [34] рассматриваются различные варианты совершенствования ТЭЦ. Изменение рассматриваемой индикативной оценки в одном из возможных вариантов развития крупных ТЭЦ страны приведено на рисунке 4.

Третий уровень термодинамического анализа с применением эксергетического метода связан с учетом неэквивалентности эксергии и термодинамической оптимизацией технических систем. Рассмотренные энергетические и эксергетические характеристики технических систем могут быть улучшены тогда, когда будет понята ее внутренняя организация. Для определения внутренней организации необходима декомпозиция, позволяющая установить связи внутри технической системы. В результате декомпозиции получается та или иная структурная схема технической системы, которая представляет собой набор элементов, соединенных друг с другом тем или иным способом, которые в пределах классифицируются на структуры с последовательным, параллельным или смешанным соединением элементов.

В большинстве случаев вполне достаточно применения второго уровня термодинамического анализа с использованием эксергетического метода. Это позволит ускорить решение задачи по снижению энергоемкости продукции отечественных предприятий на требуемые 50 %. Первый опыт с использования эксергетического метода термодинамического анализа технических систем в Беларуси успешно проведен специалистами РУП «БЕЛТЭИ» при разработке ряда проектов по модернизации теплоэнергетических систем промышленных теплотехнологических предприятий хозяйственного комплекса страны и ТЭЦ энергосистемы Беларуси. Совместно со специалистами РУП «Белэнерго» ими предложен индикативный показатель для оценки термодинамической эффективности энергосистемы Беларуси и на его основе выполнена оценка термодинамической эффективности ряда мероприятий по дальнейшему развитию крупных ТЭЦ страны. Фрагменты этой оценки приведены выше на рисунках 3, 4 [33, 34].

Другой, менее глобальный пример можно связать с малыми котельными, при переходе которых от использования природного газа к местным видам то-

плива не только достигается экономический эффект, но и несколько возрастает термодинамическая эффективность системы. Химическая составляющая эксергии природного газа может быть определена по известным соотношениям [10, 11] и равна 41,4 МДж/м³. Эксергия многокомпонентного топлива (МТ) на основе шлама нефтепродуктов и древесных опилок составляет 17,8 МДж/кг [35, 36]. С учетом снижения КПД котла на 2 %, которое ведет к увеличению теплоты реакции горения топлива при том же количестве теплоносителя с одинаковыми характеристиками, эксергия эквивалентного потока МТ в расчете на кубический метр природного газа достигает 40,6 МДж. Внутренние потери эксергии в котлоагрегате в этом случае снижаются на 1,9 %. Темп роста внешних потерь, обусловленных наличием золы, ростом рассеивания теплоты уходящих газов, оказывается меньшим, чем темп снижения энергетического КПД, и составляет до 1,3 % против 2 %. Это обусловлено прежде всего невысоким значением эксергетической безразмерной функции (5), соответствующей связанным с потерями потоками теплоты, величина которой оценивается не более чем в 0,73. В итоге можно констатировать, что при отказе от сжигания в котельной природного газа и переходе к использованию МВТ термодинамическая эффективность возрастает на 0,6 % или, во всяком случае, эта характеристика не ухудшается. Таким образом, снижение энергетического КПД на 2–3 % при переходе от использования природного газа в котлах коммунального теплоснабжения к многокомпонентному топливу, описанному в работах [35, 36], не приводит к снижению термодинамической эффективности рассматриваемой технической системы. Этот вывод, в отличие от экономической оценки, неизменен во времени и может быть одним из аргументов, обосновывающих рассмотренный отказ от использования природного газа.

Основные результаты

1. Эксергетический метод термодинамического анализа, базирующийся на одновременном применении первого и второго законов термодинамики, разработанный первоначально для систем преобразования энергии, позволяет также получить наиболее полную и выразительную информацию о потоках энергии и их трансформации в системах преобразования вещества, что объяс-

няет все более широкое использование этого метода в научных исследованиях.

2. Реализацию проектов и выполнение задач по обеспечению требуемого 50-процентного снижения энергоемкости продукции хозяйственного комплекса Беларуси возможно обеспечить путем рационального построения теплоэнергетических систем предприятий и промышленных узлов на основе результатов их термодинамического анализа с применением эксергетического метода.

3. Эксергетический метод термодинамического анализа может служить теоретической базой рационального построения теплоэнергетических систем промышленных теплотехнологических предприятий, систем теплоснабжения и энергообеспечения при разработке энергосберегающих проектов действующих или вновь создаваемых производств. Представляется целесообразным стимулировать применение эксергетического метода к различным промышленным теплотехнологиям, прежде всего в связи с необходимостью обеспечения расчетов эксергии разнообразных специфических материалов при разработке энергосберегающих мероприятий в названных технических системах.

Список литературы

1. Романюк, В.Н. Интенсивное энергосбережение в теплотехнологических системах промышленного производства строительных материалов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.14.04 / В.Н. Романюк. – Минск: БНТУ, 2010. – 365 с.
2. Ключников, А.Д. Интенсивное энергосбережение: предпосылки, методы, следствия / А.Д. Ключников // Теплоэнергетика. – 2000. – № 11. – С. 12–16.
3. Ключников, А.Д. Предпосылки радикального повышения эффективности работ в области энергосбережения / А.Д. Ключников // Промышленная энергетика. – 2001. – № 4. – С. 12–17.
4. Казаков, В.Г. Эксергетические методы оценки эффективности теплотехнологических установок: учебное пособие / В.Г. Казаков, П.В. Лукашин, О.С. Смирнова // СПбГТУРП. – СПб., 2013. – 93 с.
5. Сазанов, Б.В. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий / Б.В. Сазанов, В.И. Ситас. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.
6. Эткин, А.А. Основы теории производительности установок / А.А. Эткин // Проблемы совершенствования топливно-энергетического комплекса: сб. науч. тр. Вып. 8. Совершенствование энергетических систем и теплоэнергетических комплексов:

материалы XIII Междунар. науч.-технич. конф., Саратов, 01–03 ноября 2016 г. – Саратов, 2016. – 396 с.

