

Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь



август 2017

# ЭНЕРГО

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ

### Абсорбционные ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ *World Energy*



# FILTER

T. +375 17 237 93 63 Ф. +375 17 237 93 64  
filter@filter.by filter.by



Ввод БелАЭС повысит актуальность систем хранения электроэнергии

Стр. 6

Тема номера

Возобновляемая энергетика

Стр. 10-25

Компания «Филтер»: утилизация бросовой теплоты

Стр. 16

Группа компаний ТЭС ДКМ: инвестиции в Беларуси

Стр. 22



## ПОЛИЭСТЕРОВЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ШКАФЫ

ELBOX POLYESTER — EP ELBOX POLYESTER VANDAL — EPV

Полиэстеровые электротехнические шкафы Elbox серии EP и EPV предназначены для монтажа электрооборудования, систем автоматического контроля и телекоммуникационного оборудования, требующего защиты от пыли и влаги. Шкафы выполнены из изолирующего, трудновоспламеняющегося и самозатухающего композита (полиэстер, армированный стекловолокном), имеют антивандальное ребристое исполнение и предназначены для уличной установки там, где требуется эффективная защита от случайного прикосновения к токоведущим элементам.

- ✓ СТЕПЕНЬ ЗАЩИТЫ ОБОЛОЧКИ – IP44, IP54
- ✓ ВАНДАЛОУСТОЙЧИВОСТЬ
- ✓ УСТОЙЧИВОСТЬ К ЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ ПРОБОЮ

## НАВЕСНЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ШКАФЫ

ELBOX METAL WALL — EMW ELBOX METAL WALL SYSTEM — EMWS

Навесные электротехнические шкафы серий EMW и EMWS – компактное решение для монтажа электротехнического оборудования и систем автоматизации. Шкафы EMW предназначены для установки оборудования с высокими требованиями к защите от пыли и влаги. Цельносварная конструкция обеспечивает прочность корпуса с нагрузочной способностью 50...150 кг. Замкнутый контур из вспененного полиуретана и специальный замок обеспечивают высокую степень защиты оболочки. Серия EMWS отличается толщиной монтажной панели 3,0 мм и трёхточечным дверным замком.

- ✓ СТЕПЕНЬ ЗАЩИТЫ ОБОЛОЧКИ – IP66
- ✓ СРОК СЛУЖБЫ ПОКРЫТИЯ НЕ МЕНЕЕ 15 ЛЕТ
- ✓ ШИРОКИЙ ВЫБОР ТИПОРАЗМЕРОВ



## ОТДЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ШКАФЫ

ELBOX METAL ECONOM — EME

Отдельные электротехнические шкафы Elbox серии EME являются бюджетным решением для монтажа электротехнического оборудования и систем автоматизации. Шкафы серии EME предназначены для использования в помещениях. Облегченная каркасная конструкция позволяет производить комплектацию оборудования как на монтажной панели, так и на каркасе шкафа.

- ✓ СТЕПЕНЬ ЗАЩИТЫ ОБОЛОЧКИ – IP55
- ✓ СРОК СЛУЖБЫ ПОКРЫТИЯ НЕ МЕНЕЕ 15 ЛЕТ
- ✓ НИЗКАЯ СТОИМОСТЬ

## ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ШКАФЫ

ELBOX METAL STANDART — EMS

Линейные электротехнические шкафы Elbox серии EMS – флагман торговой марки Elbox. Основу конструкции шкафа составляет инновационный сложный профиль MS. Шкафы серии EMS представляют собой универсальное решение для различного применения в автоматике и энергетике. Шкафы EMS пригодны для эксплуатации в самых сложных условиях. Высокая несущая способность профиля MS и универсальная каркасная конструкция предоставляют неограниченные возможности для внутреннего монтажа оборудования, а также облегчают соединение шкафов в ряды. Система монтажных профилей MS совместима с оборудованием ведущих европейских производителей.

- ✓ СТЕПЕНЬ ЗАЩИТЫ ОБОЛОЧКИ – IP65
- ✓ ИННОВАЦИОННЫЙ СЛОЖНЫЙ ПРОФИЛЬ MS
- ✓ АБСОЛЮТНЫЙ КОНКУРЕНТ ЗАПАДНЫМ АНАЛОГАМ





Ежемесячный научно-практический журнал.  
Издается с ноября 1997 г.

№8 (238) август 2017

#### Учредители:

Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь  
Инвестиционно-консультационное республиканское унитарное предприятие «Белинвест-энергосбережение»

#### Редакция:

Начальник отдела Ю.В. Шилова  
Редактор Д.А. Станюта  
Дизайн и верстка В.Н. Герасименко  
Корректор И.С. Станюта  
Подписка  
и распространение Ж.А. Мацко  
Реклама А.В. Филипович

#### Редакционный совет:

**Л.В. Шенец**, к.т.н., директор Департамента энергетики Евразийской экономической комиссии, главный редактор, председатель редакционного совета

**В.А. Бородуля**, д.т.н., профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, зам. председателя редакционного совета

**В.Г. Баштовой**, д.ф.-м.н., профессор кафедры ЮНЕСКО «Энергосбережение и возобновляемые источники энергии» БНТУ

**А.В. Вавилов**, д.т.н., профессор, иностранный член РААСН, зав. кафедрой БНТУ

**С.П. Кундас**, д.т.н., профессор кафедры теплообмена и вентиляции БНТУ

**И.И. Лиштван**, д.т.н., профессор, академик, главный научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси

**А.А. Михалевич**, д.т.н., академик, зам. Академика-секретаря Отделения физико-технических наук, научный руководитель Института энергетики НАН Беларуси

**А.Ф. Молочко**, зав. отделом общей энергетики РУП «БЕЛТЭИ»

**Ф.И. Молочко**, к.т.н., РУП «БЕЛТЭИ»

**В.М. Овчинников**, к.т.н., профессор, руководитель НИЦ «Экологическая безопасность и энергосбережение на транспорте» БелГУТа

**В.М. Полохович**, директор Департамента по ядерной энергетике

**В.А. Седнин**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой промышленной теплоэнергетики и теплотехники БНТУ

#### Издатель:

РУП «Белинвестэнергосбережение»

**Адрес редакции:** 220037, г. Минск, ул. Долгобродская, 12, пом. 2Н.  
Тел./факс: (017) 245-82-61  
E-mail: uvic2003@mail.ru  
Цена свободная.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 10 июля 2012 г. № 84 журнал «Энергоэффективность» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь.

Журнал зарегистрирован Министерством информации Республики Беларусь. Свид. № 515 от 16.06.2009 г. Публикуемые материалы отражают мнение их авторов. Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Перепечатка информации допускается только по согласованию с редакцией.

© «Энергоэффективность»

Отпечатано в ГОУПП «Гродненская типография»

Адрес: 230025 г. Гродно, ул. Полиграфистов, 4  
Лиц. №02330/39 до 29.03.2019

Формат 62x94 1/8. Печать офсетная. Бумага мелованная. Подписано в печать 21.08.2017. Заказ 4116. Тираж 1195 экз.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Энергосмесь

**1, 18, 31** ВВЕДЕНА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ПАРОГАЗОВАЯ УСТАНОВКА НА ГОМЕЛЬСКОЙ ТЭЦ-1 и другие новости

### Официально

**2** ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ ТЭР И ВВОД УСТАНОВОК ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ЗА ПЕРВОЕ ПОЛУГОДИЕ

### Вести из регионов

**3** НОВАЯ МИНИ-ГЭС В СЛОНИМЕ ОБЕСПЕЧИТ «ЗЕЛеной» ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЕЙ ДЕСЯТКИ ДОМОВ  
*Зоя Ситько*

**3** СОХРАНЯЯ ТЕПЛО, ДАРИМ КОМФОРТ И УЮТ НАШИМ ДЕТАМ *Алексей Бекиш*

**4** ВВОД КАСКАДА ГЭС НА ЗАПАДНОЙ ДВИНЕ ПОЗВОЛИТ ЕЖЕГОДНО ЭКОНОМИТЬ БОЛЕЕ 20 МИЛЛИОНОВ ДОЛЛАРОВ  
*Инна Лемешева*

**5** ПОДГОТОВКА К ОСЕННЕ-ЗИМНЕМУ ПЕРИОДУ: ЧТО ПОСЕЕШЬ, ТО И ПОЖНЕШЬ  
*Леонид Саврицкий*

### Аккумуляирование электроэнергии

**6** ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ *А.Ф. Молочко, РУП «БЕЛТЭИ»*

### Возобновляемая энергетика

**10** ИНТЕГРАЦИЯ ВИЭ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ: ПРАКТИКА И РАЗВЕНЧАНИЕ МИФОВ  
*Владимир Сидорович, Renen.ru*

**13** ДО 2030 ГОДА ВИЭ СТАНУТ САМЫМИ ДЕШЕВЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ В СТРАНАХ G20

**14** Постановление Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь 20 июля

2017 г. № 41 «О тарифах на электрическую энергию, производимую из возобновляемых источников энергии на территории Республики Беларусь индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, не входящими в состав государственного производственного объединения электроэнергетики «Белэнерго», и отпускаемую энергоснабжающим организациям данного объединения»

**16** МНОГОСТУПЕНЧАТАЯ УТИЛИЗАЦИЯ БРОСОВОЙ ТЕПЛОТЫ НА ОСНОВЕ АБСОРБЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ WORLD ENERGY: ДВИЖЕНИЕ В СТОРОНУ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАТРАТ *А.А. Алейникова, СЗАО «Филтер»*

**22** ГРУППА КОМПАНИЙ ТЭС ДКМ: «СОЛНЕЧНЫЙ» БИЗНЕС В БЕЛАРУСИ ГЛАЗАМИ ИНВЕСТОРА

### Зарубежный опыт

**20** ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УЧЕТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В АВСТРИИ. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА «USMARTCONSUMER» *Роланд Хирцингер, Австрийское энергетическое агентство*

### Научные публикации

**26** ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ *В.Н. Радкевич, А.В. Мильто, А.В. Супрунок, БНТУ*

### Календарь

**32** ДАТЫ, ПРАЗДНИКИ, ВЫСТАВКИ в августе и сентябре

## Энергосмесь

### Введена в эксплуатацию парогазовая установка на Гомельской ТЭЦ-1

31 июля 2017 года РУП «Гомельэнерго» совместно с АКОО «Китайская машиностроительная инженеринговая корпорация» успешно завершено строительство объекта «Реконструкция Гомельской ТЭЦ-1 с созданием блока ПГУ-35, с установкой ПГУ-25, котла-утилизатора и паровой турбины» и подписан акт ввода объекта в эксплуатацию.

Финансирование строительства объекта осуществлялось за счет

средств Международного банка реконструкции и развития. Согласно заключенному контракту АКОО «Китайская машиностроительная инженеринговая корпорация» осуществила разработку проектной документации, поставку оборудования и выполнение всего комплекса строительно-монтажных и наладочных работ.

Строительство было начато в октябре 2015 года.

В результате реализации проекта на Гомельской

ТЭЦ-1, которая относится к филиалу «Гомельские тепловые сети» РУП «Гомельэнерго», была установлена газовая турбина «Хитачи» мощностью 26 МВт, котел-утилизатор паропроизводительностью 41,3 тонн в час и паровая турбина «Сименс» мощностью 5,3 МВт.

Основной целью реализации проекта являлось повышение надежности и энергоэффективности Гомельской энергосистемы.

[www.energo.by](http://www.energo.by)

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ ТЭР И ВВОД УСТАНОВОК ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ЗА ПЕРВОЕ ПОЛУГОДИЕ

На 2017 год установлен показатель по доле местных топливно-энергетических ресурсов в валовом потреблении ТЭР в размере 14,5 процента. По итогам января-июня, по данным Белстата, доля местных ТЭР в валовом потреблении ТЭР составила 14,4 процента, что соответствует 2,3 млн тонн условного топлива.

Показатели по доле местных ТЭР в котельно-печном топливе в основном всеми республиканскими органами государственного управления, иными государственными организациями, подчиненными правительству, облисполкомами и Минским горисполкомом за январь-июнь, с учетом поквартальной разбивки, выполнены. Не выполнен показатель по Гомельскому облисполкому: факт за январь-июнь составил 13,3 процента при задании 13,5 процента. Основной причиной невыполнения установленного задания по Гомельской области является снижение потребления попутного газа нефтедобычи на РУП «Гомельэнерго», связанное

со снижением объемов добычи нефти в регионе.

За январь-июнь 2017 года введено в эксплуатацию 7 энергоисточников, работающих на местных ТЭР, суммарной тепловой мощностью 27 МВт из 33 энергоисточников суммарной тепловой мощностью 147,1 МВт, запланированных на 2017 год подпрограммой «Развитие местных топливно-энергетических ресурсов, в том числе возобновляемых источников энергии» Государственной программы «Энергосбережение» на 2016–2020 годы.

Также введены в эксплуатацию 5 ветроэнергетических установок суммарной элект-

рической мощностью 6,95 МВт (ЧПУП «ТелекомГруппИнвест» в районе д. Волоки Могилевского района ввело 3 ветроэнергетические установки мощностью 4,95 МВт; ООО «Газосиликатстрой» в районе п. Вейно Могилевского района ввело 2 ветроэнергетические установки мощностью 2 МВт), 5 фотоэлектрических станций суммарной электрической мощностью 87 МВт (Гомельская область: РУП «Производственное объединение «Белоруснефть», Речицкий район (56 МВт); Гродненская область: ООО «Экологическая энергия», Сморгонский район (18,63 МВт); ООО «ВетроВатт», Новогрудский район, д. Ляховичи (1,25 МВт); ООО «Агролайт», Щучинский район, п. Рожанка (1,15 МВт); Могилевская область: ООО «АрхСтройКомплекс», Быховский район, д. Чечевичи (10МВт)).

*Департамент по энергоэффективности*



## ЭнергоОптимa

Частное производственное унитарное предприятие

### Энергетика

Энергетическое обследование предприятий. Сопровождение.

Разработка и корректировка норм расхода ТЭР.

Тепловизионное обследование. Разработка теплоэнергетического паспорта здания.

Разработка ТЭО варианта теплоснабжения объекта.

Расчет нормируемых теплопотерь. Расчет тепловых нагрузок.



Электрофизические измерения.

Аэродинамические испытания.

Анализ параметров качества электроэнергии.

Технико-экономическое обоснование проектов.

Разработка обоснования инвестиций.

Мероприятия по энергосбережению.

Сервис измерительного оборудования.

### Экология

Инвентаризация отходов производства.

Инструкции по обращению с отходами производства и нормативы образования отходов.

Акт инвентаризации выбросов.

Проект нормативов допустимых выбросов.

Экологический паспорт предприятия.

Паспорт объектов размещения отходов.

Проект санитарно-защитной зоны предприятия.

Обоснования возможности размещения производства.

Индивидуальные нормативы водопотребления. Расчет нормативов.

Паспортизация газоочистных установок и вентиляционных систем.

Раздел «Оценка воздействия на окружающую среду» объекта строительства.

Расчет выбросов загрязняющих веществ и расчет рассеивания в атмосфере.

Проект обоснования границ горного отвода.

Собственная аккредитованная испытательная лаборатория

Ремонт и поверка измерительного оборудования  
Самая современная приборная база

212011, г. Могилев  
пер. Березовский, д. 5, каб. №4  
www.e-optima.by

+375 222 70-60-86  
+375 44 566-00-01  
info@e-optima.by

Качественные решения в сферах энергетики и экологии

РАБОТАЕМ ПО ВСЕЙ СТРАНЕ!

Офисы в Могилеве, Минске, Бресте

## Новая мини-ГЭС в Слониме обеспечит «зеленой» электроэнергией десятки домов



13 июля 2017 года была торжественно открыта гидроэлектростанция мощностью 200 кВт на реке Исса. Гидроэлектростанция построена в слонимском микрорайоне Альбертин на месте недействующего гидротехнического сооружения, ранее принадлежавшего Слонимскому картонно-бумажному заводу. Инвестором является ООО «ГидроПарк».

В настоящее время мощность гидроэлектростанции составляет 80 кВт. Электроэнергия уже поступает в сеть Слонимского РЭС, сгенерировано порядка 102 тысяч киловатт-часов.

Мощности мини-ГЭС достаточно для обеспечения электроэнергией 25 домов в микрорайоне Альбертин, представляющего из себя в основном частный сектор. Так как мощность станции напрямую зависит от уровня воды в озере, в паводок количество вырабатываемой энергии будет возрастать до максимума – 180–200 кВт·ч, что сможет удовлетворить потребности уже 50–70 домохозяйств. ■

**Зоя Ситько, начальник производственно-технического отдела Гродненского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР**

## Сохраняя тепло, дарим комфорт и уют нашим детям

Гродненским областным управлением по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов проводится мониторинг государственного учреждения образования «Ясли-сад №45 г. Гродно» по вопросу использования топливно-энергетических ресурсов (в том числе возобновляемых источников энергии) по результатам реализации проекта «Повышение энергоэффективности демонстрационного объекта государственного учреждения образования «Ясли-сад №45 г. Гродно» по ул. Сухомбаева, 5 посредством капитального ремонта с модернизацией и пристройкой теплового пункта».

Ясли-сад №45 вошел в четверку пилотных объектов совместного проекта

ЕС-ПРООН и Департамента по энергоэффективности «Разработка интегрированного подхода к расширению программы по энергосбережению». С мая по ноябрь 2016 года здесь были выполнены работы по тепло модернизации здания и монтажу энергоэффективного оборудования. В двухэтажном кирпичном здании 1970 года постройки были произведены утепление наружных стен и замена оконных блоков на энергоэффективные.

В отопительный сезон 2016–2017 годов специалистами аккредитованной диагностической лаборатории управления было проведено тепловизионное обследование ограждающих конструкций здания. По результатам измерений установлено соответ-



ствие сопротивления теплопередаче обследуемых наружных стеновых ограждающих конструкций учреждения проектными значениями и требованиям ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника. Строитель- ▶

ные нормы проектирования» (наружные стены:  $R = 3,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ , заполнения световых проемов:  $R = 1,0 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ ). Для обслуживания пищеблока предусмотрена приточно-вытяжная установка с рекуперацией тепла, которая установлена на крыше здания. По итогам 4 квартала 2016 года фактическая удельная норма расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию снизилась на 41,8% в сравнении с 4 кварталом 2015 года (с 9,1 до 5,3 Мкал/тыс.  $\text{м}^3 \text{ сут } ^\circ\text{C}$ ), в 1 квартале 2017 года – на 40,7% в сравнении с аналогичным периодом 2016 года (с 8,1 до 4,8 Мкал/тыс.  $\text{м}^3 \text{ сут } ^\circ\text{C}$ ), при этом в помещениях (группах) яслей-сада поддержива-

лась комфортная (оптимальная) температура воздуха 21–23 $^\circ\text{C}$ .

На крыше здания установлена гелиоэнергетическая установка из 24 вакуумных коллекторов в комплекте с тремя накопительными баками объемом 1,5  $\text{м}^3$  каждый с теплообменниками, которые оснащены модулями-контроллерами *Viawar*. Установка обеспечивает получение горячей воды в объеме 4500 л/сутки с температурой 55 $^\circ\text{C}$ . Анализ использования теплоты в нужды горячего водоснабжения в 4 квартале 2016 года показывает снижение фактической удельной нормы расхода на 22,2% в сравнении с 4 кварталом 2015 года, в 1 квартале 2017 года – на 36,2% в сравнении с аналогичным периодом 2016 года. При этом после входа яслей-сада в зону планового отключения горячей воды горячее водоснабжение обеспечивается за счет тепловой энергии, вырабатываемой гелиоэнергетической установкой.

Новое энергоэффективное технологическое электрооборудование кухни яслей-сада включает в себя плиту электрическую стеклокерамическую с вытяжкой, пароконвектомат, электросковороду с вытяжкой. После замены электрооборудования снизился фактический расход электрической



энергии в 4 квартале 2016 года на 33,8% в сравнении с 4 кварталом 2015 года (с 10286 кВт·ч до 6810 кВт·ч), в 1 квартале 2017 года – на 36,8% в сравнении с 1 кварталом 2016 года (с 11102 кВт·ч до 7016 кВт·ч).

Анализ использования топливно-энергетических ресурсов по результатам реализации проекта указывает на положительный опыт, который может быть расширен на другие объекты учреждений образования. ■

**Алексей Бекиш, зав. сектором инспекционно-энергетического отдела Гродненского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР**



## Ввод каскада ГЭС на Западной Двине позволит ежегодно экономить более 20 миллионов долларов

Первый этап создания каскада из трех ГЭС – ввод в эксплуатацию Полоцкой ГЭС мощностью 21,66 МВт – был завершён 30 июня 2017 года.

В здании ГЭС установлены пять горизонтальных турбин типа «Каплан» чешской компании *Mavel a.s.* с генераторами мощностью по 4,3 МВт, проектная себестоимость производства электроэнергии – 4,96 цента за кВт·ч.

Электроэнергии, вырабатываемой Полоцкой ГЭС, будет достаточно для покрытия потребления электроэнергии 3–4 районами области. Генераторы станции выдают ток в энергосистему уже с апреля, когда ГЭС начала функционировать в тестовом режиме. За это время в республиканскую распределительную сеть поступило около 30 млн кВт·ч электроэнергии.