7. Михалевич, А.А. Энергетическая безопасность Республики Беларусь: компоненты, вызовы, угрозы [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: http://nmnby.eu/pub/0911/energy_security.pdf. – Дата доступа: 26.03.2010.
8. Шаргут, Я. Эксергия / Я. Шаргут, Р. Петела. – М.: Энергия, 1968. – 280 с.
9. Бродянский, В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа / В.М. Бродянский. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
10. Бродянский, В.М. Эксергетический метод и его приложения / В.М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 288 с.
11. Сажин, Б.С. Эксергетический метод в химической технологии / Б.С. Сажин, А.П. Булеков. – М.: Химия, 1992. – 208 с.
12. Янтовский, Е.И. Потoki энергии и эксергии / Е.И. Янтовский. – М.: Наука, 1988. – 144 с.
13. Лейтес, И.Л. Теория и практика химической энерготехнологии / И.Л. Лейтес, М.Х. Сосна, В.П. Семенов. – М.: Химия, 1988. – 280 с.
14. Сажин, Б.С. Эксергетический анализ работы теплоиспользующих установок / Б.С. Сажин, Б.С. Шутов. – М.: Изд-во МТИ. – Ч. I. – 1977. – 102 с.
15. Сажин, Б.С. Эксергетический анализ работы теплоиспользующих установок / Б.С. Сажин, Б.С. Шутов. – М.: Изд-во МТИ. – Ч. II. – 1979. – 100 с.
16. Степанов, В.С. Химическая энергия и эксергия веществ / В.С. Степанов. – Новосибирск: Наука, 1985. – 100 с.
17. Бэс, Т. Вопросы термодинамического анализа / Т. Бэс, под ред. В.М. Бродянского. – М.: Мир, 1965. – 149 с.
18. Несмеянов, Н.П. Эксергетический анализ в производстве строительных материалов / Н.П. Несмеянов // Изв. вузов. Строительство. – 2007. – № 11. – С. 40–45.
19. Вердиян, М.А. Эксергетический анализ при снижении энергозатрат в технологии цемента / М.А. Вердиян [и др.] // Цемент и его применение. – 1995. – № 5–6. – С. 35–44.
20. Чеджне, Ф. Эксергоэкономический анализ систем / Ф. Чеджне [и др.] // Теплоэнергетика. – 2001. – № 1. – С. 74–79.
21. Хрусталеv, Б.М. Эксергия асфальтобетонной смеси / Б.М. Хрусталеv [и др.] // Сб. ст. и докл. ежегодной науч. сессии Ассоциации исследователей асфальтобетона. – М.: МАДИ, 2012. – С. 102–112.
22. Романюк, В. Н. Эксергия текстильных материалов / В.Н. Романюк, Д.Б. Муслина // Изв. вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – № 3. – 2015. – С. 46–59.
23. Хрусталеv, Б.М. Определение требуемого энергетического воздействия

при образовании асфальтобетонной смеси / Б.М. Хрусталеv, В.Н. Романюк // Изв. вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2009. – № 4. – С. 42–48.

24. Андриющенко, А.И. Методика системных термодинамических исследований в теплоэнергетике: учеб. пособие. Изд. 2-е. – Саратов, ГТУ 1996. – 97 с.
25. Кафаров, В.В. Системный анализ процессов химической технологии. Энтропийный и вариационный методы неравновесной термодинамики в задачах химической технологии / В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов, Э.М. Кольцова. – М.: Наука, 1988. – 367 с.
26. Бродянский, В.М. Термодинамический анализ низкотемпературных процессов: конспект лекций / В.М. Бродянский. – М.: Изд-во МЭИ, 1966. – 89 с.
27. Гиббс, Д.В. Термодинамические работы / Д.В. Гиббс. – М.; Л.: ГИТТЛ, 1950. – 80 с.
28. Ландау, Л.Д. Статистическая физика. Часть 1. Изд. 2-е, переработ. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. – М.: Наука, 1964. – 586 с.
29. Путилов, К.А. Термодинамика / К.А. Путилов. – М.: Наука, 1971. – 375 с.
30. Шински, Ф. Управление процессами по критерию экономии энергии / Ф. Шински. – М.: Мир, 1981. – 388 с.
31. Бондаренко, В.И. Энергетика: история, настоящее и будущее. От огня и воды к электричеству / В.И. Бондаренко [и др.]; ред.: И.Н. Карп, Ю.Н. Ландау, И.Я. Сигал. – Киев, 2011. – 263 с.
32. Хрусталеv, Б.М. К вопросу развития энергоснабжения промышленных теплотехнологий и систем теплоснабжения в Беларуси. Взгляд в ближайшее будущее и обозримую перспективу / Б.М. Хрусталеv [и др.] // Изв. вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2014. – № 6. – С. 53–61.
33. Воронов, Е.О. К вопросу оценки термодинамической эффективности Белорусской энергосистемы / Е.О. Воронов [и др.] // Энергия и Менеджмент. – 2016. – № 3. – С. 22–27.
34. Романюк, В.Н. Оценка термодинамической эффективности функционирования энергосистемы Беларуси в условиях работы Белорусской АЭС / В.Н. Романюк, А.А. Бобич // Энергия и Менеджмент. – 2016. – № 4. – С. 2–9.
35. Хрусталеv, Б. Многокомпонентное твердое топливо на основе малоиспользуемых отходов / Б. Хрусталеv, А. Пехота // Энергетика и ТЭК. – 2011. – № 11. – С. 16–19.
36. Пехота, А.Н. Многокомпонентное топливо на основе древесных отходов – одно из направлений решения задач энергосбережения / А.Н. Пехота // Вестн. Белорус. гос. ун-та транспорта. Наука и транспорт: науч.-произв. журн. – 2010. – № 1. – С. 121–122.

СИСТЕМНЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРАВОВЫЕ ИСТОЧНИКИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

В статье дается обзор действующих правовых источников, регулирующих общественные отношения в энергетической сфере. Материал позволяет наглядно и ярко представить весь комплекс разнообразных общественных отношений, масштабность этой области, ее стратегический потенциал и значимость для экономики страны и социальной политики, для жизнедеятельности каждого юридического и физического лица.

Общая теория государства и права дает такую дефиницию: «...источник права – это многозначный термин, характеризующий внешнее выражение права и раскрывающий признак его формальной определенности» [1]. Одним из важнейших источников права является нормативный правовой акт. Характерной особенностью источников энергетического права является их неоднородность, разнообразие, комплексность, целенаправленность и специфичность предмета правового регулирования.

В Республике Беларусь весь имеющийся массив законодательства об энергетике сосредоточен в нормативных правовых актах различного уровня и статуса, в которых одновременно сосуществуют нормы материального, национального и международного права. Все источники энергетического права можно подразделить на несколько больших и значимых групп нормативных правовых актов.

Конституционные нормы

К первой и важнейшей группе относится **Конституция Республики Беларусь**. В части второй ст. 46 Основного Закона Республики Беларусь [2] содержатся правовые нормы, провозглашающие, что государство осуществляет контроль за рациональным использованием природных ресурсов в целях защиты и улучшения условий жизни. Таким образом, хотя и опосредованно, они регулируют рациональное использование в том числе энергоресурсов, что подчеркивает их важность для государства, общества и человека.

Внимательное прочтение Конституции Республики Беларусь позволит обнаружить еще одну конституционную норму, имеющую отношение к энергоресурсам. Эта норма устанавливает, что в компетенцию Палаты представителей Нацио-

нального собрания Республики Беларусь входит рассмотрение проектов законов, в том числе об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов (п. 2 ст. 97). Таким образом, в Основном Законе нашего государства имеются не просто формально-декларативные, а достаточно конкретные функциональные правовые нормы, касающиеся использования энергоресурсов и его правового регулирования.

Дальнейшее исследование Конституции Республики Беларусь показывает, что в ней содержатся и иные, правда, опосредованные, правовые нормы, регулирующие отношения в сфере энергетики.

Кодифицированные нормативные правовые акты (кодексы)

Отдельного кодекса, который системно регулировал бы общественные отношения в сфере энергетики, в Беларуси пока нет. Хотя «опыт развития стран Запада, Америки, Японии, других стран свидетельствует о том, что оформление Энергетического кодекса... будет способствовать повышению эффективности правового регулирования в области энергетики» [3]. Правда, автор подчеркивает, что предлагаемый вариант энергетического кодекса – это не попытка формирования отраслевого законодательства, не создание единого кодифицированного акта, а «формирование системы как свода консолидированных законов» [3].

Вместе с тем целый ряд наших кодексов содержит нормы энергетического права и законодательства.

Так, **Гражданский кодекс Республики Беларусь** [4] (ГК) регулирует общие вопросы правового статуса, ответственную деятельность организаций, индивидуальных предпринимателей и иных физических лиц в сфере



В.С. КАМЕНКОВ, д.ю.н., профессор, заведующий кафедрой финансового права и правового регулирования хозяйственной деятельности БГУ, председатель ОО «Белорусский союз юристов»

энергетики, право собственности и иные права, сделки, договоры, ответственность, а также специальные вопросы, например публичный договор (ст. 396), энергоснабжение (ст.ст. 510–519) и многие другие.

Кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях [5] (КоАП) устанавливает административную ответственность за нерациональное использование топливно-энергетических ресурсов (ч. 1 ст. 20.1) и иные правонарушения в сфере энергетики (ст. ст. 20.1, 20.2, 20.3), а также правонарушения, предусмотренные в главе 20 КоАП «Административные правонарушения против порядка использования топливно-энергетических ресурсов». Сам факт выделения в структуре КоАП отдельной главы с таким наименованием подчеркивает значимость, которую придает законодатель такому объекту правового регулирования, как топливно-энергетические ресурсы. Анализ содержания правовых норм, и статей, входящих в главу 20 КоАП, свидетельствует также о высокой динамике их трансформаций. Изменения и дополнения в них вносились в 2005, 2008, 2009, 2010, 2013 годах.

Налоговый кодекс Республики Беларусь (Особенная часть) [6] (НКО) устанавливает объекты налогообложения

в сфере энергетики (ст. 93), определяет перечень освобождаемых от налогов объектов и лиц (ст. 96 и ст. 194), а также ставки земельного налога на земельные участки энергетики (ст. 198).

Процессуально-исполнительный кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях [7] (ПКИАП) относит органы государственного энергетического и газового надзора Министерства энергетики Республики Беларусь к числу органов, ведущих административный процесс и уполномоченных рассматривать дела об административных правонарушениях (ст. 3.1.), и устанавливает, что они компетентны рассматривать дела об административных правонарушениях, предусмотренных ст.ст. 20.3–20.6, 20.9–20.12, 23.35, 23.61 КоАП, протоколы о совершении которых составлены должностными лицами органов государственного энергетического и газового надзора.

Водный кодекс Республики Беларусь [8] (ВК) регулирует отношения по пользованию поверхностными водными объектами для энергетических (гидроэнергетических и теплоэнергетических) нужд (ст. 43), определяет правила эксплуатации гидротехнических сооружений и устройств для энергетических (гидроэнергетических и теплоэнергетических) нужд (ст. 45), режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в прибрежных полосах (ст. 54) и некоторые другие отношения.

Уголовный кодекс Республики Беларусь [9] (УК) устанавливает уголовную ответственность за ряд преступлений: акт международного терроризма с применением объектов использования атомной энергии (ст. 126); акт терроризма с применением объектов использования атомной энергии (ст. 289); нарушение правил производственно-технической дисциплины или правил безопасности на объектах использования атомной энергии, создавшее угрозу радиоактивного загрязнения (ст. 301).

Бюджетный кодекс Республики Беларусь [10] (БюК) определяет функциональные виды расходов в топливной сфере и энергетике, которые финансируются из республиканского бюджета (ст. 44), из областных бюджетов и бюджета г. Минска (ст. ст. 45 и 47), из бюджетов базового уровня (ст. 46).

Кодексом Республики Беларусь о земле [11] (КоЗ) выделена отдельная категория земель – «земли промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения» (ст. 6),

а также предусмотрен фонд перераспределения земель, в том числе для размещения объектов энергетики (ст. 9).

Кодекс Республики Беларусь о недрах [12] (КоН) относит тепловую и иные виды ассоциированной с геотермальными водами энергии к ресурсам геотермальных вод (ст. 26); геофизические, геохимические, энергетические и иные поля и потоки, формирующиеся в недрах, – к числу объектов геологического изучения недр (ст. 44); применение техники и технологий использования геотермальных ресурсов недр, обеспечивающих получение максимального энергетического эффекта при минимальных потерях геотермальных ресурсов недр, – к числу основных требований по рациональному использованию и охране недр (ст. 65).

К числу кодифицированных источников энергетического права можно также отнести Жилищный кодекс Республики Беларусь и Кодекс торгового мореплавания Республики Беларусь, содержащие отдельные правовые нормы об энергетике.

Законы

Третью группу источников энергетического права составляют Законы Республики Беларусь, непосредственно регулирующие общественные отношения, связанные с производством, использованием различных видов энергии, их потреблением и иными схожими вопросами.

К числу нормативных правовых актов, непосредственно регулирующих энергетические правоотношения, относится целый ряд законов.

Закон «Об использовании атомной энергии» [13] регулирует отношения, связанные с размещением, проектированием, сооружением, вводом в эксплуатацию, эксплуатацией, ограничением эксплуатационных характеристик, продлением срока эксплуатации и выводом из эксплуатации ядерной установки и (или) пункта хранения, а также отношения, связанные с обращением с ядерными материалами при эксплуатации ядерной установки и (или) пункта хранения, отработавшими ядерными материалами и (или) эксплуатационными радиоактивными отходами, и иные отношения в области использования атомной энергии (ст. 2).