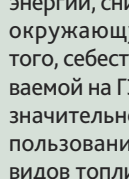
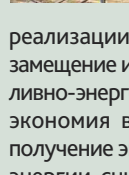
Второй этап – ввод в эксплуатацию Витебской ГЭС мощ-



ностью 40 МВт был завершён 31 июля нынешнего года.

Витебская ГЭС в тестовом режиме действует фактически с декабря прошлого года. За первое полугодие 2017 года в тестовом режиме суммарно обоими ГЭС выработано около 86 млн кВт·ч электрической энергии, что равноценно замещению 24 тыс. т у.т. импортного топлива.

В настоящее время идет поиск инвестора для строительства Бешенковичской ГЭС мощностью 33 МВт, которая завершит каскад станций на Западной Двине. Основными целями



реализации проекта являются замещение импортных топливно-энергетических ресурсов, экономия валютных средств, получение экологически чистой энергии, снижение нагрузки на окружающую среду. Кроме того, себестоимость вырабатываемой на ГЭС электроэнергии значительно ниже, чем с использованием традиционных видов топлива.

Ввод каскада ГЭС позволит ежегодно экономить на покупке природного газа более 20 миллионов долларов (при нынешней цене на природный газ). ■

**Инна Лемешева, начальник производственно-технического отдела Витебского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР**

## Подготовка к осенне-зимнему периоду: что посеешь, то и пожнешь

К подготовке объектов народного хозяйства в Могилевской области всегда подходят с большой ответственностью. Так, решением Могоблисполкома от 27 апреля 2017 № 16-12 «О подготовке народного хозяйства Могилевской области к работе в осенне-зимний период 2017/2018 года» определены задания и утвержден комплекс мероприятий, сроки исполнения и ответственные исполнители районного и областного подчинения. Установлено до 1 сентября 2017 года завершить работы по оформлению и регистрации в филиале «Энергонадзор» МРУПЭ «Могилевэнерго» паспортов готовности потребителей тепловой энергии и теплоисточников Могилевской области.

По состоянию на 1 августа ход подготовки объектов жилищно-коммунального хозяйства в целом по области характеризовался следующим образом:

- профилактическим ремонтом при плане 1474 котлов фактически охвачено 1358 котлов;

- профилактический ремонт котельного оборудования при плане 583 котельных фактически произведен в 519 котельных;

- замена тепловых сетей в однотрубном исчислении при плане 97 км фактически выполнена на 25,7 км;

- план по выводу из эксплуатации 25,7 км неэффективных тепловых сетей (в однотрубном исчислении) фактически выполнен на 32%;

- план по замене насосов и установке ЧРЭП фактически выполнен на 44,1%;

- в рамках создания запасов древесных видов топлива при плане 325 тыс. куб. м фактически заготовлено 182,6 тыс. куб. м.

- зарегистрировано 204 паспорта готовности ведомственных тепловых источника из 579 требуемых, или 35,2%.

В основном на всех предприятиях жилищно-коммунального хозяйства области организационно-технические мероприятия по подготовке к ОЗП проводятся

в установленные сроки и в полном объеме.

4 августа 2017 года областной группой с выездом на место в рамках рассмотрения хода работ по подготовке к прохождению ОЗП предприятий и организаций Кричевского района были проконтролированы котельно-тепловое хозяйство, жилищный фонд и другие объекты Кричевского УКПП «Коммунальник».

На предприятии издан приказ «О подготовке объектов УКПП «Коммунальник» к работе в осенне-зимний период 2017/2018 года» и создана соответствующая комиссия. Планы мероприятий по подготовке котельно-теплого хозяйства и жилищного фонда Кричевского УКПП «Коммунальник» к работе в осенне-зимний период разработаны, утверждены директором и согласованы в энергонадзоре.

На хорошем уровне ведутся работы по замене тепловых сетей, созданию запасов местных видов топлива; завершается профилактический ремонт котлов и котельного оборудования; просроченная задолженность за отпущенное древесное топливо перед организациями Могилевского ГПЛХО отсутствует.

Предприятие в нынешнем году планирует заменить 5 км тепловых сетей на ПИ-трубу, в том числе до 1 октября – 2,4 км.

Во всех обследованных котельных имеются навесы либо склады для хранения древесного топлива. Кричевским УКПП «Коммунальник» выполнены работы по ремонту складов и навесов для хранения топлива на котельных «СШ №7» на ул. Тимирязева, «Детский сад №3» на ул. Комсомольская.

Зарегистрировано 14 паспортов готовности теплоисточников из 31 требуемого.

В тоже время, есть замечания по подготовке котельно-теплого хозяйства.

Строительные конструкции здания котельной «Свадковичи» находятся в неудовлетворительном состоянии.



В котельной «ДРСУ-198» не выполнен ремонт тепловой изоляции трубопроводов тепловой сети надземной прокладки на эстакаде от здания котельной и на территории лица.

В котельной д. Малятичи не выполнен ремонт тепловой изоляции тепловых сетей надземной прокладки на территории от котельной.

Также рабочей группой отмечено, что Кричевским УКПП «Коммунальник» не выполняются мероприятия по энергосбережению. Так, за первое полугодие 2017 года реализовано только одно энергоэффективное мероприятие из пяти запланированных.

Итоги проверки областной рабочей группой хода подготовки объектов народного хозяйства Кричевского района к осенне-зимнему периоду будут заслушаны на очередной областной комиссии «По координации проведения подготовительных профилактических и ремонтных работ, созданию необходимых запасов топлива на осенне-зимний период 2017/2018 года».

**Леонид Саврицкий,**  
главный специалист  
инспекционно-  
энергетического отдела  
Могилевского облуправления  
по надзору за рациональным  
использованием ТЭР

**А.Ф. Молочко,**  
зав. отделом общей  
энергетики РУП «БЕЛТЭИ»



# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Высокоэффективное использование электрической энергии зависит не только от непосредственного снижения объемов ее потребления, но и от времени суток ее использования. Значительное удешевление технологий производства электрической энергии из возобновляемых источников энергии, а также неминуемое снижение ночных тарифов на нее после ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС делают привлекательными для конечного потребителя технологии аккумуляции и хранения электроэнергии.

Сегодня основное место на рынке систем хранения электроэнергии занимает литий-ионная технология. Например, в 2016 году в 90% проектов применялись литий-ионные аккумуляторы. Они широко используются на потребительском рынке и на рынке автомобилей, где устанавливаются в гибридных или полностью электрических транспортных средствах. Цены на литий-ионные аккумуляторы значительно снижаются. Они хорошо себя зарекомендовали как в системах, где необходимо использовать много электроэнергии в течение короткого времени (силовые установки), так и в системах, которым требуется меньшее количество электроэнергии в течение длительного периода. Они подходят для хранения энергии любым потребителям – от индивидуальных коммерческих и жилых объектов до крупных предприятий и даже энергосистем.

Рассмотрим несколько сценариев применения технологий хранения энергии (ТХЭ) в условиях Беларуси на конкретных примерах для различных производителей и потребителей электроэнергии.

## Сценарий 1. Автономная домашняя электростанция мощностью 10 кВт

В данном случае система хранения полностью используется для собственных нужд потре-



бителя, а избыток энергии, вырабатываемый ВИЭ, сохраняется в аккумуляторах. Такая система используется для автономного электроснабжения и может быть

применена при отсутствии возможности подключения к сети электроснабжения. Мощность системы рассчитывается и подбирается под непосредственные нужды потребителя с учетом потерь на преобразование постоянного тока в переменный. Для аварийного питания в случае длительного отсутствия поставок элек-

троэнергии от источников целесообразно использовать бензиновый (дизельный) электрический генератор с соответствующим запасом топлива. Розничная стоимость автономной системы электроснабжения с применением ветроустановки и солнечных модулей суммарной мощностью 10 кВт приведена в таблице 1.

Таблица 1.

Оборудование	Цена, USD	Кол-во	Стоимость, USD
Солнечные модули мощностью 260 Вт	210	18	3780
Инвертор с контроллером для солнечных модулей	3600	1	3600
Аккумуляторные батареи емкостью 100 А·ч	220	16	3520
Дополнительное электротехническое оборудование, монтажные и пусконаладочные работы			1500
<b>Итого для солнечных модулей:</b>			<b>12400</b>
Ветрогенератор мощностью 5 кВт	3200	1	3200
Контроллер и инвертор ветрогенератора	6200	1	6200
Мачта высотой 12 метров	2000	1	2000
Дополнительное электротехническое оборудование, монтажные и пусконаладочные работы	4200	1	4200
<b>Итого для ветрогенератора:</b>			<b>15600</b>
Аварийный генератор мощностью 10 кВт	4000	1	4000
<b>Итого:</b>			<b>32000</b>



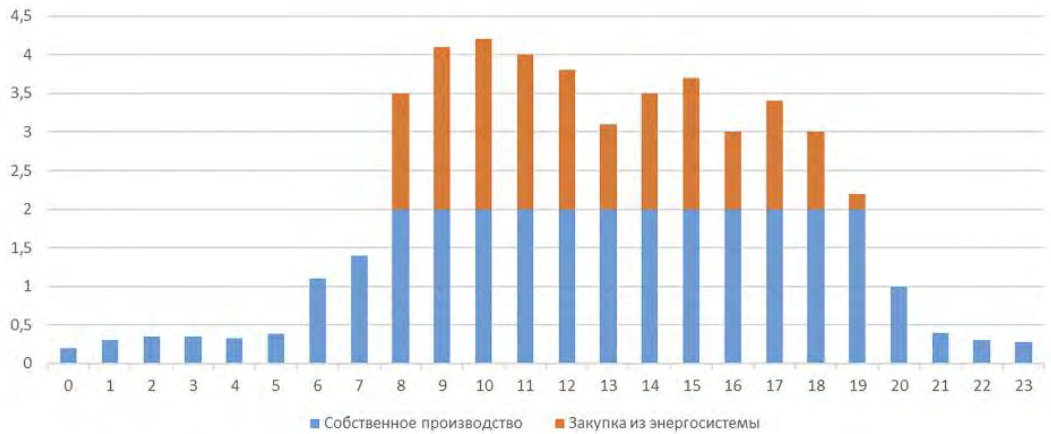
Таким образом, суммарная стоимость системы автономного электроснабжения мощностью 10 кВт составит 32000 USD (3200 USD/кВт). При этом расчетное число часов использования установленной мощности солнечной электростанции в условиях Беларуси составляет 1000 ч/год, а ветроустановки – 1500 ч/год, т.е. суммарная планируемая выработка электрической энергии составит 12180 кВт·ч в год (1015 кВт·ч в месяц). Простой срок окупаемости подобной системы при несубсидируемом тарифе на электроэнергию 0,11 USD/кВт·ч составит 23,8 года. При отсутствии же автономной системы следует учитывать капитальные затраты на прокладку электрической сети до потребителя и другие составляющие, финансирование которых может значительно повысить эффективность автономного варианта. В рассмотренном сценарии система хранения энергии выполняет роль поддерживающего электропитания с расчетной емкостью 12,8 кВт·ч при отсутствии других источников электроснабжения.

**Сценарий 2. Промышленное предприятие с собственной электростанцией мощностью 2 МВт с установкой накопителей с максимальной нагрузкой 5 МВт и емкостью 15 МВт·ч**

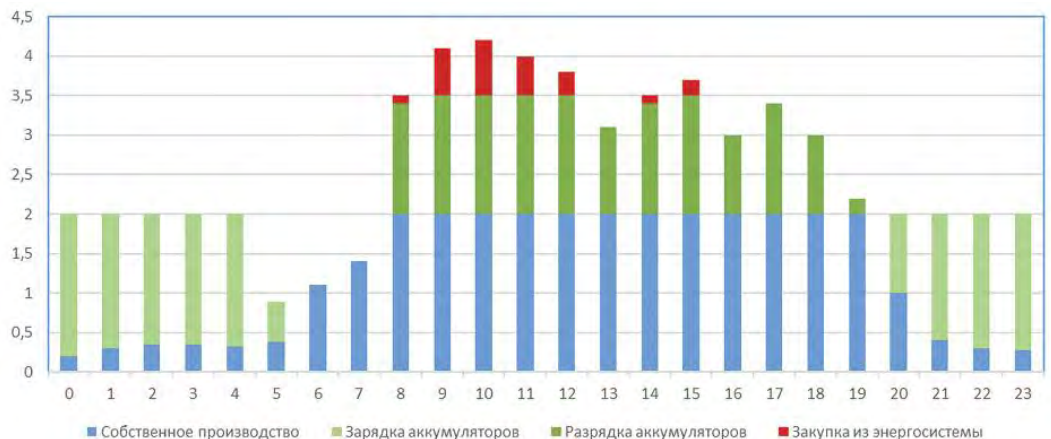
Предприятие, работающее 250 дней в год, имеет суточный график нагрузки, приведенный на рис. 1, с суммарным суточным потреблением 47,9 МВт·ч; при этом собственной выработкой покрывается 30,4 МВт·ч, а оставшиеся 17,5 МВт·ч закупаются из энергосистемы. Себестоимость производства собственной электроэнергии составляет 0,05 USD/кВт·ч, а цена покупной электроэнергии – 0,12 USD/кВт·ч. При этом собственная электростанция работает по тепловому графику, и недостающие объемы тепловой энергии закупаются у сторонних поставщиков по цене 45 USD за 1 Гкал, а себестоимость производства на собственной ТЭЦ – 30 USD за 1 Гкал.

Годовые затраты на электроэнергию составят:  
 $Z_1 = (30,4 \cdot 0,05 + 17,5 \cdot 0,12) \cdot 250 = (1,52 + 2,1) \cdot 250 = 905$  тыс. USD.

**Рис. 1. Суточный график нагрузки без аккумулятора**



**Рис. 2. Суточный график нагрузки с аккумуляторами**



Годовые затраты на тепловую составят:

$$Z_2 = 17,5 \cdot 0,86 \cdot 45 \cdot 250 = 169,3 \text{ тыс. USD.}$$

После установки накопителей собственная электростанция заряжает их в ночной период, а накопленная электроэнергия используется в дневной пиковый период. Стоимость накопителей с максимальной нагрузкой 5 МВт и емкостью 15 МВт·ч на сегодняшний день составляет 5,65 млн USD с учетом НДС. После их установки годовые затраты на электроэнергию составят:

$$Z_3 = (45,4 \cdot 0,07 + 2,5 \cdot 0,12) \cdot 250 = (2,27 + 0,3) \cdot 250 = 642,5 \text{ тыс. USD.}$$

Годовые затраты на тепловую энергию составят:

$$Z_4 = (17,5 - 15) \cdot 0,86 \cdot 45 \cdot 250 = 24,1 \text{ тыс. USD.}$$

Тогда разность затрат составит:

$$\Delta Z = Z_1 + Z_2 - Z_3 - Z_4 = 905 + 169,3 - 642,5 - 24,1 = 407,7 \text{ тыс. USD.}$$

Простой срок окупаемости по разности затрат:

$$t_{ок} = 5650 / 262,5 = 13,9 \text{ года.}$$

**Сценарий 3. Покрытие пиковых нагрузок в Белорусской энергосистеме после ввода АЭС**

Оценку целесообразности использования аккумуляторов в Белорусской энергосистеме произведем на примере внедрения электрокотлов и пиково-резервных источников, а также электрокотлов, резервных источников и электрических аккумуляторов.

В качестве исходных данных принимаем следующее:

- удельный расход условного топлива на ТЭЦ:  
 $b_{\text{ТЭЦ}}^{\text{ТЭЦ}} = 170$  г у.т./кВт·ч;
- удельный расход условного топлива на КЭС (Лукомльская ГРЭС):  
 $b_{\text{КЭС}}^{\text{КЭС}} = 310$  г у.т./кВт·ч;
- удельный расход условного топлива на пиковой станции:  
 $b_{\text{пик}}^{\text{пик}} = 320$  г у.т./кВт·ч;
- необходимый объем покрытия нагрузки энергосистемой в ночной период (ввода электрокотлов):  
 $N_{\text{ЭК}} = 985$  МВт;
- число часов работы пиковых источников:  
 $t_p = 700$  ч;

число часов работы электрокотлов без электроаккумуляторов:

$$t_{\text{ЭК}} = 2266 \text{ ч;}$$

число часов работы электрокотлов с электроаккумуляторами:

$$t_{\text{ЭК+акк}} = 2214 \text{ ч;}$$

число часов работы заряда-разряда аккумуляторов (3ч · 365 сут):

$$t_{\text{акк}} = 1095 \text{ ч;}$$

удельная стоимость строительства электрокотлов:  
 $s_{\text{ЭК}} = 195,8$  USD/кВт;

цена топлива:  
 $c_t = 150$  USD/т у.т.

Объем ввода пиково-резервных мощностей:  
 $N_{\text{пр}} = 800$  МВт;

удельная стоимость строительства пиково-резервных мощностей:

$$s_{\text{пр}} = 650 \text{ USD/кВт;}$$

объем ввода электроаккумуляторов:  
 $N_{\text{акк}} = 350$  МВт;

удельная стоимость строительства электроаккумуляторов:  
 $s_{\text{акк}} = 853$  USD/кВт

**Вариант 1**

Рассчитаем капитальные вложения и расходы топлива по варианту 1.

$$K_{\text{сумм1}} = N_{\text{эк}} \cdot S_{\text{эк}} + N_{\text{пр}} \cdot S_{\text{пр}} = 985 \cdot 195,8 + 800 \cdot 650 = 192863 + 520000 = 712\,863 \text{ тыс. USD}$$

Расход топлива на электродкотлы:

$$V_{\text{эк}} = N_{\text{эк}} \cdot t_{\text{эк}} \cdot b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭЦ}} = (985 \cdot 2266 \cdot 170) \cdot 10^{-6} = 379,4 \text{ тыс. т у.т.}$$

Расход топлива на пиково-резервные источники:

$$V_{\text{пр}} = N_{\text{пр}} \cdot t_{\text{р}} \cdot b_{\text{ээ}}^{\text{пик}} = 350 \cdot 700 \cdot 320 \cdot 10^{-6} = 78,4 \text{ тыс. т у.т.}$$

Суммарный расход топлива по варианту 1:

$$V_1 = V_{\text{эк}} + V_{\text{пр}} = 379,4 + 78,4 = 457,8 \text{ тыс. т у.т.}$$

Стоимость топлива по варианту 1:

$$C_1 = V_1 \cdot c_{\text{т}} = 457,8 \cdot 150 = 68670 \text{ тыс. USD.}$$

**Вариант 2**

Рассчитаем мощность электродкотлов при установке 350 МВт аккумуляторов с циклом зарядки 3 часа в сутки.

Суммарный необходимый суточный объем потребляемой электроэнергии:

$$Э_{\text{сумм}} = N_{\text{эк}} \cdot t_{\text{эк}}^{\text{с}} = 985 \cdot 7 = 6,895 \text{ млн кВт·ч}$$

Объем электроэнергии на зарядку аккумуляторов:

$$Э_{\text{акк}} = N_{\text{акк}} \cdot t_{\text{акк}}^{\text{с}} = 350 \cdot 3 = 1,050 \text{ млн кВт·ч}$$

Тогда необходимая мощность электродкотлов составит:

$$N_{\text{эк}}^2 = (Э_{\text{сумм}} - Э_{\text{акк}}) / t_{\text{эк}}^{\text{с}} = (6895 - 1050) / 7 = 835 \text{ МВт}$$

Рассчитаем капитальные вложения и расходы топлива по варианту 2:

$$K_{\text{сумм2}} = N_{\text{эк}} \cdot S_{\text{эк}} + N_{\text{пр}} \cdot S_{\text{пр}} + N_{\text{акк}} \cdot S_{\text{акк}} = 835 \cdot 195,8 + 800 \cdot 650 + 350 \cdot 835 = 163493 + 520000 + 298550 = 982\,043 \text{ тыс. USD.}$$

Расход топлива на зарядку электродкотлов:

$$V_{\text{акк}} = N_{\text{акк}} \cdot t_{\text{акк}} \cdot b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭЦ}} = 350 \cdot 1095 \cdot 170 = 65,152 \text{ тыс. т у.т.}$$

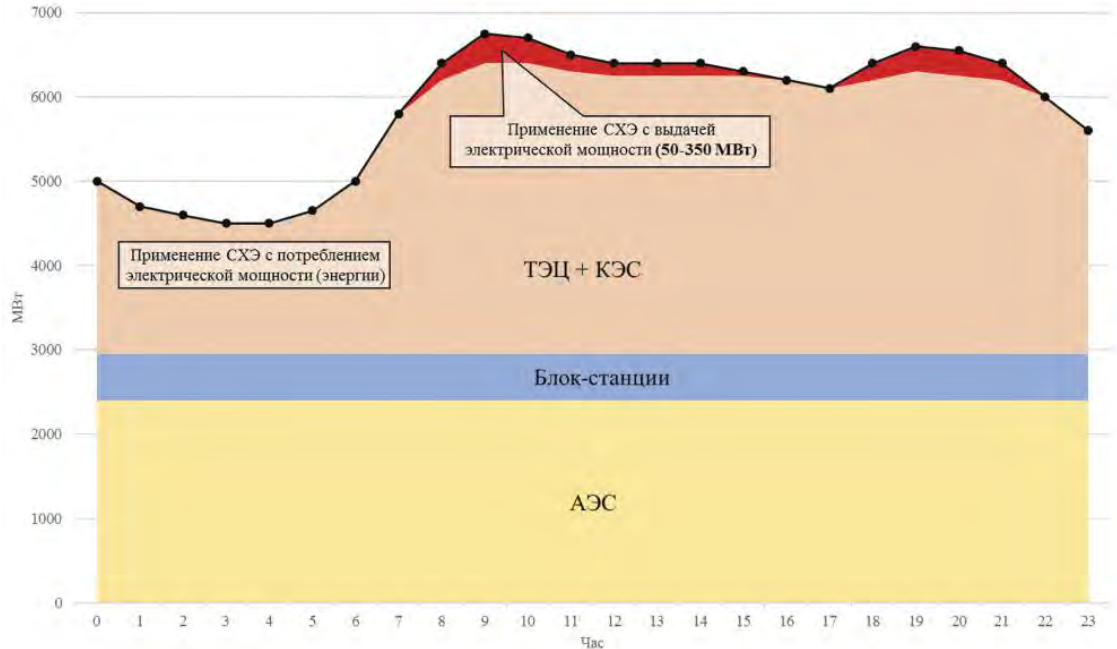
Необходимый годовой объем потребления электроэнергии:

$$W_{\text{сумм}} = N_{\text{эк}} \cdot t_{\text{эк}} = 985 \cdot 2266 = 2232 \text{ млн кВт·ч}$$

Годовой объем потребления электроэнергии на зарядку аккумуляторов:

$$W_{\text{акк}} = N_{\text{эк}} \cdot t_{\text{эк}} = 350 \cdot 1095 = 383 \text{ млн кВт·ч}$$

**Типовой график покрытия электропотребления ОЭС Беларуси в зимний рабочий день 2020 года**



Годовой объем потребления электроэнергии на электродкотлы:

$$W_{\text{эк}} = W_{\text{сумм}} - W_{\text{акк}} = 2232 - 383 = 1849 \text{ млн кВт·ч}$$

Число часов работы электродкотлов с электроаккумуляторами:

$$t_{\text{эк}} = W_{\text{эк}} / N_{\text{эк}}^2 = 1849 / 835 = 2214 \text{ ч}$$

Расход топлива на электродкотлы:

$$V_{\text{эк2}} = N_{\text{эк}} \cdot t_{\text{эк}} \cdot b_{\text{ээ}}^{\text{ТЭЦ}} = 835 \cdot 2214 \cdot 170 \cdot 10^{-6} = 314,3 \text{ тыс. т у.т.}$$

Снижение расхода топлива за счет замещения электроаккумуляторами пиковой электроэнергии от КЭС:

$$\Delta V_{\text{акк}} = N_{\text{акк}} \cdot t_{\text{акк}} \cdot b_{\text{ээ}}^{\text{КЭС}} = 350 \cdot 1095 \cdot 310 \cdot 10^{-6} = 118,807 \text{ тыс. т у.т.}$$

Суммарный расход топлива по варианту 2:

$$V_2 = V_{\text{эк}} + V_{\text{акк}} - \Delta V_{\text{акк}} = 314,4 + 65,1 - 118,8 = 260,7 \text{ тыс. т у.т.}$$

$$C_2 = V_2 \cdot c_{\text{т}} = 260,7 \cdot 150 = 39105 \text{ тыс. USD}$$

Простой срок окупаемости аккумуляторов по разности стоимости вариантов:

$$C_{\text{ок}} = (N_{\text{акк}} \cdot S_{\text{акк}}) / (C_1 - C_2) = (350 \cdot 835) / (68670 - 39105) = 298550 / 29520 = 10,1 \text{ года}$$

По результатам проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. На сегодняшний день развитие технологий хранения

электрической энергии позволяет использовать их в различных масштабах: от поддержки индивидуального электроснабжения до регулирования нагрузок в больших энергосистемах. Наиболее выгодным представляется их применение при наличии невостребованных объемов электроэнергии, вырабатываемой на тепловом потреблении в ночной период с ее выдчей в пиковые часы нагрузки.

2. Для систем индивидуального энергоснабжения ТХЭ могут выполнять роль поддерживающего электропитания при отсутствии энергоснабжения от генерирующих источников или внешней сети. В современных условиях проекты, рассмотренные в сценарии 1, не окупаются, однако при внедрении дифференцированных тарифов по зонам суток со стоимостью ночной электрической энергии 0,04 USD/кВт·ч и ниже экономическая эффективность использования ТХЭ значительно возрастет.

3. Применение технологий аккумуляции энергии в промышленности (сценарий 2) целесообразно при наличии постоянной тепловой нагрузки у потребителя, а с учетом тен-

денций значительного удешевления технологий хранения энергии и при использовании низкого тарифа на электроэнергию в ночной период после ввода атомной станции их эффективность значительно возрастет.

4. Оценка возможности использования ТХЭ в Белорусской энергосистеме для покрытия пиковых нагрузок (сценарий 3) показывает, что простой срок их окупаемости по топливной составляющей – 10,1 года, а годовая экономия топлива – 197,1 тыс. т у.т. относительно варианта, предусмотренного Отраслевой программой развития электроэнергетики на 2016–2020 годы. При использовании для покрытия пиковых нагрузок только пиково-резервных источников простой срок окупаемости составляет около 28 лет, что позволяет говорить об эффективности данного направления.

Приведенные в данной статье материалы следует рассматривать не как окончательные рекомендации, а как пример расчета эффективности использования систем хранения энергии в конкретных условиях и при различных исходных данных. ■



## **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](http://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

УНП 191759977



# ИНТЕГРАЦИЯ ВИЭ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ: ПРАКТИКА И РАЗВЕНЧАНИЕ МИФОВ

Увеличение доли генерации на основе ветра и солнца в структуре электроэнергетики многих стран и регионов становится вызовом интеллекту управляющих энергетическим хозяйством. Каким образом возрастающая доля нестабильных потоков энергии может быть безопасно интегрирована в сеть с наименьшими потерями электроэнергии и без ущерба надежности системы?

Не сегодняшний день накоплено уже большое количество эмпирических данных, касающихся управления сетевым хозяйством в условиях высокой доли и даже доминирования ВИЭ. Кроме того, нет недостатка в теоретических исследованиях и моделях систем, основанных на возобновляемых источниках энергии. В то же время, несмотря на обилие данных, обсуждение вопросов интеграции ВИЭ часто сопровождается «ложными, неправильными представлениями, мифами и даже дезинформацией», – указывает Международное энергетическое агентство (МЭА) в своем руководстве «Поймать ветер и солнце в сеть» (Getting Wind and Sun onto the Grid), которое было опубликовано в марте текущего года.

В данном документе описываются решения, позволяющие оптимально интегрировать переменчивую генерацию на основе солнца и ветра в сетевое хозяйство.

Это не первый документ МЭА по данной теме. В 2014 году был опубликован 238-страничный доклад «Сила трансформации – ветер, солнце и экономика гибких энергетических систем» (The Power of Transformation: Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems), в котором дается ответ на вопрос: может ли энергетическая система оставаться надежной и экономически эффективной, если в ней высока доля переменчивой генерации на основе ВИЭ. И если да, то как?

В 2016 был представлен доклад «Следующее поколение ветровой и солнечной электроэнергетики» (Next Generation Wind and Solar Power). Пришедшее «следующее поколение» означает технологи-

чески зрелые и коммерчески конкурентоспособные технологии генерации на основе ВИЭ. Их все более широкое распространение создает для энергосистем вызовы, обусловленные нестабильностью выработки. И в работе рассматриваются ответы на данные вызовы с конкретными примерами ряда стран.

МЭА – это исследовательский центр, занимающийся всеми секторами энергетического рынка, а отнюдь не «рупор» ВИЭ. Кроме того, указанные доклады были подготовлены при разных руководителях Агентства («The Power of Transformation» при предыдущем главе МЭА, Maria van der Hoeven, другие два – при нынешнем, Fatih Birol). Поэтому их выводы можно считать объективно-нейтральными по сравнению с работами, которые публикуют «заинтересованные стороны».

Как отмечает МЭА, самая новая работа «Поймать ветер и солнце в сеть» (Getting Wind and Sun onto the Grid) – это руководство для сотрудников министерств энергетики и регуляторов энергетических рынков.

В этом руководстве основное внимание уделяется задачам и вызовам интеграции ВИЭ. В нем представлены примеры того, где и как встречались и разрешались эти проблемы, и даются ясные рекомендации относительно того, как должны действовать новички в плане развития нестабильной генерации на основе возобновляемых источников.

### Справка

В 2016 году 68% фотовольтаических модулей производилось в Китае и Тайване; еще 14% – в остальных странах Азии и Тихоокеанского региона, 4% – в Европе и 6% – в США и Канаде.

В документе рассматриваются *четыре стадии* распространения переменчивых ВИЭ, каждая из которых имеет свои специфические характеристики. Для каждой стадии даются соответствующие рекомендации.

1) На первом этапе интеграция переменчивых возобновляемых источников энергии не оказывает заметного влияния на сеть. Нестабильная генерация ветряных и солнечных электростанций классифицируется здесь просто как ежедневные и естественные изменения спроса на электроэнергию. К странам, которые в настоящее время находятся на этом этапе, относятся Индонезия, Южная Африка, Мексика, где доли солнца и ветра совокупно не превышают примерно 3% в годовом производстве электроэнергии.

2) На второй стадии ВИЭ уже начинают серьезно влиять на систему, но данное влияние регулируется относительно просто путем усовершенствования некоторых практических методов управления электроэнергетическим/сетевым хозяйством, например, с помощью умного прогнозирования выработки солнечных и ветряных электростанций. На данной стадии находятся Чили, Китай, Бразилия, Индия, Новая Зеландия, Австралия, Нидерланды, Швеция, Австрия, Бельгия, в которых доля ВИЭ в годовой генерации составляет от 3% до почти 15%.

3) На третьем этапе возникают существенные вызовы для энергосистемы в плане интеграции нестабильных возобновляемых источников энергии. Их влияние ощущается как на уровне системы в целом, так и на практике работы других («традиционных») электростанций. Здесь на первое место выходит *гибкость* энергосистемы – ее способность реагировать на неопределенность и изменчивость баланса спроса и предложения. Два главных гибких ресурса этой стадии – управляемые (маневренные) электростанции и сеть, но уже начинает повышаться значение управления спросом (demand response) и новых технологий накопления энергии. На нынешний день на данном этапе находятся Италия, Великобритания, Греция, Испания, Португалия и Германия, где доля «нестабильных» ВИЭ составляет от 15% до 25%.

4) На четвертой стадии находятся Ирландия и Дания с долей переменчивой ВИЭ-генерации в 25–50% годовой выработки и с ее кратковременными повышениями до 100 и более процентов суточного потребления. Здесь вызовы носят, в терминах МЭА, «высокотехнологический» и «менее интуитивный» характер. На четвертой стадии требуется еще большая гибкость системы, ее способность к самовосстановлению после резких и объемных колебаний выработки. ▶

Технические требования с указанием соответствующих решений для каждой стадии сведены в следующую таблицу 1.

МЭА отмечает, что на четвертой стадии развитие не останавливается. Можно выделить и пятую и шестую стадии, которые в работе не рассматриваются и которым даются только краткие характеристики.

Для рационального распространения ВИЭ в среднегодовых объемах, превышающих 50%, для того, чтобы избежать искусственного ограничения выработки (и, соответственно, ухудшения экономики генерации), требуется электрификация других секторов конечного потребления энергии (теплоснабжение, транспорт).

В условиях тотального доминирования переменчивых ВИЭ (шестая стадия) необходимым становится преобразование электроэнергии в химические вещества (синтетические газы, например, метан и водород).

В работе опять разбираются распространенные мифы о ВИЭ, их интеграции в сетевое хозяйство. МЭА делает оговорку, которая, если приложить ее к нашим реалиям, выглядит несколько сатирически. Суть ее в том, что новичкам свойственно заблуждаться, поскольку они еще не поработали достаточно опыта, чтобы понять, что заблуждаются.

Всего здесь рассматривается шесть распространенных «претензий» к ВИЭ.

**1. Погодой нельзя управлять – выработка солнечных и ветряных электростанций колеблется слишком сильно и непригодна для электроэнергетики.**

Это понятные для обывателя соображения, но здесь упускаются два фактора.

Во-первых, спрос на электроэнергию колеблется всегда. Поэтому в энергетических системах уже действуют механизмы, позволяющие справиться с изменчивостью. Когда развитие ветровой и солнечной энергетики только начинается, ее колебания терзаются в «шуме» колебаний спроса.

Во-вторых, по мере добавления в систему все новых электростанций, работающих на основе ВИЭ, краткосрочные колебания генерации установок, расположенных в разных местах, «компенсируют» друг друга. Это означает, что переменчивость становится менее выражена и серьезные изменения в выработке, как правило, теперь происходят в масштабах часа, а не секунд.

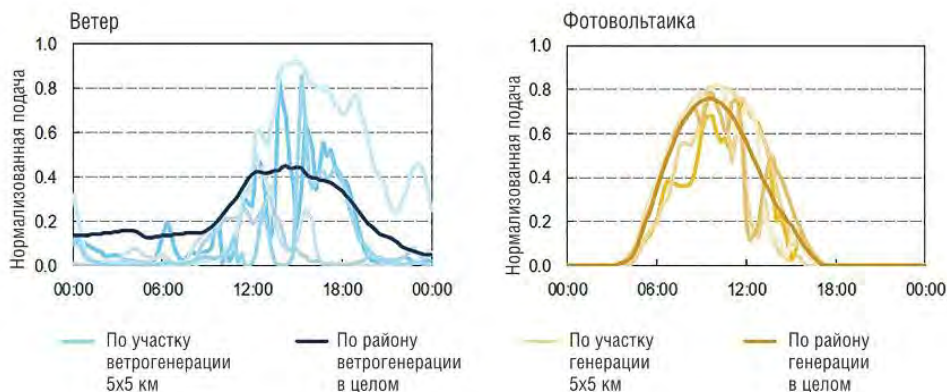
**Справка**

За 2016 год в мире было произведено фотовольтаических систем общей мощностью 77 ГВт. Установленная мощность фотовольтаики в мире достигла 320 ГВт, общая годовая выработка электроэнергии с использованием энергии солнца – 333 тераватт-часа (TWh).

**Таблица 1.**

	Всегда	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3	Стадия 4
Технические требования:	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Системы защиты</li> <li>– Качество энергии</li> <li>– Диапазоны частоты и напряжения работы</li> <li>– Видимость и контроль больших генераторов</li> <li>– Системы связи для еще больших генераторов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Снижение мощности на время высоко-частотных событий</li> <li>– Контроль напряжения</li> <li>– Системы поддержания непрерывности электропитания (ФТР) для крупных объектов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Системы поддержания непрерывности электропитания (ФТР) для более мелких (распределенных) объектов</li> <li>– Системы связи</li> <li>– Средства прогнозирования ВИЭ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Контроль частоты/активной мощности</li> <li>– Работа на пониженной мощности в целях обеспечения резерва</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Схемы интеграции общей частоты и контроля напряжения</li> <li>– Синтетическая инерция</li> <li>– Автономная частота и контроль напряжения</li> </ul>

**Преимущество энергогенерации в условиях географической распространенности объектов на основе ВИЭ**



**2. Переменчивость ВИЭ заставляет остальные электростанции пересматривать модели деятельности, что приводит к резкому росту системных расходов.**

Это обсуждалось ранее. Опыт показывает, что традиционные электростанции технически способны к более «гибкой» работе без существенного увеличения общей стоимости энергосистемы. Использование графиков выработки ВИЭ и корректировка времени являются недорогими и эффективными инструментами для смягчения неблагоприятных воздействий. Вопрос – в способности, умении участников энергетического рынка внедрять и применять данные инструменты.

**3. Третьим пунктом опять идет любимое многими «экспертами» резервирование 1:1, о котором также уже говорилось.**

«Важно напомнить, – говорится в исследовании, – что энергосистемы не строятся таким образом, чтобы резервировать какую-то конкретную группу электростанций». Важно, чтобы система в целом обеспечивала соответствие спроса и предложения.

При географическом распространении объектов генерации на основе ВИЭ, то есть, если появляется множество объектов в разных местах, «ценность выдаваемой мощности» ВИЭ (capacity value) увеличивается. Это означает, что график выработки стано-

вится в значительной степени прогнозируемым, как показано на рисунке из данного доклада.

**4. Высокая стоимость развития сетевого хозяйства, связанная с тем, что лучшие солнечные и ветровые ресурсы расположены далеко от центров потребления электричества.**

Это аргумент из прошлого, и обсуждать его нужно индивидуально, применительно к ситуации каждой энергосистемы и отдельного объекта. Нынешние технологии ВИЭ стремительно дешевеют, поэтому их можно использовать экономически рационально в не самых удачных в плане солнечных или ветровых ресурсов местах.

**5. Для развития ВИЭ необходимы накопители энергии.**

Накопители не нужны на начальных стадиях развития ВИЭ и при разветвленном и эффективно управляемом сетевом хозяйстве. Немецкий опыт показывает, что сети с долей переменчивых ВИЭ в потоках электроэнергии на уровне 50% в год могут нормально функционировать без каких-либо дополнительных накопителей. Накопители – лишь один из инструментов повышения гибкости энергосистемы. Говорить именно о том, что в системе необходимы накопители для ее бесперебойной работы, можно лишь применительно к энергосистемам с крайне высокой долей ВИЭ, далеко превышающей 50%.

6. Переменчивые ВИЭ дестабилизируют энергосистему.

Энергетические системы входят в число самых сложных машин, когда-либо созданных человеком. Работа системных операторов в обеспечении устойчивости системы в некотором роде сходна с ездой на велосипеде: нужно непрерывно подталкивать, чтобы поддерживать равновесие.

Каждый знает, что труднее сохранять равновесие при медленном движении. Вращение колес на высокой скорости обеспечивает инерцию, стабилизируя велосипед по законам физики. Аналогичный процесс происходит в энергосистемах: работа больших генераторов и турбин на электростанциях обеспечивает инерцию в системе и удерживает ее в равновесии. А вот солнечные и ветряные электростанции работают по-другому и инерции не обеспечивают. Это является основанием данной шестой претензии.

На начальных стадиях развития ВИЭ эта проблема не возникает. Если же доля традиционных электростанций в системе снижается, снижается также и инерция энергосистемы, поэтому для обеспечения ее стабильности требуются дополнительные решения. В условиях высокой доли ВИЭ могут применяться технологически продвинутые решения, направленные на извлечение синтетической инерции ветровых турбин или включающие в себя использование маховиков.

Кроме того, современные солнечные и ветряные электростанции настолько технически совершенны, что способны предоставлять (вспомогательные) системные услуги для стабилизации сетевого хозяйства. В то же время для «шлифовки», а также правовой легализации принятия этих технологических решений потребуется время.

Доля ВИЭ в мировой энергетике растет, и это создает определенные вызовы для управления отраслью, поскольку генерация на основе солнца и ветра имеет «прерывистый» и непредсказуемый характер.

В то же время, вопросы интеграции в энергетическую систему нестабильных возобновляемых источников энергии глубоко изучены и основательно проработаны. Накоплен и описан богатый практический опыт использования ВИЭ в разных государствах. Общие принципы обращения с ними составлены и подробно сформулированы. Поэтому при обсуждении перспектив и вопросов планирования развития энергетики желательнее обращаться к этому опыту, который, в том числе, обобщен и в рассмотренных документах Международного энергетического агентства.

Владимир Сидорович,  
Renen.ru

## До 2030 года ВИЭ станут самыми дешевыми источниками энергии в странах G20

Возобновляемые источники энергии, солнечная и ветровая энергетика станут самыми дешевыми источниками энергии в странах большой двадцатки не позднее 2030 года. Это утверждается в исследовании, которое было подготовлено финским Технологическим университетом в Лаппеенранта (LUT) и опубликовано немецким отделением Greenpeace. Выход исследования был приурочен к встрече стран большой двадцатки, которая прошла 8–9 июля 2017 года в Гамбурге.

По данным авторов доклада, ветроэнергетика уже сегодня производит самую дешевую электроэнергию на большей части Европы, Южной Америки, США, Австралии и в Китае.

В то же время стремительное падение стоимости технологий солнечной ге-

нерации приведет к тому, что солнечная энергетика к 2030 г. станет на многих рынках даже дешевле, чем ветровая.

В докладе содержится любопытный тезис: в некоторых странах только операционные затраты угольных электростанций сегодня выше, чем полные (капитальные плюс операционные) расходы в ветроэнергетике.

Лишь за один прошлый год приведенная стоимость производства электроэнергии (LCOE) снизилась в солнечной энергетике на 17%, в материковой ветроэнергетике – на 18%, а офшорной ветроэнергетике – на целых 28%, что никто не мог и предположить.