Закон «О возобновляемых источниках энергии» [14] регулирует отношения, связанные с использованием возобновляемых источников энергии для производства электрической энергии, ее дальнейшим потреблением и иным использованием, а также с производ-

ством установок по использованию возобновляемых источников энергии (ст. 3).

Закон «Об энергосбережении» [15] регулирует вопросы энергосбережения, то есть организационной, практической, научной, информационной и другой деятельности субъектов отношений в сфере энергосбережения, направленной на более эффективное и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов.

Закон «О газоснабжении» [16] регулирует отношения в области газоснабжения, возникающие при обеспечении потребностей государства и потребителей газа в этом природном ресурсе, а также при проектировании, возведении, ремонте и реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации, выводе из эксплуатации, консервации и (или) ликвидации объектов системы газоснабжения (ст. 2).

Закон «Об объектах, находящихся только в собственности государства, и видах деятельности, на осуществление которых распространяется исключительное право государства» [17] устанавливает, что объекты использования атомной энергии (ядерные установки, ядерные материалы, отработавшие ядерные материалы, эксплуатационные радиоактивные отходы, пункты их хранения), за исключением объектов атомной электростанции и указанных объектов, необходимых для ее функционирования, изделия с применением ядерных материалов (кроме изделий, использование которых разрешено негосударственным организациям, физическим лицам в соответствии с законодательством, и приборов, оборудования, экспериментальных и технологических установок, используемых в соответствии с предназначением для обеспечения выполнения научных исследований, разработки и отработки новых технологических процессов), суда с ядерной энергетической установкой относятся к числу объектов, находящихся только в собственности государства (ст. 7).

К этой же группе нормативных правовых актов следует отнести и иные законы Республики Беларусь, которые опосредованно регулируют вопросы энергетики. К числу наиболее значимых из них относятся следующие:

- **Закон «О естественных монополиях»** [18], определяющий, что сферами естественных монополий признаются в том числе:

- транспортировка нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам;

– транспортировка газа по магистральным и распределительным трубопроводам;

– передача и распределение электрической и тепловой энергии;

– централизованное водоснабжение и водоотведение;

– услуги электросвязи и почтовой связи общего пользования (ст. 3);

• **Закон «Об охране окружающей среды»** [19], который устанавливает требования в области охраны окружающей среды при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию и эксплуатации объектов энергетики (ст. 39) и регулирует некоторые иные вопросы данной темы;

• **Закон «Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Беларусь»** [20], который распространяется на правоотношения в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности. Он, в частности, затрагивает вопросы государственной экспертизы энергетической эффективности (ст. ст. 31, 32), определяет подходы к разработке программ и стратегий территориального развития систем энергетики, связи, транспортных коммуникаций и иных объектов инфраструктуры (ст. 43);

• **Закон «О государственно-частном партнерстве»** [21], относящий энергетику к числу сфер, где может осуществляться государственно-частное партнерство (ст. 5);

• **Закон «О техническом нормировании и стандартизации»** [22], который установил, что государственные стандарты в зависимости от объекта стандартизации должны содержать и требования к энергоэффективности, снижению энерго- и материалоемкости продукции, процессов ее производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации или оказания услуг (ст. 19);

• **Закон «Об электросвязи»** [23], который упоминает о таких понятиях, как «радиочастотная энергия» и «электромагнитная энергия» (ст. 1).

Имеются и иные законы, косвенно касающиеся отношений в энергетической сфере.

**Продолжение читайте
в следующем номере**

Список литературы

1. Общая теория права: пособие / В.А. Абрамович [и др.]; под общ. ред. С.Г. Дробязко, С.А. Калинина. – Минск: БГУ, 2013. – С. 283.

2. Конституция Республики Беларусь 1994 года (с изменениями и дополнениями, принятыми на республиканских референдумах 24 ноября 1996 г. и 17 октября 2004 г.) // Ведомости Вярхоўнага Савета Рэспублікі Беларусь. – 1994. – № 9. – С. 144.
3. Быков, А.Г. О проекте Энергетического кодекса Российской Федерации / А.Г. Быков // Энергетическое право. – 2013. – № 2. – С. 6–8.
4. Гражданский кодекс Республики Беларусь: Кодекс Республики Беларусь от 07.12.1998 № 218-З (ред. от 05.01.2016) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 14.01.2016.
5. Кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях: Кодекс Республики Беларусь от 21.04.2003 № 194-З (ред. от 19.07.2016) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 22.07.2016.
6. Налоговый кодекс Республики Беларусь (Особенная часть): Кодекс Республики Беларусь от 29.12.2009 № 71-З (ред. от 13.06.2016) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 01.01.2016.
7. Процессуально-исполнительный кодекс Республики Беларусь об административных правонарушениях: Кодекс Республики Беларусь от 20.12.2006 № 194-З (ред. от 19.07.2016) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 22.07.2016.
8. Водный кодекс Республики Беларусь: Кодекс Республики Беларусь от 30.04.2014 № 149-З // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 20.05.2014.
9. Уголовный кодекс Республики Беларусь: Кодекс Республики Беларусь от 09.07.1999 № 275-З (ред. от 19.07.2016) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 22.07.2016.
10. Бюджетный кодекс Республики Беларусь: Кодекс Республики Беларусь от 16.07.2008 № 412-З (ред. от 30.12.2015, с изм. от 18.10.2016) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 01.01.2016.
11. Кодекс Республики Беларусь о земле: Кодекс Республики Беларусь от 23.07.2008 № 425-З (ред. от 18.07.2016) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 21.07.2016.
12. Кодекс Республики Беларусь о недрах: Кодекс Республики Беларусь от 14.07.2008 № 406-З (ред. от 02.05.2013) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 07.05.2013.
13. Об использовании атомной энергии: Закон Республики Беларусь от 30.07.2008 № 426-З (ред. от 22.12.2011) // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 04.01.2012. – № 1.
14. О возобновляемых источниках энергии: Закон Республики Беларусь от 27.12.2010 № 204-З // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 04.01.2011. – № 2.
15. Об энергосбережении: Закон Республики Беларусь от 08.01.2015 № 239-З // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 11.01.2015.
16. О газоснабжении: Закон Республики Беларусь от 04.01.2003 № 176-З (ред. от 14.07.2011) // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 21.07.2011. – № 82.
17. Об объектах, находящихся только в собственности государства, и видах деятельности, на осуществление которых распространяется исключительное право государства: Закон Республики Беларусь от 15.07.2010 № 169-З (ред. от 05.01.2016) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 14.01.2016.
18. О естественных монополиях: Закон Республики Беларусь от 16.12.2002 № 162-З (ред. от 31.12.2014) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 10.01.2015.
19. Об охране окружающей среды: Закон Республики Беларусь от 26.11.1992 № 1982-XII (ред. от 24.12.2015, с изм. от 18.10.2016) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 30.12.2015.
20. Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Беларусь: Закон Республики Беларусь от 05.07.2004 № 300-З (ред. от 30.12.2015) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 01.01.2016.
21. О государственно-частном партнерстве: Закон Республики Беларусь от 30.12.2015 № 345-З // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 01.01.2016.
22. О техническом нормировании и стандартизации: Закон Республики Беларусь от 05.01.2004 № 262-З (ред. от 07.01.2012, с изм. от 24.10.2016) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 14.01.2016.
23. Об электросвязи: Закон Республики Беларусь от 19.07.2005 № 45-З (ред. от 01.07.2014) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 08.07.2014.

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В СФЕРЕ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ И ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

С 1 марта 2016 года вступили в силу основные положения Указа Президента Республики Беларусь от 26 ноября 2015 года № 475 «О внесении изменений и дополнений в Указы Президента Республики Беларусь». Наиболее многочисленные изменения произошли в Указе Президента Республики Беларусь от 1 сентября 2010 года № 450 «Положение о лицензировании отдельных видов деятельности». Они затрагивают как общие положения в области лицензирования, так и отдельные виды лицензируемой деятельности, в том числе в области использования атомной энергии.

Основой правового регулирования в сфере лицензирования является Положение о лицензировании отдельных видов деятельности, утвержденное Указом Президента Республики Беларусь от 1 сентября 2010 года № 450. В новой редакции Положения указано, что к лицензируемым относятся виды деятельности, которые могут создать угрозу нанесения ущерба интересам национальной безопасности, общественного порядка, защиты прав и свобод, нравственности, здоровья населения, охраны окружающей среды и регулирование которых не может быть обеспечено иными методами, кроме как лицензированием (часть вторая п. 1). Таким образом, Положением закреплены критерии, по которым законодатель относит тот или иной вид деятельности к деятельности, требующей получения лицензии или специального разрешения.

Согласно Положению лицензируемая деятельность в области использования атомной энергии включает проектирование, размещение, сооружение, эксплуатацию, вывод из эксплуатации ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов; обращение с ядерными материалами, ядерным топливом, отработавшими ядерными материалами, отработавшим ядерным топливом, экс-

плуатационными радиоактивными отходами; работы и услуги, предоставляемые эксплуатирующим организациям (включая строительство объектов), влияющие на безопасность; конструирование, изготовление технологического оборудования для объектов использования атомной энергии, а также проведение экспертизы безопасности в области использования атомной энергии.

Заявление с прилагаемыми к нему в соответствии с Положением документами представляется соискателем лицензии (лицензиатом) в Департамент по ядерной и радиационной безопасности Министерства по чрезвычайным ситуациям (Госатомнадзор).

Общие лицензионные требования

Согласно п. 128 Положения к лицензионным требованиям и условиям относятся общие лицензионные требования. Одно из них – требование о наличии в штате соискателя лицензии не менее 3 работников (технических руководителей, специалистов), для которых работа у данного нанимателя является основным местом работы, имеющих квалификацию, соответствующую требованиям законодательства, регулирующего лицензируемую дея-



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



В.Т. КАЗАЗЯН,
к.т.н., заведующий
лабораторией



А.П. МАЛЫХИН,
к.т.н., ведущий научный
сотрудник

тельность, а также прошедших обучение, инструктаж и оценку знаний нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов, в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности. Документом предусмотрено также, что из числа работников должно быть назначено не менее двух лиц, ответственных за безопасное выполнение работ и (или) оказание услуг, составляющих лицензируемую деятельность.

Согласно Положению соискатель лицензии должен иметь систему управления и (или) контроля качества осуществления лицензируемой деятельности, обладать технической и программной оснащённостью (технологии, оборудование, оснастка, приборы, методики, документация, программное обеспечение и др.), соответствующей требованиям нормативных правовых актов, в том числе обязательным для соблюдения требованиям технических нормативных правовых актов в области использования атомной энергии и источников ионизирующего излучения, позволяющей качественно выполнять работы и (или) оказывать услуги, составляющие лицензируемую деятельность.

Состояние объекта использования атомной энергии, работ и (или) услуг, составляющих лицензируемую деятельность, должно соответствовать проектной, конструкторской, технологической документации и документам, обосновывающим обеспечение ядерной и радиационной безопасности.

Среди важнейших требований – наличие условий хранения ядерных материалов, отработавших ядерных материалов и (или) эксплуатационных радиоактивных отходов, системы учета и контроля таких материалов и веществ, планов мероприятий по защите работников объекта использования атомной энергии и населения в случае возникновения радиационной аварии, а также готовности к выполнению этих планов мероприятий.

Кроме того, соискатель лицензии должен обеспечить физическую защиту ядерных установок, источников ионизирующего излучения, пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, а также выполнить условия безопасного прекращения лицензируемой деятельности и вывод объекта использования атомной энергии из эксплуатации, при этом обязательно наличие соответствующих проектных материалов.

Одним из условий, предъявляемых к заявителю, является осуществление им наблюдений за характеристиками площадки размещения ядерной установки и (или) пункта хранения и учет результатов этих наблюдений при проектировании и сооружении таких объектов, конструировании, изготовлении, монтаже и наладке важных для безопасности систем (элементов), обеспечении их нормального функционирования на протяжении установленных сроков эксплуатации и вывода из эксплуатации.

Следует отметить, что реализация всех этих требований должна соответствовать положениям нормативных правовых актов, в том числе обязательным для соблюдения требованиям технических нормативных правовых актов, в области использования атомной энергии и источников ионизирующего излучения.

Обязательным условием является наличие у соискателя документов, обосновывающих обеспечение ядерной и радиационной безопасности, состав и содержание которых определены Требованиями к составу и содержанию документов, обосновывающих обеспечение ядерной и радиационной безопасности при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии и источников ионизирующего излучения, утвержденными постановлением МЧС от 30 ноября 2010 года № 58 (в редакции постановления МЧС от 08 апреля 2016 года № 22).

Соискатель лицензии должен также представить положительное заключение государственной экологической экспертизы и разрешение на право работы с источниками ионизирующего излучения (санитарного паспорта), выданное уполномоченными органами и учреждениями, осуществляющими государственный санитарный надзор.