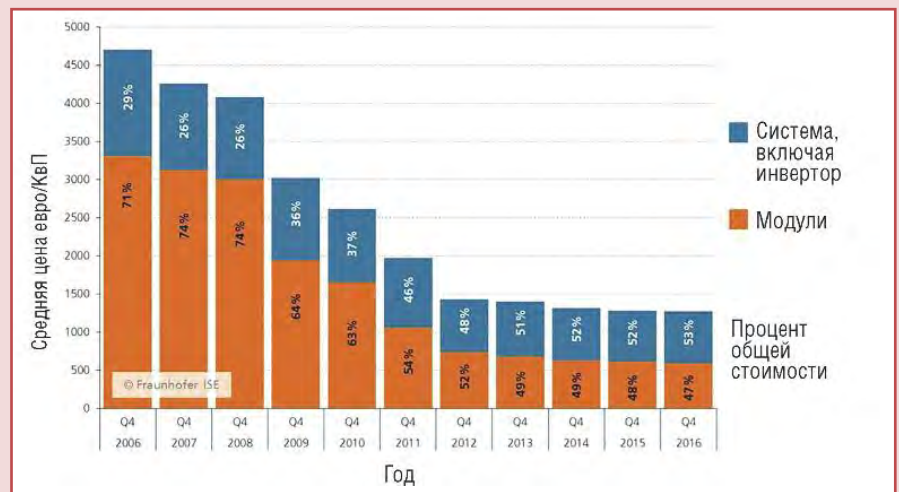
К 2030 ВИЭ будут не просто дешевле. LCOE солнечной и ветроэнергетики будет «существенно ниже», чем у традиционных источ-

ников энергии, говорится в докладе.

При расчете экономики энергетики авторы доклада используют два базовых подхода. В первом случае в калькуляцию включены внешние эффекты (экстерналии) и плата за углерод (выбросы). По мнению авторов, такой подход методологически предпочтительнее. В то же время для сравнения приводится и расчет LCOE без учета данных дополнительных факторов стоимости, которые до сих пор воспринимаются скептически рядом политиков и специалистов.

Итак, прогноз довольно агрессивный. Однако, публикуемые Greenpeace энергетические прогнозы сбываются гораздо чаще, чем подготовленные другими именитыми аналитиками, напоминает Владимир Сидорович (renen.ru). ■

Средняя цена за киловатт-пик фотоэлектрических установок для конечного потребителя упала в пять раз



«Если в октябре 2006 года конечному потребителю в Германии за каждый киловатт-пик крышной фотоэлектрической установки пиковой мощностью 10–100 кВт приходилось уплачивать около 5000 евро, то спустя 10 лет эта сумма упала в среднем в 5 раз до 1000 евро. Быстрое падение цен в секторе фотовольтаики было связано с сильной конкуренцией со стороны китайских компаний».

Дирк Фолькманн, директор и владелец, Volkmann Consult (Германия) в своем докладе «Технологии и актуальное развитие возобновляемых источников энергии с использованием ветра, солнца и биомассы» на конференции «Строительство биоэнергетических, фотовольтаических и ветроэнергетических установок и энергоэффективные решения для промышленности» (Минск, 13 июня 2017 года).

Данным постановлением тарифы на электрическую энергию, производимую на территории Республики Беларусь из возобновляемых источников энергии юридическими лицами, не входящими в состав ГПО «Белэнерго», и индивидуальными предпринимателями и отпускаемую энергоснабжающим организациям данного объединения, устанавливаются на уровне тарифов на электрическую энергию для промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью до 750 кВт·А, установленных и проиндексированных на изменение курса белорусского рубля по отношению к доллару США в соответствии с постановлением Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 19.05.2017 № 26 «Об определении порядка индексации цен на природный газ и тарифов на электрическую и тепловую энергию» с применением коэффициентов.

Размеры коэффициентов установлены для:

– установок по использованию возобновляемых источников энергии (далее – установки), введенных в эксплуатацию до 20 мая 2015 г. или создание которых осуществляется на основании за-

ключенных и зарегистрированных в установленном порядке до указанной даты инвестиционных договоров (коэффициенты – от 0,45 до 2,7);

– установок вне зависимости от вида возобновляемых источников энергии, созданных исключительно для энергетического обеспечения хозяйственной деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей вне выделенных квот на создание установок и введенных в эксплуатацию после 20 августа 2015 г. (коэффициенты – от 0,45 до 0,7);

– установок, введенных в эксплуатацию в период с 21 мая 2015 г. по 20 августа 2015 г. либо созданных в пределах выделенных в 2015 г. квот на создание установок и введенных в эксплуатацию в период с 21 августа 2015 г. по 31 декабря 2018 г. (коэффициенты – от 0,45 до 2,5);

– установок, созданных в пределах выделенных в 2016 году квот на создание установок и введенных в эксплуатацию в период с 1 января 2017 г. по 31 декабря 2019 г. (коэффициенты – от 0,45 до 2).

Постановление вступило в силу с 9 августа 2017 г.

Документ опубликован на Национальном правовом Интернет-портале Республики Беларусь, 08.08.2017, 8/32304

Источник – Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь

Эталонный банк данных правовой информации Республики Беларусь

## ПОСТАНОВЛЕНИЕ МИНИСТЕРСТВА АНТИМОНОПОЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ И ТОРГОВЛИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ 20 июля 2017 г. № 41

# О тарифах на электрическую энергию, производимую из возобновляемых источников энергии на территории Республики Беларусь индивидуальными предпринимателями и юридическими лицами, не входящими в состав государственного производственного объединения электроэнергетики «Белэнерго», и отпускаемую энергоснабжающим организациям данного объединения

На основании подпункта 2.1 пункта 2 Указа Президента Республики Беларусь от 25 февраля 2011 г. № 72 «О некоторых вопросах регулирования цен (тарифов) в Республике Беларусь» Министерство антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Установить, что тарифы на электрическую энергию, производимую на территории Республики Беларусь из возобновляемых источников энергии юридическими лицами, не входящими в состав государственного производственного объединения электроэнергетики «Белэнерго», и индивидуальными предпринимателями и отпускаемую энергоснабжающим организациям данного объединения, устанавливаются на уровне тарифов на электрическую энергию для промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью до 750 кВт·А, установленных и проиндексированных на изменение курса белорусского рубля по отношению к доллару США в соответствии с постановлением Министерства антимонопольного регулирования и тор-

говли Республики Беларусь от 19 мая 2017 г. № 26 «Об определении порядка индексации цен на природный газ и тарифов на электрическую и тепловую энергию» (Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 24.06.2017, 8/32152) с применением коэффициентов:

1.1. для установок по использованию возобновляемых источников энергии (далее – установки), введенных в эксплуатацию до 20 мая 2015 г. или создание которых осуществляется на основании заключенных и зарегистрированных в установленном порядке до указанной даты инвестиционных договоров:

1.1.1. с использованием энергии ветра: первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок – 1,3; последующие десять лет эксплуатации установок – 0,85; свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45;

1.1.2. с использованием энергии естественного движения водных потоков: первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок – 1,1;

последующие десять лет эксплуатации установок – 0,85;

свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45;

1.1.3. с использованием энергии древесного топлива и иных видов биомассы:

первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок – 1,3;

последующие десять лет эксплуатации установок – 0,85;

свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,6;

1.1.4. с использованием энергии биогаза:

первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок – 1,3;

последующие десять лет эксплуатации установок – 0,85;

свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,6;

1.1.5. с использованием энергии солнца:

первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок – 2,7;

последующие десять лет эксплуатации установок – 0,85; свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45;



1.1.6. с использованием тепла земли и иных источников энергии, не относящихся к невозобновляемым:

первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок – 1,3;

последующие десять лет эксплуатации установок – 0,85;

свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45;

1.2. для установок вне зависимости от вида возобновляемых источников энергии, созданных исключительно для энергетического обеспечения хозяйственной деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей вне выделенных в установленном порядке квот на создание установок и введенных в эксплуатацию после 20 августа 2015 г., за исключением указанных в подпункте 1.1 настоящего пункта:

первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок – 0,7;

последующие десять лет эксплуатации – 0,6;

свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45;

1.3. для установок, введенных в эксплуатацию в период с 21 мая 2015 г. по 20 августа 2015 г. либо созданных в пределах выделенных в 2015 году в установленном порядке квот на создание установок и введенных в эксплуатацию в период с 21 августа 2015 г. по 31 декабря 2018 г.:

1.3.1. с использованием энергии ветра вне зависимости от электрической мощности:

1.3.1.1. первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок с фактическим сроком службы оборудования с даты изготовления:

менее пяти лет – 1,2;

более пяти лет – 1,05;

1.3.1.2. последующие десять лет эксплуатации установок – 0,75;

1.3.1.3. свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45;

1.3.2. с использованием энергии естественного движения водных потоков:

1.3.2.1. первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок электрической мощностью:

до 300 киловатт включительно – 1,2;

от 301 киловатта до 2 мегаватт включительно – 1,15;

более 2 мегаватт – 1,1;

1.3.2.2. последующие десять лет эксплуатации установок – 0,75;

1.3.2.3. свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45;

1.3.3. с использованием энергии древесного топлива и иных видов биомассы:

1.3.3.1. первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок электрической мощностью:

до 300 киловатт включительно – 1,3;

от 301 киловатта до 2 мегаватт включительно – 1,25;

более 2 мегаватт – 1,2;

1.3.3.2. последующие десять лет эксплуатации установок – 0,85;

1.3.3.3. свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,6;

1.3.4. с использованием энергии биогаза:

1.3.4.1. первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок электрической мощностью:

до 300 киловатт включительно – 1,3;

от 301 киловатта до 2 мегаватт включительно – 1,25;

свыше 2 мегаватт – 1,2;

1.3.4.2. последующие десять лет эксплуатации установок – 0,85;

1.3.4.3. свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,6;

1.3.5. с использованием энергии солнца:

1.3.5.1. первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок электрической мощностью:

до 300 киловатт включительно – 2,5;

от 301 киловатта до 2 мегаватт включительно – 2,3;

свыше 2 мегаватт – 2,1;

1.3.5.2. последующие десять лет эксплуатации установок – 0,75;

1.3.5.3. свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45;

1.3.6. с использованием тепла земли и иных источников энергии, не относящихся к невозобновляемым:

1.3.6.1. первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок электрической мощностью:

до 300 киловатт включительно – 1,2;

от 301 киловатта до 2 мегаватт включительно – 1,15;

свыше 2 мегаватт – 1,1;

1.3.6.2. последующие десять лет эксплуатации установок – 0,75;

1.3.6.3. свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45;

1.4. для установок, созданных в пределах выделенных в 2016 году в установленном порядке квот на создание установок и введенных в эксплуатацию в период с 1 января 2017 г. по 31 декабря 2019 г.:

1.4.1. с использованием энергии ветра вне зависимости от электрической мощности:

1.4.1.1. первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок с фактическим сроком службы оборудования с даты изготовления:

менее пяти лет – 1,1;

более пяти лет – 1,01;

1.4.1.2. последующие десять лет эксплуатации установок – 0,75;

1.4.1.3. свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45;

1.4.2. с использованием энергии естественного движения водных потоков:

1.4.2.1. первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок электрической мощностью:

до 300 киловатт включительно – 1,3;

от 301 киловатта до 2 мегаватт включительно – 1,25;

более 2 мегаватт – 1,2;

1.4.2.2. последующие десять лет эксплуатации установок – 0,75;

1.4.2.3. свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45;

1.4.3. с использованием энергии древесного топлива и иных видов биомассы:

1.4.3.1. первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок электрической мощностью:

до 300 киловатт включительно – 1,3;

от 301 киловатта до 2 мегаватт включительно – 1,25;

более 2 мегаватт – 1,2;

1.4.3.2. последующие десять лет эксплуатации установок – 0,85;

1.4.3.3. свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,6;

1.4.4. с использованием энергии биогаза:

1.4.4.1. первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок электрической мощностью:

до 300 киловатт включительно – 1,2;

от 301 киловатта до 2 мегаватт включительно – 1,15;

свыше 2 мегаватт – 1,1;

1.4.4.2. последующие десять лет эксплуатации установок – 0,85;

1.4.4.3. свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,6;

1.4.5. с использованием энергии солнца:

1.4.5.1. первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок электрической мощностью:

до 300 киловатт включительно – 2;

от 301 киловатта до 2 мегаватт включительно – 1,7;

свыше 2 мегаватт – 1,5;

1.4.5.2. последующие десять лет эксплуатации установок – 0,75;

1.4.5.3. свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45;

1.4.6. с использованием тепла земли и иных источников энергии, не относящихся к невозобновляемым:

1.4.6.1. первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок электрической мощностью:

до 300 киловатт включительно – 1,2;

от 301 киловатта до 2 мегаватт включительно – 1,15;

свыше 2 мегаватт – 1,1;

1.4.6.2. последующие десять лет эксплуатации установок – 0,75;

1.4.6.3. свыше двадцати лет эксплуатации установок – 0,45.

2. Настоящее постановление вступает в силу после его официального опубликования.

Министр

В.В.Колтович

А.А. Алейникова,  
инженер ЗАО «Филтер»

# МНОГОСТУПЕНЧАТАЯ УТИЛИЗАЦИЯ БРОСОВОЙ ТЕПЛОТЫ НА ОСНОВЕ АБСОРБЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ WORLD ENERGY: ДВИЖЕНИЕ В СТОРОНУ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАТРАТ

**Высокая конкуренция на рынке все чаще заставляет промышленные предприятия искать новые пути экономии и эффективного использования вторичных энергоресурсов (ВЭР).**

Абсорбционный бромисто-литиевый тепловой насос (АБТН) – именно то устройство, которое поможет эффективно использовать вторичные энергоресурсы. АБТН предназначен для передачи тепловой энергии от источника с более низкой температурой к источнику с более высокой температурой. Для компенсации подобного неестественного перехода тепловой энергии требуется на привод АБТН затратить тепловую энергию. Абсорбционные установки обратного цикла уступают по энергетическим характеристикам парокompрессионным машинам, но, если последним для работы требуется энергетически и экономически более ценная механическая энергия, то первые могут использовать дешевую тепловую энергию отборов паровых турбин, утилизационных котлов, энергии выхлопных газов газовых двигателей внутреннего сгорания, вторичных энергоресурсов. Это обстоятельство и определяет для АБТН нишу, которую они в ближайшее время займут в различных технологических системах для обеспечения утилизации ВЭР.

Абсорбционные технологии – это успешно зарекомендовавший себя способ повышения энергоэффективности предприятий за счет утилизации низкопотенциальных тепловых потоков температурой от 15 до 50°C.

В качестве источника энергии теплоты используется греющий пар с давлением от 0,1 МПа до 0,6 МПа, а также низкопотенциальная сбросная или природная теплота от различных источников с температурой от 20 до 40°C. Доля дешевой низкопотенциальной теплоты, используемой в АБТН для выработки полезной теплоты, составляет около 40%.

Рабочие вещества в АБТН: хладагент – вода, абсорбент – экологически безопасный, нелетучий



Рис. 1. Абсорбционный тепловой насос World Energy

водный раствор соли (бромистого лития). Все рабочие процессы протекают в герметичном объеме, в вакууме, исключая попадание рабочих веществ в нагреваемую среду.

В простейшем случае АБТН представляет собой сочетание четырех теплообменников, размещенных в одном интегрированном корпусе. Их эксплуатация энергетическому персоналу знакома и не создает проблем. Два теплообменника (генератор и конденсатор) работают при более высоком давлении, и их назначение – получить практически в чистом виде легкокипящую жидкость, в данном случае – воду. Два других теплообменника (испаритель и абсорбер) работают при пониженном давлении. Их задачей является отвод тепловой энергии от источника и превращение полученного пара в компонент жидкого раствора.

В ходе описанных превращений от абсорбера и конденсатора отводится теплота соответствующих процессов сорбции и конденсации, которая передается нагреваемому теплоносителю, например, сетевой воде. Требуется лишь исключить переход температур хладагента через граничные значения, не допустимые для раствора воды в бромистом литии, как при хранении, так и в процессе эксплуатации. Иначе говоря, имеются предельные значения температур теплоотдающего (утилизируемого) и теплопринимающего потоков, при которых возможна работа АБТН.

## Области применения

АБТН могут использоваться для получения горячей воды на нужды отопления и горячего водоснабжения, для нагрева и охлаждения технологических

сред в промышленности, энергетике, сельском хозяйстве и т.д.

Возможно использование АБТН в качестве холодильных машин для охлаждения воды до +5...+10°C с отводом тепла охлаждающей водой при +25...+30°C в окружающую среду или комбинированное использование для одновременной выработки тепла и холода.

Одним из типичных примеров использования абсорбционного теплового насоса является конденсация отходящих газов котлов на биомассе (рис. 2) либо утилизация бросового тепла в технологических процессах, сопровождающихся экзотермической реакцией.

Компания «World Energy Co.» (Южная Корея) специализируется на разработке, проектировании и производстве

абсорбционных холодильных машин и тепловых насосов.

АБТН и АБХМ World Energy – высокоэффективные и надежные охладительные установки, соответствующие ведущим мировым стандартам. Широкая линейка оборудования World Energy позволяет применять его как на небольших, так и на средних и крупных объектах для решения самых различных задач: кондиционирования, охлаждения, отопления, в качестве тепловых насосов.

### Основные типы источников тепла АБТН и АБХМ

- Горячая вода с температурой от 65°C.
- Пар с давлением от 1 бар (избыточное).
- Выхлопные газы с температурой от 250°C и выше.

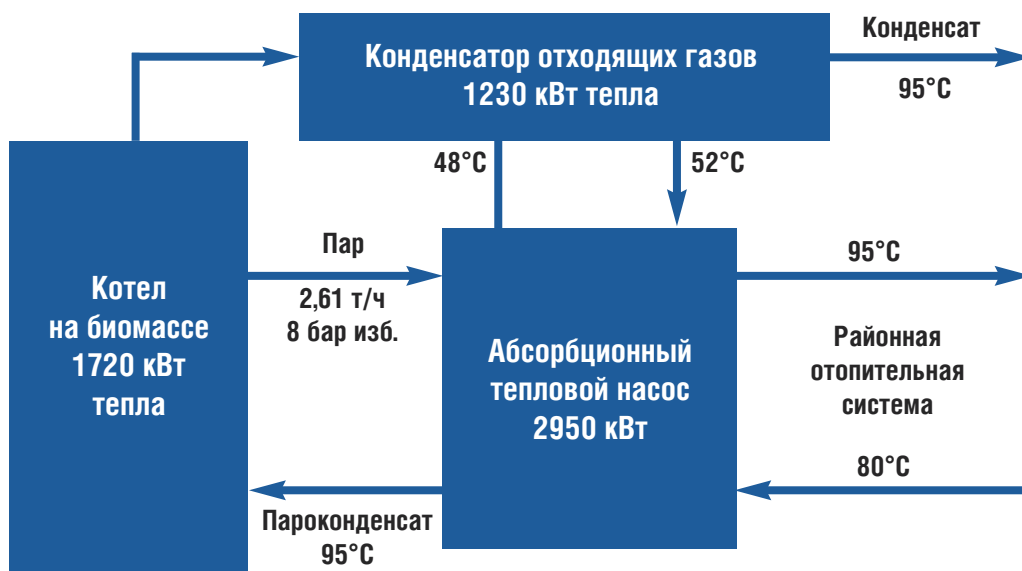
### Основные типы АБТН и АБХМ

- Абсорбционные тепловые насосы (АБТН) с высокой разностью температур.
- АБХМ, работающие на выхлопных/дымовых газах (серия СНР).
- АБХМ, работающие на горячей воде с высокой разностью температур (серия 2АВ) для районных отопительных систем.
- АБХМ, работающие на источниках химического тепла.
- АБХМ, работающие на горячей воде очень низкой температуры (серия 2АА): 65–70°C.
- Высокопроизводительные АБХМ, работающие на горячей воде (холодильный коэффициент >0,81).
- Абсорбционные чиллеры для установки на морских судах.
- Чиллеры, работающие на двух источниках тепла (выхлопные газы + горячая вода).

### Ключевые особенности АБТН и АБХМ World Energy

- Высочайшая производительность при работе при неполной нагрузке. Микропроцессорная система управления помогает гарантировать стабильность работы при частичной нагрузке при температуре воды не выше +18°C без дополнительного канала холодной воды.
- Точный контроль и оптимизация работы. Микропроцессорный контроллер осуществляет непрерывный и автоматический мониторинг и контроль работы установки. Все компоненты системы соответствуют требованиям нормативов UL, CE или KS, а также их эквивалентов.
- Низкий уровень шума и вибрации. Общий уровень шума установок производства компании World Energy не превышает 65 дБ. Низкий уровень шума

**Рис. 2. Типичная схема работы АБТН с котлом на биомассе (возможны различные температурные значения по контурам)**



и вибрации позволяет устанавливать оборудование вблизи жилых помещений или в зонах с жесткими требованиями по уровню шума, на верхних этажах зданий.