Новые требования и условия

Новая редакция Положения дополнена рядом лицензионных требований и условий, предъявляемых к лицензиату при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии.

Одним из условий является наличие у лицензиата на праве собственности, хозяйственного ведения, оперативного управления или ином законном основании зданий, сооружений или помещений, соответствующих требованиям нормативных правовых актов, в том числе обязательным для соблюдения требованиям технических нормативных

правовых актов, в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности. Это требование не относится к организациям, осуществляющим техническое обслуживание непосредственно в месте размещения и эксплуатации источников ионизирующего излучения.

Часть нововведений касается кадровой политики и профессиональной подготовки. Лицензиат обязан укомплектовать объект использования атомной энергии квалифицированным персоналом, подбор и подготовка которого должны проводиться в соответствии с требованиями нормативных правовых актов; обеспечить повышение квалификации лиц, ответственных за безопасное выполнение работ и (или) оказание услуг, составляющих лицензируемую деятельность. Согласно Положению персонал этой категории должен проходить повышение квалификации не реже одного раза в 5 лет. Кроме того, лицензиат должен обеспечить актуализацию и выполнение программ подготовки и повышения квалификации конкретных категорий работников объекта использования атомной энергии.

Положением предусмотрено обязательное наличие у лицензиата положительного заключения экспертизы документов, обосновывающих обеспечение ядерной и радиационной безопасности, а также системы сбора, хранения, переработки и захоронения радиоактивных отходов при осуществлении лицензируемой деятельности.

Важным условием является соблюдение требований документов действующей системы управления и (или) контроля качества осуществления лицензируемой деятельности и требований, установленных в программах обеспечения качества, а также осуществление контроля качества деятельности организаций, выполняющих для эксплуатирующей организации работы и (или) оказывающих такой организации услуги в области использования атомной энергии (для эксплуатирующих организаций).

Документ содержит требование об обеспечении обращения с теми ядерными материалами, радиоактивными веществами, изделиями на их основе и в тех количествах, которые отвечают ограничениям, установленным в проекте на ядерную установку и (или) пункт хранения и в документах, обосновывающих безопасность таких объектов, и (или) работ, и (или) услуг, составля-

ющих деятельность в области использования атомной энергии;

При изменении требований действующих и введении в действие новых нормативных правовых актов, в том числе обязательных для соблюдения требований технических нормативных правовых актов, в области использования атомной энергии и источников ионизирующего излучения лицензиат обязан анализировать влияние на безопасность выявленных отступлений от новых требований, осуществлять разработку и реализовывать мероприятия по устранению и (или) компенсации таких отступлений.

В целях повышения безопасности Положением предусмотрено также выполнение конкретных требований по обеспечению ядерной, радиационной, пожарной и технической безопасности при переходах от одного установленного проектом состояния объекта использования атомной энергии к другому при сооружении, эксплуатации, выводе из эксплуатации и реконструкции (модернизации) ядерной установки и (или) пункта хранения. Во исполнение данного требования до начала пусконаладочных работ лицензиат должен создать систему проверки готовности к проведению пусконаладочных работ и их приемке.

Также он обязан обеспечить корректировку отчета по обоснованию безопасности, в том числе вероятностного анализа безопасности с учетом имевших место отказов важных для безопасности систем (элементов) и ошибок персонала, и использование его при расследовании нарушений в работе объекта использования атомной энергии и для разработки мероприятий по повышению уровня его безопасности.

Следует подчеркнуть, что лицензиат обязан своевременно представлять в Госатомнадзор информацию об имеющихся источниках ионизирующего излучения либо радиационных объектах для их регистрации в единой государственной системе учета и контроля источников ионизирующего излучения.

При выявлении несоответствия объекта использования атомной энергии, и (или) работ, и (или) услуг, составляющих деятельность в области использования атомной энергии, проектной, конструкторской, технологической документации, а также несоответствия изготавливаемого оборудования требованиям нормативных правовых актов

лицензиат обязан разработать мероприятия по устранению и (или) компенсации данных несоответствий с указанием сроков их реализации, реализовать их и представить в Госатомнадзор отчетные документы по их выполнению.

Также подлежат передаче в Госатомнадзор в определенные Положением сроки следующие документы:

- отчет по оценке текущего состояния безопасности объекта использования атомной энергии, и (или) работ, и (или) услуг, составляющих деятельность в области использования атомной энергии (ежегодно до 1 февраля года, следующего за отчетным);
- информация об изменениях и дополнениях, вносимых в документы, обосновывающие обеспечение ядерной и радиационной безопасности (не позднее чем через 30 календарных дней после их внесения);
- информация о конструктивных изменениях элементов, важных для безопасности систем, без изменения их проектных характеристик (два раза в год до 1-го числа 2-го месяца, следующего за отчетным полугодием);
- уведомление о дате начала и окончания работ и наличии лицензий у организаций, выполняющих работы и (или) оказывающих услуги, влияющие на безопасность объекта использования атомной энергии (перед началом работ на объекте использования атомной энергии).

Обоснование обеспечения безопасности при эксплуатации ядерной установки

Для осуществления деятельности по эксплуатации ядерной установки (для блока АЭС, вводимого после сооружения) заявитель должен представить в Госатомнадзор ряд документов, обосновывающих обеспечение безопасности, в том числе:

- предварительную редакцию окончательного отчета по обоснованию безопасности (ООБ) блока АЭС;
- предварительную редакцию вероятностного анализа безопасности (ВАБ) первого уровня блока АЭС;
- предварительную редакцию ВАБ второго уровня блока АЭС;
- программу обеспечения качества при вводе блока АЭС в эксплуатацию;
- программу обеспечения качества при эксплуатации для блока АЭС;
- технологический регламент эксплуатации блока АЭС;

– инструкцию по ликвидации аварий на блоке АЭС;

– руководство по управлению запроектными авариями на блоке АЭС;

– план мероприятий по защите работников (персонала) в случае аварии на АЭС;

– информацию о подборе, подготовке, поддержании квалификации и допуске к самостоятельной работе работников (персонала) АЭС;

– инструкции, программы и графики технического обслуживания, ремонта, испытаний и проверок систем, важных для безопасности;

– программу ввода блока АЭС в эксплуатацию;

– программу предпусковых наладочных работ;

– программу физического пуска блока АЭС;

– методики проведения экспериментов в процессе физического пуска блока АЭС;

– программу энергетического пуска блока АЭС;

– инструкцию по обеспечению ядерной безопасности при хранении, перевозке и перегрузке ядерного топлива;

– отчет по результатам исследования исходного радиационного состояния окружающей среды в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения АЭС (отчет о «нулевом» радиационном фоне);

– отчет о выполнении плана мероприятий по устранению и (или) компенсации отступлений, влияющих на безопасность, при осуществлении деятельности в области использования атомной энергии.

Кроме того, заявителем должны быть представлены сведения о выполнении условий действия лицензии в части сооружения блока АЭС; по обеспечению учета и контроля ядерного материала (ЯМ), отработавшего ядерного материала (ОЯМ), ядерного топлива (ЯТ), отработавшего ядерного топлива (ОЯТ), радиоактивных веществ (РВ) и эксплуатационных радиоактивных отходов (РАОэ), а также по обеспечению физической защиты ЯМ, ядерных установок (ЯУ), пунктов хранения ЯМ (ПХЯМ) в соответствии с приведенными ниже требованиями.

Также заявителю необходимо представить в Госатомнадзор документы по эксплуатации систем обращения с РАОэ, отчет по результатам наблюдений за зданиями и сооружениями, относящимися к I и II категориям по влиянию на безопасность, содержащий

информацию за все время наблюдений, и типовые программы (регламенты) предэксплуатационного и эксплуатационного контроля состояния основного металла и сварных соединений оборудования и трубопроводов систем, важных для безопасности.

Ряд документов может быть представлен в Госатомнадзор после подачи заявления на выдачу лицензии (внешение изменений и (или) дополнений в лицензию), в их числе:

- отчеты по результатам физического и энергетического пусков, опытно-промышленной эксплуатации блока АЭС (каждый отчет представляется после завершения этапа работ до начала следующего этапа);

- ООБ для блока АЭС (окончательная редакция), откорректированный с учетом результатов физического и энергетического пусков и опытно-промышленной эксплуатации блока АЭС;

- ВАБ первого уровня блока АЭС (окончательная редакция), откорректированный с учетом результатов физического и энергетического пусков и опытно-промышленной эксплуатации блока АЭС;

- ВАБ второго уровня блока АЭС (окончательная редакция), откорректированный с учетом результатов физического и энергетического пусков и опытно-промышленной эксплуатации блока АЭС;

- паспорт на реакторную установку блока АЭС;

- программа опытно-промышленной эксплуатации блока АЭС.

Также в Госатомнадзор должны быть представлены сведения по обеспечению учета и контроля ЯМ, физической защиты ЯМ, ЯУ и ПХЯМ, а также учета и контроля РВ и РАОэ.

Что касается сведений по обеспечению учета и контроля ЯМ, то обязательными являются следующие:

- сведения об организации проведения оценки знаний, требований нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов, планах подготовки и переподготовки работников (персонала), осуществляющих учет и контроль ЯМ, наличии разрешений Госатомнадзора на право ведения работ при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии у работников (персонала), осуществляющих учет и контроль ЯМ;

- копии положения (инструкции) об учете и контроле ЯМ, инструкций

по учету и контролю ЯМ для каждой зоны баланса материала (ЗБМ), акта о проведении последней на дату подачи заявления физической инвентаризации ЯМ по ЗБМ;

- перечень и наличие действующих в организации-заявителе нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов, по обеспечению учета и контроля ЯМ.

По вопросам обеспечения физической защиты ЯМ, ЯУ и ПХЯМ должны быть представлены следующие сведения:

- о проведении оценки знаний требований нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов, планах подготовки и переподготовки работников (персонала), осуществляющих физическую защиту, наличии разрешений Госатомнадзора на право ведения работ при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии у руководящего персонала, обеспечивающего физическую защиту ЯМ;

- о соответствии проекта системы физической защиты требованиям нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов (с указанием их названия), и о наличии сертификатов соответствия на средства, используемые в системе физической защиты;

- о состоянии охраны объекта и принятых мерах по предотвращению несанкционированных действий в отношении объекта;

- о наличии паспорта антитеррористической защищенности ядерно-опасного объекта;

- о категории ЯМ, проведении анализа уязвимости.

Также необходимо представить сведения, подтверждающие соответствие эффективности системы физической защиты установленным требованиям и перечень действующих в организации-заявителе нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов, по обеспечению физической защиты ЯМ, ЯУ и ПХЯМ.

В части обеспечения учета и контроля РВ и РАОэ заявитель должен представить:

- сведения об организации проведения оценки знаний требований нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов, о планах подготовки и переподготовки работников (персонала), осуществляющих учет и контроль РВ и РАОэ,

о наличии разрешений Госатомнадзора на право ведения работ при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии у руководящего персонала, обеспечивающего учет и контроль РВ и РАОэ;

- копию инструкции по учету и контролю РВ и РАОэ и акта о проведении последней на дату подачи заявления физической инвентаризации РВ и РАОэ;

- перечень действующих в организации-заявителе нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов, по обеспечению учета и контроля РВ и РАОэ.

Грубые нарушения лицензионных требований и условий

Грубыми нарушениями законодательства о лицензировании, лицензионных требований и условий являются:

- нарушения лицензионных требований и условий, ставшие причиной аварии, иной опасной ситуации техногенного характера, повлекших создание чрезвычайной ситуации;

- выполнение работ и (или) оказание услуг, составляющих лицензируемую деятельность, работниками, не соответствующими установленным требованиям;

- использование оборудования и технических устройств, являющихся источниками ионизирующего излучения, не разрешенных к применению в Республике Беларусь (за исключением оборудования и технических устройств, используемых в технологических процессах АЭС в соответствии с проектной, конструкторской и технологической документацией);

- использование и (или) хранение радиационных устройств, радиационное и (или) техническое состояние которых не соответствует обязательным для соблюдения требованиям технических нормативных правовых актов и (или) эксплуатационной документации;

- выполнение работ и (или) оказание услуг, составляющих лицензируемую деятельность, не указанных в лицензии.

В случае грубого нарушения законодательства о лицензировании, лицензионных требований и условий действие лицензии может быть приостановлено до устранения нарушений или лицензия может быть аннулирована.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ФОНД ТНПА – ЭНЕРГЕТИКЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕГЛАМЕНТЫ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА (ТР ЕАЭС)

В конце 2016 года в рамках ЕАЭС был принят ряд новых технических регламентов, в числе которых «**Требования к сжиженным углеводородным газам для использования их в качестве топлива**» (ТР ЕАЭС 036/2016) и «**Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники**» (ТР ЕАЭС 037/2016).