- Надежность и простота технического обслуживания. Герметичность прокачиваемых хладагента и раствор насосов, которые являются единственными подвижными элементами установки, обеспечивает высокую надежность и возможность осуществления техобслуживания на месте через запорные клапаны.
- Надежная система очистки. Несжижаемые газы периодически вытягиваются из бака в ходе простой процедуры, выполняемой при работе установки. Данная процедура увеличивает COP установки на 10–15%.

### Система управления АБХМ World Energy

Микропроцессорный контроллер устанавливается на производстве, подключается и тестируется в целях обеспечения безопасности и эффективности системы контроля. Логика программы обеспечивает надежный запуск/остановку АБТН и АБХМ и позволяет осуществлять связь с другими компонентами системы.

- Тестирование компонентов и диагностический контроль.
- Сенсорный интерфейс дисплея состояния системы, управление по заданным значениям и конфигурация системы.
- Основные и вспомогательные сообщения о состоянии.
- Индивидуальные расписания запуска/остановки при работе в автономном режиме.

- Возможность сохранения до 999 сигналов тревоги и аварийных сигналов и функция диагностики.
- Продвинутая система диагностики и обслуживания.
- Продвинутая система защиты от кристаллизации.

О перспективах внедрения АБТН в системах теплоснабжения в Республике Беларусь в энергетике и на промышленных предприятиях говорится уже не один год. Раньше специалисты предприятий опасались внедрять эти новые технологии, но на сегодняшний день ситуация изменилась, и успешная эксплуатация абсорбционных технологий подтверждается опытом, накопленным в нашей стране и в странах ближнего зарубежья.

Хочется отметить, что внедрение АБТН и АБХМ может рассматриваться как мероприятие, соответствующее требованиям Закона Республики Беларусь «Об энергосбережении» и реализуемое в рамках плана деятельности по выполнению целевых показателей.

Компания FILTER имеет опыт внедрения и эксплуатации АБХМ на территории Республики Беларусь на протяжении более 10 лет.

**По всем вопросам внедрения АБТН и АБХМ, а также за подробностями их эксплуатации обращайтесь в компанию FILTER.**

Основополагающим принципом в работе компании FILTER является системный анализ потенциала энергосбережения производственных технологических процессов наших заказчиков. Это позволяет предлагать высокоэффективные инженерные

решения с использованием оборудования от ведущих мировых производителей:

- электрогенерирующие установки GE (Австрия),
- парогенераторы и паровые котлы-утилизаторы Clayton (Бельгия),
- водоподготовительные установки Eurowater (Дания),
- пароконденсатные системы Spirax Sarco (Англия),
- охлаждающие градирни SPX (Германия),
- водогрейные и паровые котлы BOSCH (Германия),
- аналитическое оборудование HACH (Германия),
- абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы World Energy (Южная Корея).

Услуги компании FILTER включают техническое сопровождение проекта от идеи до момента ввода в эксплуатацию. Опытные специалисты авторизованного сервисного центра выполняют качественную наладку, гарантийное и послегарантийное сервисное обслуживание поставленного оборудования. ■

*По всем вопросам и за дополнительной информацией обращайтесь в компанию «Филтер»:*

**FILTER** ЭНЕРГИЯ ВАШЕГО ПРОИЗВОДСТВА  
ЭНЕРГИЯ ВОДА РЕШЕНИЯ

Минский р-н, пересечение Логойского тракта и МКАД, Административное здание  
АКВАБЕЛ, оф. 501-502  
Тел: +375 17 237 93 63  
Факс: +375 17 237 93 64  
Моб: +375 29 677 82 12  
[www.filter.by](http://www.filter.by)  
e-mail: [filter@filter.by](mailto:filter@filter.by)

## Беларусь по энергоемкости ВВП достигла уровня Канады и Финляндии – Госстандарт

Беларусь по энергоемкости ВВП достигла уровня развитых стран со сходными климатическими условиями. Об этом сообщил Председатель Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь Виктор Назаренко во время онлайн-конференции на сайте БЕЛТА.

«Беларусь достигла энергоемкости ВВП развитых стран со сходными климатическими условиями – Канады и Финляндии», – сказал Виктор Назаренко. Уровень энергоэффективности экономики можно оценить по показателю энергоемкости валового внутреннего продукта. В 1990 году Беларусь была одной из самых энергоемких в СССР. Однако принятые правительством страны меры способствовали снижению энергоемкости ВВП.

По последним данным Международного энергетического агентства, в 2014 году фактический показатель энергоемкости ВВП Беларуси составил 0,17 т нефтяного эквивалента на \$1 тыс.

ВВП (по паритету покупательной способности и в ценах 2010 года) против 0,56 т н.э. в 1990-м, т.е. снизился по отношению к 1990 году в 3,3 раза. За этот же период аналогичный показатель в таких странах бывшего Советского Союза, как Грузия, Молдова, Украина, снизился в среднем в два раза, в России – в 1,5 раза.

Говоря о реализации госпрограммы «Энергосбережение» в текущем году, Виктор Назаренко отметил, что в Речицком районе введена в эксплуатацию фотоэлектрическая станция 56 МВт – самая мощная на данный момент в Беларуси солнечная электростанция. Годовой отпуск электроэнергии на ней составит 59,3 млн кВт·ч, что позволит заместить порядка 14,4 млн куб. м природного газа. Введена также Полоцкая ГЭС мощностью 21,66 МВт, годовая выработка электроэнергии которой составит 110 млн кВт·ч и позволит заместить около 26,8 млн куб. м природного газа. Витебская ГЭС мощностью



40 МВт с годовой выработкой электроэнергии 138 млн кВт·ч заместит порядка 33,6 млн куб. м природного газа.

В ближайшей перспективе намечено строительство фотоэлектрических станций мощностью 109 МВт в Чериковском районе Могилевской области и установленной мощностью 60 МВт – РУП «Гомельэнерго». Запланировано также строительство ПО «Белоруснефть» ветроэнергетической станции мощностью 50 МВт с ожидаемой го-

довой выработкой электроэнергии 132 млн кВт·ч.

Экономия топливно-энергетических ресурсов в Беларуси в 2016 году за счет реализации энергосберегающих мероприятий составила 1 171,5 тыс. т условного топлива при плане 1 000 тыс. т. Валовое потребление ТЭР снизилось на 1,4% к уровню 2015 года. Доля местных ТЭР в валовом потреблении топливно-энергетических ресурсов составила 15% при задании 14,2%.

БЕЛТА

## Беларусь предложила Всемирному банку реализовать совместные проекты в энергосбережении на \$1 млрд

Беларусь предложила Всемирному банку реализовать совместные проекты в энергосбережении на \$1 млрд, сообщил во время онлайн-конференции на сайте БЕЛТА 9 августа Председатель Госстандарта Виктор Назаренко.

По его словам, Беларусь имеет многолетнюю историю успешного взаимодействия с Всемирным банком по реализации совместных проектов

в сфере энергосбережения, повышения энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии. В настоящее время совместно с Всемирным банком проводится исследование по определению практических мер по повышению энергоэффективности в энергетическом секторе Беларуси, которые планируются реализовать в новом совместном проекте. Также прора-

батывается возможность привлечения дополнительного займа в размере \$80 млн для строительства более 40 котельных на древесном топливе. «В целом в 2016–2017 годах Всемирному банку направлены предложения по реализации новых совместных проектов в сфере энергосбережения на сумму более \$1 млрд», – добавил Виктор Назаренко.

БЕЛТА

*– В Беларуси реализовано несколько проектов по энергосбережению в сотрудничестве с Всемирным банком, ПРООН. Как вы оцениваете их результаты, над какими проектами работаете сейчас?*

Председатель Госстандарта Виктор Назаренко:

– За прошедшие годы между Республикой Беларусь и Международным банком реконструкции и развития для проектов в этой сфере подписано семь соглашений о займах на общую сумму \$422,6 млн, в том числе уже реализованы четыре соглашения на сумму \$117,6 млн и реализуются три на \$305 млн.

В рамках действующих соглашений выполнены строительство и реконструкция четырех крупных ТЭЦ в системе министерства энергетики и проведена модернизация 10 котельных в системе жилищно-коммунального хозяйства. Продолжается работа по строительству еще четырех котельных и трех мини-ТЭЦ, работающих на древесном топливе. Создание новых энергоэффективных источников тепловой и электрической энергии позволит обеспечить экономию потребляемого топлива; снижение потерь энергоресурсов при доставке их потребителям; сдерживание роста тарифов на потребляемые энергоресурсы; создание новых рабочих мест на объектах строительства и в ходе последующей эксплуатации этих энергоисточников; замещение импортируемого дорогостоящего топлива дешевыми местными видами топлива.

В апреле 2017 года завершена реализация проекта международной технической помощи Европейского союза/Программы развития ООН «Разработка интегрированного подхода к расширению программы по энергосбережению».

Одним из значимых его результатов является создание за счет грантовых средств Европейского союза демонстрационных объектов проекта на базе учреждений образования «Ясли-сад №45 г. Гродно», «Ясли-сад №6 г. Ошмяны», «Средняя школа №4 г. Дзержинск» и «Витебский профессионально-технический колледж машиностроения им. М.В. Шмырева». На этих объектах выполнен комплекс энергоэффективных мероприятий: тепловая модернизация стен и кровли, внедрение энергоэффективных стеклопакетов, установка энергоэффективного освещения и оборудования пищеблоков, систем вентиляции с рекуперацией тепла, а также солнечных коллекторов для горячего водоснабжения.

Результаты мониторинга с октября 2016 по апрель 2017 года по этим четырем демонстрационным объектам показали в среднем снижение потребления тепловой энергии на 48,78% и электрической энергии – на 39,46%.

В сотрудничестве с Программой развития ООН/Глобальным экологическим фондом реализуется проект международной технической помощи «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь» объемом финансирования \$4,9 млн.

Основное внимание в проекте уделяется демонстрации потенциала политики энергосбережения в жилищном секторе, разработке и обеспечению внедрения новых принципов проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных жилых зданий.

В рамках проекта в 2016–2017 годах построено три демонстрационных жилых здания (в Гродно, Минске и Могилеве) с инженерными системами, позволяющими обеспечить минимальное энергопотребление на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Ожидается, что применяемые меры позволят достигнуть более чем двукратного сокращения потребления тепловой энергии на данных объектах.

В части развития сотрудничества с Программой развития ООН следует отметить содействие, которое в рамках своей компетенции Госстандарт оказывает Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды по реализации начатых в 2015–2017 годах проекта «Устранение барьеров в развитии ветроэнергетики в Республике Беларусь» и компонента по повышению энергоэффективности проекта «Поддержка зеленого градостроительства в малых и средних городах Беларуси».

БЕЛТА

## ДРОЦ «Надежда» получил собственную фотоэлектростанцию

В сентябре в детском реабилитационно-оздоровительном центре «Надежда» в Вилейском районе заработает фотоэлектрическая станция мощностью 600 кВт. Годовая расчетная выработка электрической энергии новой фотоэлектрической станцией в Вилейском районе превысит 614 тыс. кВт·ч.

Новый объект поможет центру полностью перейти на электроэнергию из

возобновляемых источников, а также получить прибыль, которая будет направлена исключительно на развитие и содержание центра. «Зеленая» электроэнергия будет продаваться в энергосистему по тарифу с повышающим коэффициентом 1,7. Как отмечают в ДРОЦ, прибыль от энергогенерации повысит качество санаторно-курортного лечения и оздоровления детей, в том числе пострадавших

вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Солнечные модули, каркасы для установки солнечных модулей, инверторы, систему контроля и систему защиты от перенапряжения доставили в начале июля в Беларусь из Германии. Оборудование приобрело немецкое общественное объединение «Лебен нах Чернобыль».

БЕЛТА

## Испытания в России подтвердили маневренность солнечных электростанций

Неустойчивое производство электроэнергии на основе энергии солнца и ветра традиционно рассматривается как проблема стабильности сети и надежности энергоснабжения. В то же время в мире активно проводятся эксперименты, в рамках которых объекты генерации на основе ВИЭ оказывают услуги, направленные на повышение системной надежности. Отрадно, что и на российском рынке начинают осуществляться подобные высокотехнологичные проекты с участием ВИЭ.

АО «Системный оператор Единой энергетической системы» и группа компаний «Хевел» совместно организовали и провели натурные испытания функции ограничения активной мощности Соль-Илецкой солнечной электростанции (СЭС) в Оренбургской области.

Натурные испытания проводились 20 июля 2017 года по согласованной Системным оператором программе с целью определения возможности фактического участия СЭС в общем первичном регулировании частоты (ОПРЧ). В процессе натурных испытаний подтверждена техническая возможность снижения выдаваемой СЭС активной мощности при повышении частоты свыше заданного значения в течение заданного интервала времени. При этом участие СЭС в ОПРЧ может осуществляться в следящем за частотой режиме с заданным статизмом и величиной «мертвой полосы» первичного регулирования, что позволяет обеспечить эффективное первичное регулирование частоты совместно с генерирующим оборудованием традиционного типа.

При проведении испытаний выполнялось несколько опытов с различной настройкой одного из инверторов СЭС,



посредством которого вырабатываемая группой солнечных панелей мощность выдается в электрическую сеть. В каждом из опытов исходная величина выдаваемой инвертором активной мощности определялась инсоляцией, а величина ограничения активной мощности при повышении частоты соответствовала заданным настройкам инвертора по статизму и «мертвой полосе» первичного регулирования.

Успешное завершение натурных испытаний имеет важное значение для полноценной интеграции СЭС в Единую энергосистему России. Опыт, полученный в ходе проведения испытаний, в дальнейшем будет использован при совместной разработке АО «СО ЕЭС» с членами подкомитета ПК 6 «Силовая электроника в электроэнергетике» технического комитета по стандартизации ТК 016 «Электроэнергетика» проекта стандарта, регламентирующего работу СЭС в составе энергосистемы.

Соль-Илецкая СЭС принадлежит группе компаний «Хевел», имеет установленную мощность 25 МВт и связана с энергосистемой Оренбургской области по ВЛ 35 кВ.

Renen.ru

# ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УЧЕТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В АВСТРИИ. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОЕКТА «USMARTCONSUMER»

В настоящее время в Австрии, как и во всех других странах Европы, быстрыми темпами и во все более возрастающих масштабах осуществляется внедрение интеллектуальных технологий учета потребления электроэнергии. Процесс обусловлен ростом и диверсификацией спроса на электроэнергию, постоянным колебанием цен на нефть и растущей необходимостью энергосбережения с целью сокращения загрязнения атмосферы парниковыми газами в глобальном масштабе.

Интеллектуальные приборы учета представляют собой приборы учета потребления газа и электроэнергии нового поколения, и их характеристики предусматривают определенный диапазон интеллектуальных функций для бытовых потребителей и субъектов малого бизнеса. Использование таких приборов позволит потребителям получать в реальном и близком к реальному времени информацию о потребляемой ими электроэнергии, что, в свою очередь, обеспечит контроль и управление энергопотреблением, экономию денежных средств и сокращение выбросов парниковых газов.

Введение Евросоюзом нормативно-правового документа «Третий энергетический пакет» послужило основанием для обсуждения вопроса широкомасштабного выведения на рынок интеллектуальных технологий учета во многих странах-членах. Несмотря на этот факт, принятие широкой общественностью внедрения интеллектуальных приборов учета электрической энергии и, гипотетически, принципов энергосбережения не следует воспринимать как нечто само собой разумеющееся.

При внедрении интеллектуальных технологий учета следует уделить внимание вопросам

обеспечения защиты информации от несанкционированного доступа и безопасности. Более того, использование только одних интеллектуальных приборов учета электрической энергии не обеспечит снижение энергопотребления. Интеллектуальные приборы учета электрической энергии представляют собой инновационную технологию, которая, в свою очередь, предусматривает необходимость соз-

дания инновационных продуктов и услуг, расширяющих возможности и условия контроля и управления энергопотреблением, что, в конечном счете, позволит привлечь потребителей и обеспечит реальное энергосбережение и снижение пиковых нагрузок.

Недавно был опубликован доклад «The European Smart Metering Landscape» («Общоевропейское пространство интеллек-

туальных технологий учета электрической энергии»), цель которого заключается в ускорении темпов развития рынка инновационных услуг в области интеллектуального измерения энергопотребления. В упомянутом обстоятельном и тщательно проработанном докладе содержится как анализ фактической ситуации в области выведения на рынок интеллектуальных приборов учета электрической энергии в странах Европы, так и обзор сопутствующих услуг, необходимых для обеспечения обратной связи с потребителем и сдвига пиковой нагрузки во всех странах – членах ЕС и в Норвегии.

Анализ сложившейся ситуации позволяет заключить, что интеллектуальные технологии



учета электрической энергии достигли этапа раннего развития; при этом имеет место массовое выведение технологий на рынок в значительной части стран Европы. В 2016 году было одобрено массовое внедрение интеллектуальной технологии учета электрической энергии в странах Европы; при этом в совокупности было установлено 80 миллионов интеллектуальных приборов учета электрической энергии (от общего числа, составляющего 300 миллионов индивидуальных бытовых потребителей), что явилось крупнейшим достижением в области инновационных технологий. В конце 2016 года почти треть энергопотребителей в странах ЕС пользовалась интеллектуальными приборами учета электрической энергии. Планируется вдвое увеличить их долю в течение ближайших пяти лет. Следует отметить, что на данный момент работы по установке интеллектуальных приборов учета ведутся главным образом во Франции, Испании, Великобритании, Австрии и Нидерландах. В Швеции, Финляндии и Дании уже внедрены интеллектуальные приборы учета электрической энергии, которые используются всеми или большинством энергопотребителей.

Предусматривается, что с учетом использования данной инновационной технологии в странах Центральной и Восточной Европы масштабы ее внедрения в ЕС к 2020 году достигнут приблизительно 60%. Германия планирует постепенное внедрение интеллектуальных приборов учета электрической энергии, начиная с целевых групп, потребляющих более 6000 кВт·ч в год. Установка интеллектуальных приборов учета электрической энергии будет носить добровольный характер для домашних хозяйств, потребляющих менее 6000 кВт·ч в год (приблизительно 90% энергопотребителей).

Публикация аналитического отчета по сегментации рынка явилась дополнительным инструментом, содействующим его активизации. По результатам данного исследования, про-



В 2016 году было одобрено массовое внедрение интеллектуальной технологии учета электрической энергии в странах Европы.

веденного в семи странах – членах ЕС, был подготовлен последний аналитический обзор потребностей и ожиданий энергопотребителей, на основании которых были определены репрезентативные и поведенческие сегменты потребителей. Данное исследование указывает на актуальность проведения глубокого анализа потребителей с целью удовлетворения их потребностей и интересов. Сегментный анализ рынка является эффективным инструментом по обеспечению более тесного взаимодействия с целевыми потребительскими сегментами, при этом программное обеспечение по сегментному анализу может быть загружено бесплатно.

С целью стимулирования рыночного спроса на услуги интеллектуального учета энергопотребления в рамках проекта также основное внимание уделяется развитию сотрудничества с энергетическими компаниями и поставщиками энергетических услуг по разработке нового и расширенного пакета таких услуг, как информативный расчет платы за потребление энергии и обратная связь, плавающие тарифы и услуги по регулированию нагрузки, т.е. категорий услуг, обладающих

наибольшим потенциалом в плане энергосбережения, снижения пиковой нагрузки и комплексного использования возобновляемых источников энергии потребителями. В сотрудничестве с энергетическими компаниями и с учетом обратной связи по потребностям потребителей была осуществлена оценка регионального и национального планов действий в рамках проектов на местах

с целью их популяризации в качестве примеров развития и повышения качества услуг в области интеллектуального изменения энергопотребления с ориентацией на потребителя в других государствах – членах ЕС. ■

Более подробная информация по данному вопросу размещена на веб-сайте [smartconsumer.eu](http://smartconsumer.eu)  
**Роланд Хирцингер,**  
 магистр и доктор наук

«Иста Митеринг Сервис» • 220034, г. Минск, ул. 3. Бядули, 12  
 тел.: (017)294-3311, 293-6849, 283-6858; факс: (017)293-0569  
 e-mail: [minsk@ista.by](mailto:minsk@ista.by) • <http://www.ista.by>  
 отдел расчетов: (017)290-5667 (-68) • e-mail: [billing@ista.by](mailto:billing@ista.by)

**ista**

- Система индивидуального (поквартирного) учета тепловой энергии на базе распределителей тепла «Экземпер», «Допримо III радио»: от монтажа приборов до абонентских расчетов для десятков тысяч потребителей.
- Энергосберегающее оборудование «Данфосс», «Заутер», «Петтинароли»: радиаторные термостаты, системы автоматического регулирования отопления зданий, арматура.
- Приборы учета тепловой энергии «Сенсоник II» с расходом теплоносителя от 0,6 до 2,5 м<sup>3</sup>/ч с возможностью удаленного сбора информации.
- Запорно-регулирующая арматура: шаровые краны, радиаторные вентили, задвижки, фильтры, компенсаторы, обратные клапаны и т.д.
- Насосное оборудование «Грундфос».

УНП 100338436

# ГРУППА КОМПАНИЙ ТЭС ДКМ: «СОЛНЕЧНЫЙ» БИЗНЕС В БЕЛАРУСИ ГЛАЗАМИ ИНВЕСТОРА

Костюковичский район Могилевской области известен в первую очередь расположенным здесь Белорусским цементным заводом. Район пострадал от Чернобыльской аварии – были отселены 40 населенных пунктов. Мало кто мог предположить, что в сегодняшних непростых экономических условиях иностранного инвестора привлечет географическое расположение района, находящегося в зоне континентального климата с малой облачностью и довольно хорошей инсоляцией. Интерес к строительству здесь фотоэлектрических мощностей проявила энергетическая белорусско-российско-германская Группа компаний ТЭС ДКМ. В настоящий момент дочерняя компания ООО «АЙИСи СоларЭнерджи» начинает в Костюковичском районе строительство уже второй фотоэлектрической станции. К началу строительства был приурочен семинар о развитии солнечной энергетики, состоявшийся 27 июля текущего года в зале заседаний Костюковичского райисполкома.

В 2014 году Могилевский облисполком заключил инвестдоговор с «Интерриджинал Энерджи Кампани ГмбХ» о строительстве близ Костюковичей трех фотоэлектрических электростанций. С этой целью в районе было зарегистрировано ООО «АЙИСи СоларЭнерджи», входящее в Группу компаний ТЭС ДКМ. Было подсчитано, что ежегодный объем налоговых и иных платежей нового инвестора в местный бюджет составит около 300 тыс. рублей.

Под фотоэлектрическое оборудование ведущих европейских компаний было выделено 8,5 га территории бывшего кирпичного завода. Строительство и ввод в строй заявленных солнечных мощностей 4,5 МВт решено было вести поэтапно. 16 августа 2016 года начала работу первая из трех фотоэлектрических станций мощностью 1518 кВт. На стадии получения разрешения на подготовительные работы для строительства второй ФЭС инвестор посчитал необходимым и важным рассказать о ходе реализации своих планов общественности. 27 июля в зале Костюковичского райисполкома представители «АЙИСи СоларЭнерджи» ответили на вопросы всех, кого в районном центре интересует солнечная энергетика.

Как рассказал директор ООО «АЙИСи СоларЭнерджи», член совета директоров Группы компаний ТЭС ДКМ Алексей Филинович, холдинг занимается возобновляемой энергетикой в России, Румынии и еще нескольких странах, но «наш фокус – Республика Беларусь, где созданы очень хорошие условия для инвесторов, включающие стимулирующие тарифы и инструмент заключения инвестиционных договоров. Данный инструмент позволяет инвестору получить земельный участок за минимальную плату, льготы по уплате таможенной пошлины и НДС при ввозе оборудования ВИЭ. Ряд преференций доступны инвестору при работе

в малых городах. Создана налоговая, правовая и законодательная инфраструктура стимулирования развития возобновляемой энергетики». Действие специальных льгот, установленных для инвесторов и бизнес-субъектов на территории ряда районов Могилевской области, подтвердила принимавшая участие в мероприятии начальник отдела экономики Костюковичского райисполкома Светлана Смоликова.

Запланировано, что вторая ФЭС мощностью 1605 кВт будет построена до конца текущего года, а к концу 2018 года начнет работу и третья станция мощностью 1408 кВт. Как пояснил главный инженер, руководитель проекта Дмитрий Пацанович, в наших широтах станция работает в среднем 1000 часов в год. За эти часы она способна выработать 1400 тыс. кВт·ч электроэнергии, что позволит обеспечить электроэнергией весь жилой фонд города Костюковичи. Инвестиции в первую станцию составили свыше 2 млн 770 тыс. евро, примерно половина этих средств покрыла стоимость ввезенного в страну высокотехнологического фотоэлектрического оборудования, которое прослужит не менее четверти века.

Участники обсуждения строительства солнечной электростанции задали вопросы и заполнили анкеты. Анкетирование и обсуждение показало, что людям в Костюковичском районе приятно чувствовать себя причастными к взятому во всем мире курсу на возобновляемые источники энергии. Тем более что из 7 рабочих мест, уже созданных здесь инвестором, 5 укомплектовано местным персоналом. Еще 15 рабочих мест будет создано на биогазовом комплексе в д. Ниськи Костюковичского района, который дочерняя компания холдинга построит к 2020 году.

Пока трактор начинает расчистку площадей для второй очереди солнечных модулей, мы осматриваем действующее «сол-



Директор ООО «АЙИСи СоларЭнерджи», член совета директоров Группы компаний ТЭС ДКМ Алексей Филинович и начальник отдела экономики Костюковичского райисполкома Светлана Смоликова

нечное поле» с начальником ФЭС Василием Сырвачевым. Первая очередь включает в себя 6 тысяч модулей размером 1,5 на 1 м. Каждый модуль установленной мощностью около 250 ватт генерирует ток напряжением около 40 В. Для сбора электроэнергии и построения внутренней архитектуры станции использовано около 28 км кабеля. Вырабатываемую станцией энергию собирают и преобразуют 23 инвертора мощностью по 60 кВт. Все параметры энергогенерации и энергоотдачи можно задавать через программу «Инвертор-менеджер». Учет организован при помощи АСКУЭ. Программа показывает, что минимум энергогенерации был зафиксирован 30 декабря (250 киловатт-часов), а максимум – 17 мая, когда электростанция выработала 11,4 тыс. киловатт-часов.



В ТП установлены масляные трансформаторы производства Минского электротехнического завода им. Козлова. На сегодняшний день воздушной линии электропередачи, отдающей энергию в сеть, предшествует короткая кабельная, но в будущем планируется без нее обойтись.

Поскольку эффективность солнечной энергогенерации зависит и от содержания в чистоте поверхностей ламелей, запланированы посадка травы вокруг столов поля, ее косьба в теплое время года, очистка панелей от снега зимой и их мытье спецраствором.

Потенциального заказчика наверняка заинтересует финансовая сторона строительства и эксплуатации ФЭС районного масштаба. Благодаря поддержке Европейского банка реконструкции и развития до 70% необходимого финансирования обеспечивается в виде кредитов, 30% средств инвестирует «АйИСи СоларЭнерджи». Капиталовложения во вторую станцию составят 1 621 500 евро, из которых 35 000 евро уже затрачено на проектно-сметную документацию, 1 406 050 евро будет стоить оборудование, в 180 000 евро обойдутся строительно-монтажные работы. Примерно таким же будет уровень инвестиций в третью станцию комплекса. Средняя стоимость 1 кВт установленной мощности для всех трех ФЭС составит 1100–1200 евро под ключ с учетом затрат на сетевую инфраструктуру.

Во всем мире возобновляемая энергетика – стремительно развивающаяся отрасль с вполне просчитываемой экономической и финансовой стороной. Тем не менее, «солнечный» проект на земле бывшего кирпичного завода столкнулся с рядом трудностей и обременений. Поскольку сплошные глиноносные пласти площадки сохраняют избыточное водонасыщение грунтов, весной и осенью площадка превращается в болото, почти не проходимое для строительной техники. Зимой же глинистый грунт сильно промерзает, поэтому заглубить в него стойки несущих опор фотоэлектрических модулей методом вибропогружения почти невозможно. Инвестору также пришлось профинансировать перенос проходивших по территории сетей водопровода и производственной канализации, выполнить строительство кабельно-воздушных линий ВЛП-10кВ и РП-10кВ, передаваемых на баланс РУП «Могилевэнерго».

С момента подключения первой солнечной электростанции к действующим энергетическим сетям с сентября 2016 года вся вырабатываемая ею электроэнергия продается государственным энергоснабжающим организациям по установленному тарифу со стимулирующим коэффициентом 2,7. Первые денежные поступления от «солнечного» бизнеса отражены в следующей таблице:

Месяц	Выработка, кВт·ч	Тариф за 1 кВт·ч, руб.	Тариф в евроцентах	Стоимость без НДС, руб.	Стоимость, евро
Сентябрь	28 310	0,65	30	18 347	8 490
Октябрь	65 776	0,64	31	42 276	20 305
Ноябрь	22 522	0,66	32	14 872	7 116
Декабрь	11 866	0,66	32	7 793	3 811
Январь	25 034	0,65	31	16 287	7 859
Февраль	78 648	0,64	32	50 026	25 147
Март	142 778	0,63	31	90 440	44 970
Апрель	168 758	0,63	31	106 896	53 153
Май	245 568	0,63	31	155 550	77 346
Июнь	83 844				
<b>Итого</b>	<b>873 104</b>			<b>550 056</b>	

«Стимулирующий коэффициент к тарифу действует на протяжении первых 10 лет работы возобновляемого источника энергии, – рассказывает Алексей Филинович. – Первые 6–7 лет все получаемые таким образом денежные средства за вычетом издержек на эксплуатацию нашей станции (ремонт, плановое ТО, запчасти) будут уходить на обслуживание кредита. Поэтому только оставшиеся 3–4 года действия стимулирующего коэффициента можно назвать периодом получения нашей компанией первых дивидендов от данного проекта».

В дальнейшем доходность солнечной генерации существенно снизится. Последующие 10 лет электроэнергия будет реализовываться с коэффициентом к тарифу 0,85 (тариф на уровне себестоимости), а затем он уменьшится до 0,45. Не будем упускать из виду и процесс деградации фотовольтаических модулей: в течение первых 10 лет эксплуатации их эффективность будет снижаться со скоростью 0,7% в год (до 97% после первого года) и окажется на уровне 90% после 10 лет эксплуатации, а затем, после 20 лет работы, снизится до 80%.

Поскольку Группа компаний ТЭС ДКМ планирует свой бизнес в Беларуси на многие десятилетия вперед, через 25 лет эксплуатации модули станций под Костюковичами будут заменены на новые с небольшой доплатой по программе «exchange». Кроме того, инвестор планирует в долгосрочной перспективе установку Li-Ion-накопителей энергии для возможности управляемого отпуска энергии в энергосистему в часы утреннего и вечернего максимумов нагрузки, когда тарифы на либерализованном к тому моменту открытом рынке энергии будут максимальными из-за соотношения спроса и предложения. Электрическая схема выдачи мощности в сеть собрана таким образом, чтобы в перспективе иметь возможность поставок энергии как в энергосистему, так и непо-

средственно промышленному потребителю ОАО «Белорусский цементный завод» по дисконтным тарифам в качестве гарантирующего поставщика.

### ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ГРУППЫ КОМПАНИЙ ТЭС ДКМ

В энергетическую белорусско-российско-германскую группу компаний (ГК ТЭС ДКМ) входят следующие предприятия:

- ООО «Теплоэнергосервис ДКМ» – резидент РФ, ЕРС-контрактор, генеральный подрядчик, специализируется на строительстве под ключ и эксплуатации электростанций и очистных сооружений, имеет аттестацию I категории для осуществления деятельности генерального подрядчика на территории Республики Беларусь;

- ООО «Межрегиональная энергетическая компания» (IEC Energy Company LLC) – резидент Республики Беларусь, инженеринговый центр, специализируется на инженерном сопровождении проектов, реализуемых группой, инвестиционном консалтинге и сервисной деятельности; официальный торговый представитель и сервисный центр корпорации Rolls-Royce Power Systems AG на территории Республики Беларусь;

- Interregional Energy Company GmbH (IEC Energy Company GmbH) – резидент Германии, внешнеторговая компания для организации поставок оборудования из ЕС, в том числе с поддержкой торгового экспортного финансирования заказчиков под гарантии немецкого экспортного агентства EULER HERMES через обслуживающий банк COMMERZBANK AG; посредством данной компании осуществляется инвестиционная деятельность группы ТЭС ДКМ в Республике Беларусь в части строительства собственных электростанций на возобновляемых и ископаемых источниках энергии путем создания дочерних обществ в формате дивизиона IEC Energy Division;

Комплекс ФЭС ООО «АЙСи СоларЭнерджи» близ Костюковичей



Для ООО «Праймилк» Группа компаний ТЭС ДКМ построила тригенерационную мини-ТЭЦ и очистные сооружения завода по переработке сыворотки

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОРТФЕЛЬ И РЕФЕРЕНЦИИ ГРУППЫ КОМПАНИЙ ТЭС ДКМ

Группа компаний ТЭС ДКМ имеет широкий инновационный high-tech-портфель и специализируется в области промышленной и возобновляемой энергетики, а также очистки сточных вод и водоснабжения.

В Беларуси газопоршневые когенерационные установки под брендами **MTU Onsite Energy** и **Rolls-Royce** установлены на следующих объектах:

- тригенерационная мини-ТЭЦ завода ООО «Праймилк» ГК «БИОКОМ», г. Щучин;
- тригенерационный комплекс «Завод горячего воска» ОАО «Нафтан», г.п. Свислочь;
- мини-ТЭЦ для энергообеспечения ОАО «Калинковичский молочный комбинат»;
- когенерационный энергоцентр для РУП «Белоруснефть»;
- энергоисточник на базе когенерационных установок для ОАО «Савушкин продукт»;
- тригенерационный комплекс для ОАО «Брестгазоаппарат» СП GEFEST;
- газомоторная ТЭЦ для предприятия инвестора **Clean Energy Group Bel** (входит в группу компаний «Санта Бремор») для целей энергообеспечения конечного потребителя ОАО «Белшина».

Группа компаний ТЭС ДКМ предлагает заказчикам котельные на биотопливе, газификационные когенерационные установки для создания когенерационных и тригенерационных энергоцентров на древесной щепе на базе оборудования **SPANNER AG**, фотоэлектрические станции (ФЭС) и ветроэнергетические установки (ВЭУ), в том числе на базе бывшего в употреблении оборудования; системы водоподготовки и очистные сооружения (на базе технологии мембранного биореактора MBR, а также анаэробных процессов с производством биогаза) разработки немецкого партнера **WEHRLE GmbH**.

В Беларуси Группой компаний ТЭС ДКМ реализованы первые два инновационных проекта на базе не имеющей аналогов мембранной технологии ультрафильтрации со сбросом

• **ООО «ВЕРА»** – резидент Республики Беларусь, аттестованная проектная и строительно-монтажная компания, специализируется на проектировании, монтаже и пусконаладочной деятельности котельных, мини-ТЭЦ, систем водоснабжения и водоотведения, образована в 1989 году.

### ИНВЕСТИЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ГРУППЫ КОМПАНИЙ ТЭС ДКМ

Группа компаний ТЭС ДКМ в формате дивизиона холдингового типа **IEC Energy Division**, созданного в январе 2013 года, развивает собственную сеть энергоисточников на разных видах топлива в Республике Беларусь, Российской Федерации и Румынии с единой службой мониторинга и эксплуатации в виде следующих проектов:

- **IEC COGEN ENERGY** – газомоторная мини-ТЭЦ и паровая котельная для нужд ЧУП «Калинковичский молочный комбинат»; проект реализован в формате энергетического аутсорсинга (бизнес модель ВООТ – «строить, владеть, оперировать, передать»); проект находится в эксплуатации с конца 2014 года; реализован при финансовой поддержке Европейского банка реконструкции и развития; в настоящий момент компанией приобретена когенерационная установка электрической мощностью 2 МВт в контейнерном исполнении для реализации еще одного аналогичного проекта на территории Республики Беларусь;
- **IEC WIND ENERGY** – проект на базе 4-х ветроэнергетических установок по 600 кВт, эксплуатируемых в Сморгони с 2015 года в рамках инвестиционного договора;
- **IEC SOLAR ENERGY** – первая очередь проекта была реализована при финансовой поддержке **COMMERZBANK AG**; вторая очередь реализуется частично за счет средств ЕБРР, предоставленных через ОАО «Белинвестбанк»;

• **IEC BIOGAS ENERGY** – проект биогазового комплекса мощностью около 1,0 МВт, строящегося в Костюковичском районе; в качестве сырья будет использоваться навоз от молочно-товарных ферм «ЦЭМ-АГРО» (дочерняя компания Белорусского цементного завода) и послеспиртовая барда Костюковичского спиртзавода; в составе проекта предполагаются технические решения для сушки послеспиртовой барды – высокобелкового корма, в котором заинтересованы местные фермеры; проект предполагается финансировать за счет собственных средств инвестора и долгосрочных китайских экспортных линий;

• **My Garden** – проектируемый тепличный комплекс по выращиванию роз, в составе которого предусмотрены тригенерационный энергетический комплекс, водогрейная котельная на биомассе, охлаждаемая теплица закрытого типа, другие высокотехнологичные решения в области энергетики и агротехнологии; проект предполагается финансировать за счет собственных средств инвестора и экспортной кредитной линии Банка Израиля под страховку экспортного кредитного агентства **ASHRA**;

• **SOLEKOFOTEX SRL** – владелец и оператор проекта солнечного парка мощностью 4,5 МВт на винодельческом предприятии в Румынии; проект введен в эксплуатацию в 2015 году;

• **СТРОЙ ИНВЕСТ ЭНЕРГИЯ** – проект на базе 10 ветрогенераторов по 250 кВт на севере Российской Федерации в рамках концессионного соглашения с муниципальным образованием на срок 20 лет (разновидность государственно-частного партнерства); компания ООО «Строй Инвест Энергия» является первым резидентом TOP – территории опережающего развития Российской Федерации в рамках программ экономического стимулирования развития Дальнего Востока и Северного Морского Пути; проект введен в эксплуатацию в 2016 году.

очищенных сточных вод непосредственно в речной объект: очистные сооружения для вновь введенных заводов по переработке сыровотки ООО «Праймилк» (владельцы совместно ГК «БИОКОМ» и ГК «Конте Спа»), г. Щучин и ООО «Несвижский завод детского питания», г. Несвиж. Технология позволяет повторно использовать сточные воды (рециклинг) для целей технического водоснабжения предприятий и существенно уменьшить платежи за водосброс с объектов в системы муниципальной водоочистки.

### ФИНАНСОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ГРУППЫ КОМПАНИЙ ТЭС ДКМ

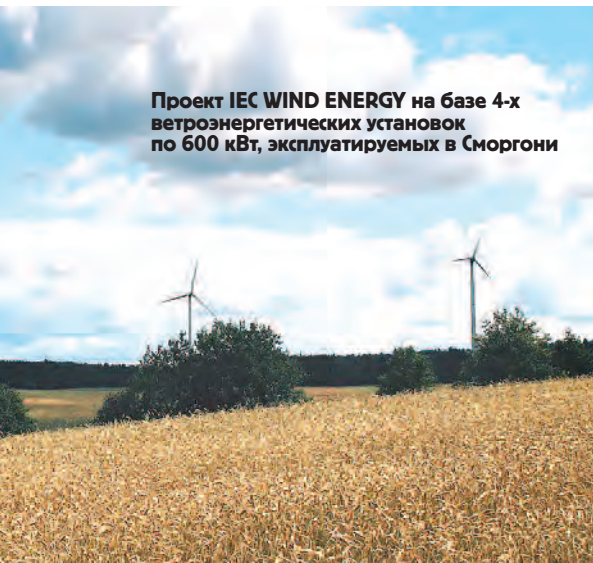
Под поставки оборудования происхождения Российской Федерации компания привлекает торговое экспортное финансирование под страховку национального экспорта РФ (ЭКСАР). Под оборудование происхождения Германии и ЕС организуются контракты через немецкую инжиниринговую внешнеторговую компанию IEC Energy Company GmbH с предоставлением ИКЛ от COMMERZBANK AG под страховку национального экспортного агентства Германии EULER HERMES. Кроме того, Группа компаний ТЭС ДКМ предлагает инновационные инструменты финансирования сделок на условиях прямых иностранных инвестиций, государственно-частного партнерства и энергетического аутсорсинга (ВОО, ВООТ).

### СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ГРУППЫ КОМПАНИЙ ТЭС ДКМ

28-летний опыт работ в области промышленной и возобновляемой энергетики позволил сформировать портфель стратегических конкурентных преимуществ Группы компаний ТЭС ДКМ на рынке:

- реальный опыт реализации проектов под ключ на территории Республики Беларусь;
- аттестация I категории генерального подрядчика;

**Проект IEC WIND ENERGY на базе 4-х ветроэнергетических установок по 600 кВт, эксплуатируемых в Сморгони**



**Газомоторная мини-ТЭЦ и паровая котельная, эксплуатируемые инвестором IEC COGEN ENERGY для нужд ЧУП «Калинковичский молочный комбинат»**

### Анонс ближайших событий Группы

— 21 сентября 2017 года Группа компаний ТЭС ДКМ совместно с Белорусской торгово-промышленной палатой будут проводить семинар в Минске, посвященный возобновляемым и местным источникам энергии, экологическим решениям в области очистки сточных вод, энергоэффектив-

ным технологиям, распределенной промышленной энергетике, сервисной деятельности, инновационным инструментам финансирования проектов;

— с 9 по 13 октября 2017 года Группа компаний ТЭС ДКМ примет участие в выставке Energy Expo в качестве экспонен-

та; приглашаем посетить наш стенд, где Вы сможете познакомиться с новыми технологиями в области возобновляемой и традиционной генерации, водоподготовки, водоотведения, обращения с отходами, инновационными инструментами финансирования инвестиций.