ТР ЕАЭС 036/2016 устанавливает обязательные требования безопасности к сжиженным углеводородным газам и связанным с ними процессам хранения, перевозки, реализации, утилизации, а также к маркировке. Вступает в силу **с 1 января 2018 года**.

Оценка соответствия указанной продукции требованиям ТР ЕАЭС 036/2016 будет осуществляться в форме декларирования соответствия.

Документы об оценке соответствия ранее установленным обязательным требованиям, выданные или принятые до дня вступления в силу ТР ЕАЭС 036/2016, действительны до окончания срока их действия, но не позднее 1 июля 2019 года. Производство и выпуск в обращение продукции в соответствии с ранее установленными обязательными требованиями при наличии соответствующих документов об оценке соответствия допускаются до 1 июля 2019 года. Производство и выпуск в обращение продукции, не подлежавшей до дня вступления в силу ТР ЕАЭС 036/2016 обязательной оценке соответствия, допускаются без разрешительных документов и без маркировки знаком национального обращения до 1 января 2019 года. Обращение продукции в первом и во втором случаях допускается

в течение гарантийного срока ее хранения, установленного законодательством государства – члена ЕАЭС.

С 1 марта 2018 года вступит в силу ТР ЕАЭС 037/2016 «**Об ограничении применения опасных веществ в изделиях электротехники и радиоэлектроники**», направленный на обеспечение защиты жизни и здоровья человека и окружающей среды путем регламентации применения опасных веществ в электротехнической продукции на стадии ее разработки и производства.

Данный технический регламент гармонизирован с техническим законодательством Европейского союза, в частности с Директивой 2011/65/EU RoHS 2. При этом сохранены некоторые особенности и требования, в первую очередь касающиеся области применения, на уровне отмененной Директивы ЕС 2002/95/EEC RoHS 1, включая положения ссылочной Директивы 2002/96/EC WEEE.

ТР ЕАЭС 037/2016 распространяется на бытовые приборы и аппараты, IT-оборудование, средства электросвязи, световое и офисное оборудование, электроинструмент (включая музыкальный), оборудование для досуга и спорта, торговые и игровые автоматы, расчетно-кассовое оборудование, кабельную продукцию (до 500 В), устройства защитного отключения, пожарно-охранные извещатели – то есть изделия, производящиеся в больших количествах и вследствие этого определяющие основной уровень потребления опасных веществ радиотехнической отрасли.

НОВЫЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ

С 1 апреля 2017 года в республике вводится в действие ГОСТ 33009.1-2014 (EN 15502-1:2012) «**Котлы газовые центрального отопления. Часть 1. Технические требования и методы испытаний**», который определяет конструктивные и эксплуатационные требования, требования к безопасности, энергоэффективности, методы испытаний, требования к маркировке, а также классификацию отопительных котлов, оснащенных атмосферными горелками (с вентиляторами или без вентиляторов) или горелками с полным предварительным смешением. Стандарт распространяется на котлы типов В и С, рассчитанные на подключение к замкнутым или открытым системам отопления.

НОВЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ

IEC/TR 61869-100:2017 «Трансформаторы измерительные. Часть 100. Руководство по применению трансформаторов тока при релейной защите электрических систем» (принят 20.01.2017).

IEC 62053-24:2014+AMD1:2016 CSV «Оборудование для измерения электрической энергии (переменного тока). Дополнительные требования. Часть 24. Статические измерители реактивной энергии на основной частоте (классы 0,5 S, 1 S и 1)» (принят 15.11.2016).

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) 262 14 20; 269 68 82**

НОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ

◆ Санитарные нормы и правила «Требования к организации зон санитарной охраны источников и централизованных систем питьевого водоснабжения», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30 декабря 2016 года № 142.

Документ вступил в силу с 23 января 2017 года.

◆ Санитарные нормы и правила «Требования к обращению с отходами производства и потребления», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30 декабря 2016 года № 143.

Документ вступил в силу с 23 января 2017 года.

◆ О государственной экологической экспертизе, стратегической экологической оценке и оценке воздействия на окружающую среду.

Положения, утвержденные постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 января 2017 года № 47 «О некоторых мерах по реализации Закона Республики Беларусь от 18.07.2016 «О государственной экологической экспертизе, стратегической экологической оценке и оценке воздействия на окружающую среду».

◆ О порядке проведения идентификации, регистрации, ведения государственного реестра опасных производственных объектов, регистрации потенциально опасных производственных объектов; порядок выдачи разрешений (свидетельств) на право выполнения отдельных видов работ (услуг) при осуществлении деятельности в области промышленной безопасности.

Положения, утвержденные Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 5 августа 2016 года № 613 «О некоторых мерах по реализации Закона Республики Беларусь «О промышленной безопасности».

◆ Государственная программа «Энергосбережение» на 2016-2020 годы, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 марта 2016 года № 248.

С текстами документов можно ознакомиться в ЭИС «Энергодokument»: www.energodoc.by.

Источник – Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. Эталонный банк данных правовой информации Республики Беларусь.

ЗАКАЗАТЬ документы можно:

по тел./факсу: +375-17 293-47-18, 286-08-28

e-mail: 2934682@mail.ru

а также в ЭИС «Энергодokument»



РМЭФ

Российский Международный
Энергетический Форум

XXIV
МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА



ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

25–28 АПРЕЛЯ 2017

ОРГАНИЗАТОРЫ

ENERGETIKA.EXPOFORUM.RU
RIEF.EXPOFORUM.RU

energetika@expoforum.ru
rief@expoforum.ru
+7 812 240 40 40 доб. 2154

EXPOFORUM

ENERGETIKA-RESTEC.RU
energo@restec.ru
+7 812 303 88 68

Выставочное объединение
РЕСТЭК®

12+



ufi
Approved
Event



КОНГРЕССНО-
ВЫСТАВОЧНЫЙ
ЦЕНТР

ЭКСПОФОРУМ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
ПЕТЕРБУРГСКОЕ
ШОССЕ, 64/1

20-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА **ТЕХИННОПРОМ**

ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Проводится под патронажем
Правительства Республики Беларусь

23-26 мая 2017

ФУТБОЛЬНЫЙ МАНЕЖ
ПР. ПОБЕДИТЕЛЕЙ, 20/2
Г. МИНСК, БЕЛАРУСЬ

- Промышленное оборудование, технологии и продукция
- Энергетика в промышленности, энергосбережение, экология
- ИМТЕХ – специальная экспозиция инновационных материалов и технологий



ЭКСПОФОРУМ
выставочное предприятие



EXPOFORUM.BY



+375 17 314 34 35



pva@expoforum.by

Унитарное предприятие "Экспофорум", УНП 100702781