- **опыт эксплуатации энергетических объектов** в условиях Беларуси и Дальнего Севера Российской Федерации, собственная служба эксплуатации; позволяет понимать проблематику эксплуатации с позиции заказчика, в том числе в особо тяжелых климатических условиях;

- **более 10 млн евро инвестиций в собственные частные электростанции** на базе различных технологий на территории Республики Беларусь; заказчику передается юридический, технологический и финансовый опыт внедрения собственных объектов в Беларуси; наличие собственных инвестиционных объектов в рамках долгосрочных договоров на энергообеспечение с промышленными государственными потребителями гарантирует долгосрочное присутствие на рынке Беларуси и сервисную поддержку заказчиков;

- административный офис, сервисный центр и склад – в собственности компании;

- официальный торговый партнер и сервисный центр корпорации Rolls-Royce на территории Республики Беларусь и Российской Федерации; качественный продукт поддерживается 4-летней гарантией от завода-изготовителя;

- собственный инжиниринговый центр в составе 35 инженеров в Минске с аттеста-

цией I категории на предпроектную и пред-инвестиционную деятельность;

- капитал группы реинвестируется в энергетические инвестиционные проекты на территории Республики Беларусь в области возобновляемой энергетики, энергоэффективности и очистки сточных вод. Тем самым создаются новые рабочие места с достойной оплатой труда в регионах, повышается энергетическая независимость и безопасность Беларуси, вносится вклад в развитие малых городов и сел, защиту окружающей среды и повышение экологической образованности населения. ■



### ГРУППА КОМПАНИЙ ТЭС ДКМ

**ООО «Межрегиональная энергетическая компания»**

Республика Беларусь, 220114, г. Минск, пр-т Независимости, 117А, этаж 15.

тел./факс: +37517 3965113 / 3965112

E-mail: [office@iec-energy.by](mailto:office@iec-energy.by);

сайт: [www.iec-energy.by](http://www.iec-energy.by)



В.Н. Радкевич,  
к.т.н., доцент

А.В. Мильто,  
студент

А.В. Супрунюк,  
студент

Белорусский национальный технический университет

# ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

УДК 621.311.16

## Аннотация

В статье проанализированы показатели качества трансформаторов наиболее распространенных типов, производимых в Беларуси и Российской Федерации и применяемых на промышленных предприятиях. С использованием стандарта HD428 произведена оценка энергоэффективности рассмотренных в работе распределительных трансформаторов.

## Abstract

The article analyzes quality indicators of the most common types of transformers produced in Belarus and the Russian Federation and used in industrial enterprises. Using the HD428 standard, the energy efficiency of the distribution transformers is evaluated.

При проектировании новых и реконструкции действующих систем электроснабжения (СЭС) средних и крупных промышленных предприятий производится выбор силовых трансформаторов, от которых питаются электроприемники на напряжении до 1 кВ. В данной работе рассматриваются показатели качества силовых распределительных трансформаторов, учет которых может быть полезным при их выборе.

Согласно [1] распределительным называется трехфазный трансформатор номинальной мощностью  $S_{ном} \leq 2500$  кВ·А или однофазный, имеющий  $S_{ном} \leq 833$  кВ·А классов напряжения до 35 кВ включительно. В зависимости от мощности распределительные трансформаторы подразделяются на следующие габариты: I –  $S_{ном} = 25-100$  кВ·А; II –  $S_{ном} = 160-630$  кВ·А; III –  $S_{ном} = 1000-2500$  кВ·А.

Таблица 1. Характеристика силовых трехфазных трансформаторов напряжением (6–10)/0,4 кВ

Тип	Номинальная мощность, кВ·А	Особенности конструктивного исполнения
ТНЭЗ	630; 1000; 1600	Защищенный герметичный трансформатор с обмотками из меди, у которого в качестве изолирующего и охлаждающего диэлектрика применяется негорючая и экологически чистая жидкость <i>Midel 7131</i> .
ТНЭЗ А	630; 1000; 1600	То же, но с обмотками, выполненными из алюминия.
ТМГ	630; 1000	Герметичный маслонаполненный трансформатор с гофрированным баком и обмотками из алюминия.
ТМГ11	630; 1000; 1600	То же, но с меньшими потерями холостого хода.
ТМГ12	630; 1000	То же, но с меньшими потерями КЗ по сравнению с ТМГ11.
ТМГ15	630; 1000	То же, но меньшими потерями холостого хода по сравнению с ТМГ12.
ТМГ21	630; 1000	Герметичный маслонаполненный трансформатор с гофрированным баком и обмотками из алюминия. Вторичная обмотка выполнена из алюминиевой фольги с бумажной изоляцией.
ТМЗ	630; 1000; 1600	Маслонаполненный герметичный защищенный трансформатор. В баке под небольшим избыточным давлением имеется азотная подушка.
ТМ	630; 1000; 1600	Маслонаполненный трансформатор с открытыми изоляторами и расширителем для масла.

Как правило, в системах электроснабжения производственных объектов применяются распределительные трансформаторы габарита III напряжением (6–10)/0,4 кВ, имеющие естественное масляно-воздушное охлаждение типа ONAN. При обосновании могут использоваться сухие трансформаторы, а также с негорючим жидким диэлектриком.

В соответствии с [2] типоразмеры трансформаторов должны соответствовать действующим стандартам [3, 4]. Отметим, что согласно [5] номинальная мощность  $S_{ном} = 1250$  кВ·А должна применяться для специальных трехфазных трансформаторов и трансформаторов, предназначенных на экспорт. На промышленных предприятиях в большинстве случаев применяются трансформаторы мощностью  $S_{ном} = 1000$  и 1600 кВ·А, обеспечивающие лучшие соотношения между затратами на электрические сети напряжением 6–10 кВ и 0,4 кВ.

Трансформаторы с номинальной мощностью 2500 кВ·А в цехах промышленных предприятий применяются редко из-за больших массогабаритных показателей, сложности выбора автоматического выключателя в цепи трансформатора, значительных затрат на питающие сети напряжением до 1 кВ.

Трансформаторы мощностью до 630 кВ·А могут использоваться при малой плотности нагрузок, в частности, на мелких и средних объектах, на периферийных участках крупных предприятий, для административных зданий и т.п.

На рынке электротехнических изделий изготовителями и дилерами предлагаются трансформаторы разных типов, изготавливаемые в странах СНГ. Выпускаются маслонаполненные трансформаторы широко распространенных типов (ТМ, ТМЗ, ТМГ, ТМГ11), а также трансформаторы с использованием инновационных технических решений (ТМГ12, ТМГ15, ТНЭЗ, ТНЭЗ А, ТМГ21). Общая характеристика распределительных трансформаторов, применяемых в СЭС производственных объектов, приведена в таблице 1.

В каталогах и паспортах трансформаторов приводятся их технические характеристики, анализируя которые, можно ориентировочно оценить качество того или иного трансформатора. Однако в них указываются не все характеристики, предусмотренные системой показателей качества для силовых трансформаторов в соответствии с ГОСТ 4.316-85 [6]. Показатели качества распределительных трансформаторов, представляющие определенный интерес для потребителей электротехнических изделий, приведены в таблице 2.

В работе использована техническая документация трансформаторов Минского электротехнического завода и некоторых предприятий Российской Федерации. Данные трансформаторов других производи-

**Таблица 2. Показатели качества силовых трехфазных трансформаторов напряжением (6–10)/0,4 кВ**

№	Наименование показателя	Ед. измерения	Обозначение	Соответствие нормативному документу
<b>1 Квалификационные показатели</b>				
1.1	Номинальная мощность	кВ·А	$S_{ном}$	ГОСТ 16110-82 ГОСТ 9680-77
1.2	Номинальное напряжение обмотки высшего напряжения	кВ	$U_{вном}$	ГОСТ 16110-82
1.3	Номинальное напряжение обмотки низшего напряжения	кВ	$U_{нном}$	ГОСТ 16110-82
1.4	Схема и группа соединения обмоток	-	$\Delta/Y0-11$ $Y/Y0-0$	ГОСТ 11677-85
1.5	Номинальная частота	Гц	$f$	ГОСТ 16110-82
1.6	Способ и диапазон регулирования напряжения	-	-	ГОСТ 16110-82
1.7	Вид климатического исполнения	-	У, ХЛ	ГОСТ 15150-69
1.9	Степень защиты	-	IP	ГОСТ 24687-81
<b>2 Показатели функциональной и технической эффективности</b>				
2.1	Испытательное напряжение промышленной частоты	кВ	$U_{исп}$	-
2.2	Испытательное напряжение импульсное	кВ	$U_{имп}$	-
2.3	Напряжение короткого замыкания	%	$U_k$	ГОСТ 16110-82 ГОСТ 11677-85
<b>3 Конструктивные показатели</b>				
3.1	Масса полная	кг	$M$	ГОСТ 16110-82
3.2	Габаритные размеры (длина $L$ , ширина $B$ , высота $H$ )	мм	$L \times B \times H$	-
3.3	Удельная масса (по отношению к $S_{ном}$ )	кг/(кВ·А)	$m$	ГОСТ 11677-85
3.4	Удельный объем (по отношению к $S_{ном}$ )	мм <sup>3</sup> /(кВ·А)	$v$	-
<b>4 Показатели надежности</b>				
4.1	Установленный полный срок службы	лет	$T_{сл.п}$	ГОСТ 27.002-89
4.2	Вероятность безотказной работы	-	$P(t)$	ГОСТ 27.002-89
4.3	Средний срок сохраняемости	лет	$T_c$	ГОСТ 27.002-89
<b>5 Показатели экономного использования энергии</b>				
5.1	Потери холостого хода	кВт	$\Delta P_{хх}$	ГОСТ 16110-82 ГОСТ 11677-85
5.2	Потери короткого замыкания	кВт	$\Delta P_{кз}$	ГОСТ 16110-82 ГОСТ 11677-85
5.3	Ток холостого хода	%	$-I_x$	ГОСТ 16110-82 ГОСТ 11677-85
<b>6 Показатели эргономические</b>				
6.1	Уровень звука	дБА	$L_{d1a}$	ГОСТ 12.1.003-83
<b>7 Показатели технологичности</b>				
7.1	Удельная материалоемкость	кг/(кВ·А)	$m_0$	ГОСТ 27782-88
7.2	Удельная энергоемкость	кВт·ч/(кВ·А)	$w$	ГОСТ 31532-2012 (в РБ не представлен)
7.3	Трудозатраты при монтаже трансформатора	Нормо-час	$T_z$	-

телей могут несущественно отличаться от использованных в работе. Анализ технической документации трансформаторов, приведенных в таблице 1, показывает, что не все показатели, предусмотренные ГОСТ 4.316-85, даются в технической документации о трансформаторах. В частности, у всех трансформаторов отсутствуют

сведения по испытательным напряжениям (показатели 2.1 и 2.2).

В то же время согласно [7] испытания трансформаторов повышенным напряжением должны производиться при вводе в эксплуатацию и в ее процессе. Отметим, что на промышленных предприятиях количество типоразмеров силовых трансформаторов ▶

должно быть минимальным (2–3), а для снижения затрат на электроснабжение широко практикуется использование складского аварийного резерва трансформаторов. Следует учитывать, что зачисление электрооборудования в аварийный резерв без испытаний не допускается. При этом в качестве значений контролируемых параметров оборудования при вводе в эксплуатацию принимаются показатели, указанные в паспорте или протоколе заводских испытаний.

Практически для всех трансформаторов приводится срок службы  $T_{сл.п} = 25$  или 30 лет (показатель 4.1), но не указываются вероятность безотказной работы  $P(t)$  и средний срок сохраняемости  $T_c$  (показатели 4.2 и 4.3). В соответствии с [8] срок службы – это календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации трансформатора или ее возобновления после ремонта до перехода изделия в предельное состояние.

Сохраняемость – это свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способности объекта выполнять требуемые функции, в течение и после хранения и (или) транспортирования. Учитывая возможность нахождения силового трансформатора в складском резерве, срок сохраняемости  $T_c$  следует рассматривать как важный показатель качества электротехнического оборудования.

Вероятность безотказной работы  $P(t)$  представляет собой вероятность того, что отказ объекта не возникнет в пределах заданной наработки. Это важнейший показатель безотказности трансформатора, который необходим для расчета и прогнозирования надежности систем электроснабжения разнообразных объектов. Поэтому изготовителям целесообразно указывать значение данного показателя для выпускаемых трансформаторов.

Отметим, что в технической информации трансформаторов Чебоксарского электрозавода «Трансформатор» (Россия) приводятся данные по наработке на отказ. Например, для трансформаторов типа ТМ мощностью 630, 1000 и 1600 кВ·А указывается наработка на отказ не менее 630.000, 1.000.000 и 1.600.000 часов соответственно. Однако эти числа вызывают определенное недоверие, так как представляют собой номинальную мощность трансформатора, умноженную на 1000.

Нет в технической документации всех рассмотренных типоразмеров трансформаторов, приведенных в таблице 2, показателей 7.1 (удельная материалоемкость  $m_0$ ), 7.2 (удельная энергоемкость  $w$ ) и 7.3 (трудозатраты при монтаже трансформатора  $T_3$ ).

Материалоемкость является показателем расхода материалов на производство ка-

Таблица 3. Показатели массы силовых трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ

Тип трансформатора	Масса, кг, при $S_{ном}$ , кВ·А			Удельная масса, кг/кВ·А, при $S_{ном}$ , кВ·А		
	630	1000	1600	630	1000	1600
ТНЭЗ	2900	3850	5675	4,6	3,9	3,5
ТНЭЗ А	2300	3330	4820	3,7	3,3	3,0
ТМГ	1950	2890	-	3,1	2,9	-
ТМГ11	1860	2750	4250	3,0	2,8	2,7
ТМГ12	1870	2820	-	3,0	2,8	-
ТМГ15	1870	2820	-	3,0	2,8	-
ТМГ21	1700	2550	3860	2,7	2,6	2,4
ТМЗ	2650	3600	4930	4,2	3,6	3,1
ТМ	2030	2609	4520	3,2	2,6	2,8

Таблица 4. Потери холостого хода и короткого замыкания силовых трансформаторов напряжением 10/0,4 кВ

Тип трансформатора	Значение $\Delta P_x$ , кВт, при $S_{ном}$ , кВ·А			Значение $\Delta P_k$ , кВт, при $S_{ном}$ , кВ·А		
	630	1000	1600	630	1000	1600
ТНЭЗ	1,45	1,85	2,75	5,1	8,5	11,0
ТНЭЗ А	1,45	1,85	2,75	7,5	12,5	16,0
ТМГ	1,05	1,55	-	7,6	10,2	-
ТМГ11	1,1	1,4	2,15	8,7	10,8	16,5
ТМГ12	0,8	1,1	-	6,75	10,5	-
ТМГ15	0,73	0,94	-	6,75	10,5	-
ТМГ21	1,03	1,3	2,05	7,45	11,6	16,75
ТМЗ	1,25	1,9	2,65	7,9	12,2	16,5
ТМ	1,25	1,9	2,35	7,6	11,6	16,5

кой-либо продукции. Удельная материалоемкость характеризует расход материалов, необходимый для единицы полезного эффекта от использования изделия по назначению [9].

Согласно [10] абсолютные значения показателей энергоемкости изготовления продукции характеризуют затраты топлива и энергии на основные и вспомогательные технологические процессы изготовления продукции. Они выражаются в абсолютных значениях затрат энергоресурсов, приходящихся на единицу продукции. Удельное значение показателей энергоемкости изготовления продукции характеризуется отношением абсолютного значения энергоемкости этой продукции к одному из показателей, отражающих основные эксплуатационные свойства изделия. Для силовых трансформаторов удельная энергоемкость выражается в кВт·ч/(кВ·А).

Полезной информацией является предусмотренный [6] показатель, отражающий трудозатраты при монтаже силового трансформатора.

К сожалению, в каталогах трансформаторов серии ТМГ, ТМГ11, ТМГ12, ТМГ21

и ТМГ15 Минского электротехнического завода не приводится такая важная техническая характеристика, как ток холостого хода  $-I_0$ . Эта характеристика отражает потребление реактивной мощности трансформатора на намагничивание и используется при расчете систем электроснабжения.

Не для всех трансформаторов указан уровень звука  $L_{d1a}$ , дБА, при работе. В частности, в технической документации трансформаторов типа ТМЗ, ТМГ21 и ТМГ15 информация об их акустических характеристиках отсутствовала.

Важным параметром трансформатора является напряжение КЗ  $U_k$ , определяющее его стойкость при коротких замыканиях. Чем выше  $U_k$ , тем устойчивее трансформатор к токам КЗ. Согласно [11] минимальные значения  $U_k$  для трансформаторов мощностью до 630 кВ·А – 4%, 630–1250 кВ·А – 5%, 1251–2500 кВ·А – 6%.

Для силовых распределительных трансформаторов ГОСТ 4.316-85 устанавливает следующие основные показатели качества силовых трансформаторов:

1) удельная масса по отношению к номинальной мощности, кг/кВ·А (основной конструктивный показатель);

2) установленный срок службы  $T_{сл.п}$ , лет (показатель надежности, характеризующий долговечность);

3) потери холостого хода (ХХ)  $\Delta P_{х.}$ , кВт;

4) потери короткого замыкания (КЗ)  $\Delta P_{к.}$ , кВт;

5) ток холостого хода,  $-I_x$ , %.

Рассмотрим основные показатели качества силовых трансформаторов более подробно.

Удельная масса силового трансформатора, кг/(кВ·А), определяется по выражению

$$m = M / S_{ном}, \quad (1)$$

где  $M$  – полная масса силового трансформатора, кг;

$S_{ном}$  – номинальная мощность трансформатора, кВ·А.

Показатели массы для силовых трансформаторов, применяемых в системах электроснабжения промышленных предприятий, приведены в таблице 3.

Анализ приведенных в таблице 3 данных показывает, что наиболее тяжелыми являются трансформаторы типа ТНЗЭ и ТМЗ, что обусловлено особенностями их конструктивного исполнения. Трансформаторы типа ТНЗЭ имеют обмотки, выполненные из меди, а ТМЗ – более мощный бак. Это ухудшает их показатели полной  $M$  и удельной  $m$  массы. Лучшие показатели массы у трансформаторов типа ТМГ21, вторичная обмотка которых выполнена из алюминиевой фольги.

Удельная масса рассмотренных трансформаторов, за исключением типа ТМ, уменьшается с увеличением номинальной мощности трансформатора  $S_{ном}$ .

Согласно [12] важнейшими характеристиками трансформаторов, определяющими их энергоэффективность, являются потери холостого хода  $\Delta P_x$  и короткого замыкания  $\Delta P_k$ . Для рассматриваемых распределительных трансформаторов эти данные приведены в таблице 4.

При мощности 630 и 1000 кВ·А наименьшие потери ХХ имеют трансформаторы типа ТМГ15, а при 1600 кВ·А – типа ТМГ21. Минимальные потери КЗ у трансформаторов с медными обмотками типа ТНЭЗ.

Трансформаторы – основной элемент комплектных трансформаторных подстанций, для которых одним из показателей эконом-

Таблица 5. Допустимые уровни потерь по стандарту HD428

$S_{ном}$ , кВ·А	Допустимые уровни потерь холостого хода, кВт			Допустимые уровни потерь короткого замыкания, кВт		
	$\Delta P_{ха}$	$\Delta P_{хб}$	$\Delta P_{хс}$	$\Delta P_{ка}$	$\Delta P_{кб}$	$\Delta P_{кс}$
630	1,3	1,03	0,86	6,5	8,4	5,4
1000	1,7	1,4	1,1	10,5	13,0	9,5
1600	2,6	2,2	1,7	17,0	20,0	14,0

Таблица 6. Допустимые уровни потерь для принятых комбинаций

Номер комбинации	Потери ХХ и КЗ, кВт, для трансформаторов мощностью, кВ·А					
	630		1000		1600	
	$\Delta P_x$	$\Delta P_k$	$\Delta P_x$	$\Delta P_k$	$\Delta P_x$	$\Delta P_k$
1	1,3	6,5	1,7	10,5	2,6	17,0
2	1,03	8,4	1,4	13,0	2,2	20,0
3	0,86	5,4	1,1	9,5	1,7	14,0
4	1,03	5,4	1,4	9,5	2,2	14,0
5	0,86	6,5	1,1	10,5	1,7	17,0

Таблица 7. Трансформаторы, соответствующие стандарту HD 428

Тип трансформатора	Потери ХХ, кВт	Потери КЗ, кВт	Допустимые потери, кВт, для уровня энергоэффективности (номер комбинации)
ТМГ-1000	1,55	10,2	$\Delta P_{та} = 1,7 + 10,5$ (1)
ТМГ11-1000	1,4	10,8	$\Delta P_{тб} = 1,4 + 13,0$ (2)
ТМГ11-1600	2,15	16,5	$\Delta P_{та} = 2,6 + 17,0$ (1) $\Delta P_{тб} = 2,2 + 20,0$ (2)
ТМГ12-630	0,8	6,75	$\Delta P_{тса} = 0,86 + 6,5$ (5)
ТМГ12-1000	1,1	10,5	$\Delta P_{та} = 1,7 + 10,5$ (1) $\Delta P_{тб} = 1,4 + 13,0$ (2) $\Delta P_{тса} = 1,1 + 10,5$ (5)
ТМГ15-630	0,73	6,75	$\Delta P_{тб} = 1,03 + 8,4$ (2)
ТМГ15-1000	0,94	10,5	$\Delta P_{та} = 1,7 + 10,5$ (1) $\Delta P_{тб} = 1,4 + 13,0$ (2) $\Delta P_{тса} = 1,1 + 10,5$ (5)
ТМГ21-630	1,03	7,45	$\Delta P_{тб} = 1,03 + 8,4$ (2)
ТМГ21-1000	1,3	11,6	$\Delta P_{тб} = 1,4 + 13,0$ (2)
ТМГ21-1600	2,05	16,75	$\Delta P_{та} = 2,6 + 17,0$ (1) $\Delta P_{тб} = 2,2 + 20,0$ (2)
ТМ -1600	2,35	16,5	$\Delta P_{та} = 2,6 + 17,0$ (1)

ного расхода энергии являются суммарные потери силового трансформатора, определяемые согласно [6] по формуле

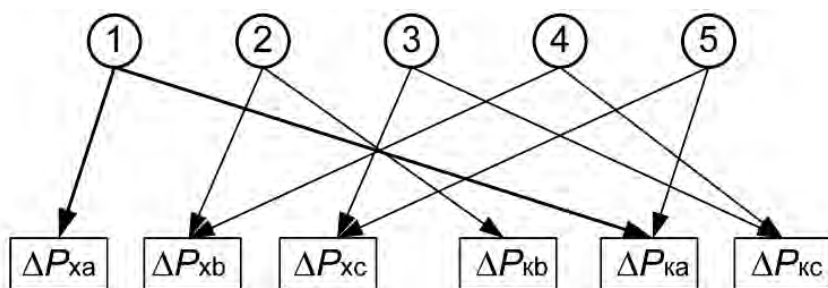
$$\Delta P_T = \Delta P_x + \Delta P_k. \quad (2)$$

Расчеты показали, что для всех рассмотренных номинальных мощностей меньшие

значения  $\Delta P_T$  имеют трансформаторы типа ТНЭЗ, большие – типа ТМГ11 при  $S_{ном} = 630$  кВ·А, ТНЭЗ А при  $S_{ном} = 1000$  и ТМЗ при  $S_{ном} = 1600$  кВ·А.

В странах Евросоюза уровень энергоэффективности масляных распределительных трансформаторов определяется стандартом HD428 «Трехфазные распределительные трансформаторы с рабочей частотой 50 Гц от 50 до 2500 кВ·А с масляным охлаждением и максимальным напряжением не выше 36 кВ» [13]. В таблице 5 приведены допустимые уровни потерь мощности КЗ и ХХ в трансформаторах мощностью 630–1600 кВ·А в соответствии с указанным стандартом. Отметим, что для трансформаторов мощностью 630 кВ·А приведены данные при напряжении КЗ  $U_k = 4\%$ .

Рисунок 1. Допустимые комбинации уровня потерь





Как видно из таблицы 5, для масляных трансформаторов определенной номинальной мощности допускаются три уровня потерь ХХ ( $\Delta P_{ха}$ ,  $\Delta P_{хб}$ , и  $\Delta P_{хс}$ ), три уровня потерь КЗ ( $\Delta P_{ка}$ ,  $\Delta P_{кб}$ , и  $\Delta P_{кс}$ ). При этом соблюдаются условия

$$\Delta P_{ха} > \Delta P_{хб} > \Delta P_{хс}; \quad (3)$$

$$\Delta P_{кб} > \Delta P_{ка} > \Delta P_{кс}. \quad (4)$$

Значения допустимых потерь мощности определяются по специальной методике с учетом погрешности измерений. Теоретически существует девять возможных комбинаций  $\Delta P_x$  и  $\Delta P_k$ . Однако норматив HD428 допускает только пять комбинаций (рисунок 1), где комбинация  $\Delta P_{та} = \Delta P_{ха} + \Delta P_{ка}$  (выделена утолщенной линией) принята за основу для сравнения.

В соответствии со схемой, показанной на рисунке 1, возможны следующие допустимые комбинации потерь ХХ и КЗ в силовых распределительных трансформаторах:

$$\Delta P_{та} = \Delta P_{ха} + \Delta P_{ка}; \quad (5)$$

$$\Delta P_{тб} = \Delta P_{хб} + \Delta P_{кб}; \quad (6)$$

$$\Delta P_{тс} = \Delta P_{хс} + \Delta P_{кс}; \quad (7)$$

$$\Delta P_{тbc} = \Delta P_{хб} + \Delta P_{кс}; \quad (8)$$

$$\Delta P_{тca} = \Delta P_{хс} + \Delta P_{ка}. \quad (9)$$

Используя данные таблицы 4, определим для рассмотренных комбинаций предельно допустимые численные значения  $\Delta P_x$  и  $\Delta P_k$  для трансформаторов мощностью 630, 1000 и 1600 кВ·А и приведем их в таблице 6.

Энергоэффективность распределительного трансформатора определяется следующими условиями:

$$\Delta P_{xi} \leq \Delta P_{xj} \quad (10)$$

$$\Delta P_{ki} \leq \Delta P_{kj}, \quad (11)$$

где  $\Delta P_{xi}$  и  $\Delta P_{ki}$  – соответственно фактические потери ХХ и КЗ  $i$ -го трансформатора,

$i = 1, \dots, n$  (здесь  $n$  – количество рассматриваемых трансформаторов);

$\Delta P_{xj}$  и  $\Delta P_{kj}$  – соответственно допустимые потери ХХ и КЗ  $j$ -й комбинации,  $j = 1, \dots, 5$ .

Сопоставим технические характеристики трансформаторов (таблица 4) с данными таблицы 9 по условиям (10) и (11) и представим результаты в таблице 7.

Для масляных силовых распределительных трансформаторов уровень  $\Delta P_{тс} = \Delta P_{кс} + \Delta P_{хс}$  (комбинация 3) имеет максимальную энергоэффективность. Ни один из рассмотренных трансформаторов не соответствует данному уровню потерь мощности. Тем не менее, приведенные в таблице 7 трансформаторы, имея меньшую энергоэффективность, соответствуют стандарту HD428.

## Выводы

1. В технической документации силовых распределительных трансформаторов разных производителей приводятся не все показатели качества, регламентированные ГОСТ 4.316-85. В частности, нет данных по испытательным напряжениям, вероятности безотказной работы, среднему сроку сохранности, показателям технологичности. Для некоторых типов трансформаторов не указывается такая важная техническая характеристика, как ток холостого хода. Для обеспечения возможности рационального выбора и повышения эффективности использования распределительных трансформаторов в технической документации следует приводить все показатели качества, предусмотренные ГОСТ 4.316-85.

2. Проведенная оценка энергоэффективности рассмотренных силовых трансформаторов показала, что в максимальной степени критериям стандарта HD428 соответствуют распределительные трансформаторы типа ТМГ12, ТМГ15 и ТМГ21. Энергоэффективными являются также трансформаторы мощностью 1000 кВ·А типа ТМГ и ТМГ11, а также мощностью 1600 кВ·А типа ТМГ11 и ТМ.

## Литература

1. ГОСТ 14209-97. Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов.

2. ТКП 45-4.04-297-2014 (02250). Электроснабжение промышленных предприятий. Правила проектирования. – Минск: Мин. арх. и строительства Республики Беларусь, 2014. – 29 с.

3. ГОСТ 11677-85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия.

4. ГОСТ 14695-97. Подстанции трансформаторные комплектные мощностью от 25 до 2500 кВ·А. Общие технические условия.

5. ГОСТ 9680-77. Трансформаторы силовые мощностью 0,01 кВ·А и более. Ряд номинальных мощностей.

6. ГОСТ 4.316-85. Система показателей качества продукции. Трансформаторы силовые, нулевого габарита, измерительные. Подстанции комплектные трансформаторные. Вводы высоковольтные. Номенклатура показателей.

7. ТКП 181-2009 (02230). Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – Минск: Минэнерго, 2009. – 326 с.

8. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

9. ГОСТ 27782-88. Материалоемкость изделий машиностроения. Термины и определения.

10. ГОСТ 31532-2012. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения.

11. ГОСТ Р 55188-2012 (МЭК 60076-5:2006). Трансформаторы силовые. Стойкость к коротким замыканиям.

12. ГОСТ 31607-2012. Энергоэффективность. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения.

13. Энергосбережение в Европе: применение энергоэффективных распределительных трансформаторов [Электронный ресурс] / Перевод с английского Е. В. Мельниковой // «Энергосбережение». – 2004. – №1. – Режим доступа: [http://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=2384](http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2384). – Дата доступа: 27.04.2017. ■

Статья поступила  
в редакцию 27.04.2017



## Самообеспечение многоквартирных домов солнечной электроэнергией

В апреле правительство Германии одобрило законопроект о государственной поддержке продажи солнечной энергии жителям дома напрямую. Ожидается, что он вступит в силу уже к концу 2017 года.

В настоящее время в стране внедряют новую модель электроснабжения квартир за счет солнечных станций, установленных на крышах многоквартирных домов. Модель Mieterstrom подразумевает потребление солнечной электроэнергии жильцами дома, на крыше которого она была сгенерирована, напрямую – без продажи в общую сеть. В программе Mieterstrom смогут принять участие не только владельцы жилья, но и квартиросъемщики.



Также она применима для солнечных установок, размещенных на коммерческих зданиях, и их арендаторов. Оператор солнечной станции, который ведет учет генерации солнечной энергии, в первую очередь будет предлагать ее для покупки жителям дома, на котором она установлена, по сниженной цене.

Программа распространяется лишь на мно-

гоквартирные дома и коммерческие здания, на которых установлены солнечные установки мощностью до 100 кВт. Таким образом, по подсчетам Немецкой ассоциации солнечной промышленности (BSW – Solar), поучаствовать в новой модели «солнечного» энергоснабжения сможет около 3 млн квартир.

[elektrovesti.net](http://elektrovesti.net)

## Страны Евросоюза собрались «похоронить» угольное производство

Энергетические компании Европы взяли на себя обязательства обеспечить углеродно-нейтральное производство электроэнергии в ЕС к 2050 году, сообщает Союз европейской электроэнергетики «EURELECTRIC», объединяющий 3500 компаний.

Это обязательство в сочетании с электрификацией других ключевых секторов, таких как отопление, охлаждение и транспорт, внесет важный вклад в достижение европейских климатических целей.

Энергетические компании не будут инвестировать в угольные электростанции с 2020 года. Под этим не подписались только представители Польши и Греции. Эти две страны подписались под первой частью заявления, взяв наряду с остальными членами ЕС обязательство обеспечить углеродную нейтральность электроэнергетики к 2050 году.

Каменный и, в особенности, бурый уголь – стратегический польский энергетический ресурс, от которого стране тяжело отказаться даже несмотря на серьезные экологические проблемы во многих регионах Польши. На основе угля производится примерно 90% польской электроэнергии.

Греческая энергетическая компания «PPC» к 2020 году достроит электростанцию мощностью 660 мегаватт на основе бурого угля в Козани. Компания также планирует построить еще одну электростанцию мощностью 350–400 МВт на основе бурого угля и ввести ее в строй в 2021 году.

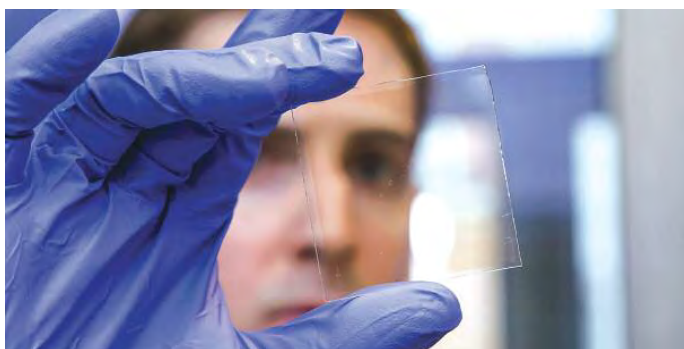
[renen.ru](http://renen.ru)

## Прозрачные солнечные элементы превращают любые стекла в «умные»

Исследователи Принстонского университета разработали уникальную технологию создания прозрачных солнечных элементов. Они поглощают ультрафиолет и, вырабатывая электроэнергию, управляют «умными» стеклами.

Превратить в «умное» можно любое стекло, поскольку гибкий и прозрачный солнечный элемент просто прикрепляется к стеклянной поверхности путем ламинирования. Исследователи во главе с профессором Принстона и директором работающего при университете Центра энергетики и окружающей среды Лин Лу сумели создать солнечный элемент, улавливающий исключительно ультрафиолетовую часть спектра солнечного света.

«Солнечный свет представляет собой смесь электромагнитного излучения, состоящего



из ультрафиолетовых лучей, видимого света и инфракрасной энергии, или тепла, – говорит она. – Мы хотели создать систему, которая за счет вырабатываемой прозрачными панелями энергии контролирует поляризацию стекла, регулируя освещение помещения и поступающее в него естественным путем тепло».

Обычные солнечные элементы, созданные из кремния, чер-

ные. Они предназначены для того, чтобы поглощать максимальное количество солнечной энергии. Созданные командой Лу солнечные панели делают это выборочно. Для этого ученые использовали органические полупроводники – производные гексабензозокоронена (сHBC). Его химическая структура модифицирована для поглощения лишь определенной части солнечного спектра.

Полученные таким образом «умные» стекла могут на 40% сокращать энергопотребление зданий, идущее на освещение, отопление или кондиционирование. «Умное» окно, оснащенное такими панелями, должно управляться приложением на смартфоне. Пользователь не только задавать параметры не только освещенности помещения солнечным светом, но и поступления инфракрасного излучения, регулируя температуру в доме.

«Наш солнечный элемент, приклеенный на лобовое стекло, не создает достаточно мощности для движения электромобиля, но он может обеспечить питание небольшое устройство, например, вентилятор для охлаждения салона электрокара, когда он припаркован на ярком солнце», – говорит профессор Лу.

*ScienceDaily, photo: David Kelly Crow*

3–31

августа  
2017 года

В Информационном центре Республиканской научно-технической библиотеки проходит тематическая выставка «Дом будущего» – энергоэффективные технологии в строительном секторе».

Среди представленных на выставке публикаций значительное место занимают такие периодические издания, как «Энергоэффективность», «Мастерская. Современное строительство», «Архитектура и строительство», «Городское хозяйство», «Наука и техника», «Охрана труда и безопасность в строительстве», «Промышленная теплотехника» и другие. Кроме того, посетители экспозиции могут познакомиться с материалами международных выставок и научно-практических конференций, а также имеют возможность поработать с любым изданием, сделать копии фрагментов материалов.

Вход свободный. Минск, проспект Победителей, 7, РНТБ (ком. 607), в будние дни с 9.00 до 17.30, тел. 203-34-80, 306-20-74.

3

сентября  
2017 года

День работников нефтяной, газовой и топливной промышленности

6–7

сентября  
2017 года

Франкфурт, Германия

EnergieEffizienz  
Messe Frankfurt

EnergieEffizienz 2017 – выставка энергоэффективных технологий.

Организатор: beewell Business Events GmbH  
www.energieeffizienz-messe.de

6–9

сентября  
2017 года

Джакарта, Индонезия  
Electric, Power & Renewable Energy Indonesia 2017 – 18-я международная выставка энергетики, производства и распределения электроэнергии, возобновляемых источников энергии Индонезии.

7–9

сентября  
2017 года

Ашхабад, Туркменистан



Turkmen Energy 2017 – 10-я Международная выставка и научная конференция.

12–15

сентября  
2017 года

Хузум, Германия  
HUSUM WIND – Международная выставка по использованию энергии ветра.

13–16

сентября  
2017 года

Джакарта, Индонезия



Oil & Gas Indonesia 2017 – 11-я Международная выставка нефтегазовой промышленности.

16

сентября  
2017 года

Международный день охраны озонового слоя

16–22

сентября  
2017 года

в Минске проводится Европейская неделя мобильности: с 16 сентября 2017 года на сайте greenbelarus.info будут доступны уникальные прогулочные аудиогиды по Минску. Организатор – товарищество «Зеленая сеть» – приглашает всех желающих посетить мероприятия.

20

сентября  
2017 года

Акция «Фрукты велосипедистам!»

22

сентября  
2017 года

«День без автомобиля»  
#carfreeday\_minsk



18:00, Минск, ул. Ленина: шоу-конкурс светящихся велосипедов «Велосипедист, дай огня!» и вечерняя велопрогулка по пр. Независимости.

Организаторы «велосипедных» мероприятий: «Минское велосипедное общество», Минский городской комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды

Тел.: +375-33-630-94-85, Анастасия Янчевская

Аудиогиды и прогулочный марафон: +375-29-129-16-10, Анна Дапшевичуце

17

сентября  
2017 года

День работников леса

19–21

сентября  
2017 года

Бангкок, Таиланд

POWER-GEN Asia 2017 – 25-я Международная конференция и выставка электроэнергетики.

На выставке будут представлены все направления энергетической и электротехнической промышленности: выработка, передача, распределение электроэнергии, энергетическое и электрическое оборудование, аппаратура, ремонт, системы автоматизации электроэнергии и др.

19–23

сентября  
2017 года

Прага, Чехия

For Therm 2017 – выставка климатического оборудования, альтернативных источников электропитания.

Организатор: компания ABF  
http://for-therm.cz

20–22

сентября  
2017 года

Шанхай, Китай

Led China 2017 – международная выставка светодиодных технологий.

Организатор: Shanghai UBM Sinoexpo International Exhibiton Co., Ltd

www.ledchina-sh.com

24

сентября  
2017 года

День машиностроителя



## РЕСПУБЛИКАНСКИЙ КОНКУРС НА СОИСКАНИЕ ПРЕМИИ ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

# «Лидер энергоэффективности Республики Беларусь-2017»

### ЧТО ПОЛУЧАЕТ ПОБЕДИТЕЛЬ КОНКУРСА?



Присвоение почетного звания «Лауреат премии «Лидер энергоэффективности» и право использования Знака конкурса



Освещение в СМИ достижений предприятия в сфере энергоэффективности



Официальное признание достижений предприятия со стороны руководителей отрасли и экспертного сообщества



Популяризация разработок предприятия в сфере энергосбережения и энергоэффективности на выставках, семинарах-презентациях.



Экспертное подтверждение экономической эффективности реализованных технических решений на предприятии на предприятии

### ПАКЕТ ПОБЕДИТЕЛЯ ВКЛЮЧАЕТ:



#### ПОЧЕТНЫЙ СТАТУС ПОБЕДИТЕЛЯ

Диплом победителя конкурса, право на использование Знака конкурса в информационно-рекламных материалах сроком на три года



#### ОФИЦИАЛЬНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЖЮРИ

Победителю выдается официальное экспертное заключение об экономической эффективности реализованных на предприятии решений и установленного энергоэффективного оборудования



#### ОФИЦИАЛЬНОЕ ПРИЗНАНИЕ

Перечень лауреатов премии и внедренных ими энергоэффективных решений публикуется в официальных изданиях, на сайте Департамента по энергоэффективности, организаторов и партнеров конкурса



#### ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ ОПЫТА НА ВЫСТАВКАХ И СЕМИНАРАХ

Распространение информации о предприятиях-победителях на республиканских выставках. Выступления предприятий-победителей на семинарах-презентациях по итогам награждения (октябрь-ноябрь 2017 г.)



#### ПУБЛИКАЦИИ О ПРЕДПРИЯТИИ В СМИ

Статьи с описанием лучших проектов в сфере энергоэффективности и реализовавших их предприятий публикуются в ведущих СМИ аудиторией свыше 1 млн чел.:

- Официальное издание - журнал «Энергоэффективность»
- Интернет-портал ЭнергоБеларусь.BY
- Интернет-портал Proektant.BY
- и еще 20+ медиаресурсов.



#### КАТАЛОГ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

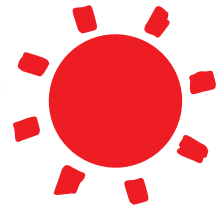
По итогам конкурса готовится к изданию официальный каталог конкурса с подробной информацией о предприятиях-победителях и реализованных ими проектах в сфере энергоэффективности. Распространение каталога – бесплатное, получатели – министерства, ведомства, заинтересованные организации (свыше 2000).

Прием заявок на участие – до 15 сентября 2017 г.

Подробная информация о конкурсе: [www.energo konkurs.by](http://www.energo konkurs.by)

22-я Международная специализированная выставка | 22<sup>nd</sup> International Specialized Exhibition

# ENERGY EXP



"Энергетика. Экология. Энергосбережение. Электро" | "Energy. Ecology. Energy Saving. Electro"



специализированная выставка технологий для нефтехимической отрасли

## XXII БЕЛОРУССКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ

# 10-13.10.2017

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



специализированная выставка "Атомэкспо-Беларусь"



специализированная выставка светотехнического оборудования "ЭкспоСВЕТ"



специализированная выставка "Водные и воздушные технологии"



специализированная выставка "ЭкспоГОРОД"

ЗАО "ТЕХНИКА И КОММУНИКАЦИИ"



тел.: (+375 17) 306 06 06, [www.energyexpo.by](http://www.energyexpo.by), [energy@tc.by](mailto:energy@tc.by)

Генеральные информационные партнеры



Генеральные интернет-партнеры

Информационные партнеры:



Официальные информационные партнеры

