

Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь



ноябрь 2020

# ЭНЕРГО

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ

ИННОВАЦИОННЫЕ  ТЕХНОЛОГИИ

*Энергоэффективная система электроотопления*

- *Управляй своим комфортом на расстоянии комната за комнатой*
- *Сезонная энергоэффективность до 40%*
- *Мониторинг энергопотребления*
- *До 2,5 часов бесплатного тепла*
- *Экономия электроэнергии до 45%*



Более подробную информацию читайте на нашем сайте [misot.by](http://misot.by)



ОДО «Оникс»  
тел.: + 375 232 29 56 95  
моб. тел.: +375 44 787 09 68  
e-mail: [onyxodo@yandex.ru](mailto:onyxodo@yandex.ru)

Беларусь – энергоэффективная страна

Стр. **2-8**

«Лидер энергоэффективности Республики Беларусь — 2020»

Стр. **10**

Перспективы создания общих рынков энергоресурсов ЕАЭС

Стр. **12**

Водородные технологии в мире и в Беларуси

Стр. **16-25**

## Ввод новых мощностей на МВТ помогает выполнить задачи госпрограммы «Энергосбережение»

В завершение Государственной программы «Энергосбережение» на 2016–2020 годы Минское областное управление по надзору за рациональным использованием ТЭР подвело итоги работы за 3 квартал 2020 года.

За январь–сентябрь показатель по энергосбережению, рассчитанный в соответствии с экономией ТЭР 85,2 тыс. т у.т., составил минус 5,1% при задании минус 3,7%. Суммарное потребление ТЭР за январь–сентябрь 2020 года по Минской области составило 1229,8 тыс. т у.т. (для сравнения, суммарное потребление ТЭР за январь–сентябрь 2019 года – 1237,7 тыс. т у.т., для расчета ЦП – 1683,6 тыс. т у.т.). Снижение потребления ТЭР составило 97,9 тыс. т у.т., темп роста потребления ТЭР – 92,6%.

Потребление котельно-печного топлива с учетом населения составило согласно отчета 12-ТЭК 1176,1 тыс. т у.т. и снижено по сравнению с аналогичным периодом прошлого года на 78,2 тыс. т у.т. (или на 6,2%). Потребление местных ТЭР и возобновляемых источников энергии – 317,5 тыс. т у.т.

Доля местных ТЭР в структуре котельно-печного топлива составила 27,0% (за январь–сентябрь 2019 года – 26,2%) при задании на 3 квартал 25,2%.

Доля возобновляемых источников энергии за январь–сентябрь составила 22,6% при задании на 3 квартал 20,1%.

Важное государственное значение придается вопросу ввода в действие теплоисточников на местных топливно-энергетических ресурсах. Внедрение технологий производства тепловой и электрической энергии, основанных на их использовании, позволяет повысить энергетическую безопасность страны в связи с увеличением доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов.

В 2020 году в соответствии с подпрограммой 2 «Развитие использования местных топливно-энергетических ресурсов, в том числе возобновляемых источников энергии» Государственной программы «Энергосбережение» в Минской области введена в эксплуатацию котельная РУП «Столбцовское ОКС» в г. Столбцы.

Ранее теплоснабжение большей части потребителей г. Столбцы обеспечивала газовая котельная, расположенная на территории и находящаяся в ведомственной



принадлежности филиала ОАО «Управляющая компания холдинга «Минский моторный завод». Теплоснабжение обеспечивалось паровым котельным оборудованием со сроком эксплуатации более 25 лет и достаточно высоким уровнем удельного расхода топлива на выработку тепловой энергии (около 162 кг у.т./Гкал). Транспорт тепловой энергии в центр тепловых нагрузок осуществлялся по магистральной двухтрубной тепловой сети преимущественно наружной прокладки диаметром 400–600 мм, что обуславливало высокий уровень потерь тепловой энергии при ее транспортировке (в среднем 20–21%), особенно при подаче ГВС в межотопительный период.

Финансирование строительства новой котельной осуществлялось из средств республиканского бюджета на финансирование Государственной программы «Энергосбережение», внебюджетного централизованного инвестиционного фонда Минэнерго и местного бюджета.

Новый теплоисточник РУП «Столбцовское ОКС» построен со значительным приближением к центру нагрузок и обеспечивает теплоснабжение жилищно-коммунальной застройки, объектов социального назначения и производственных предприятий г. Столбцы. Суммарная мощность теплоисточника 24,0 МВт. В здании котельной установлены три водогрейных котлоагрегата, работающих на МТЭР, с механизированной подачей топлива, суммарной мощностью 12,0 МВт на фрезерном торфе и два газовых водогрейных котла мощностью по 6,0 МВт каждый.

Выбранная структура котельного оборудования позволяет обеспечить эффективную работу котельной в оптимальном режиме во всем диапазоне существующих нагрузок потребителей на отопление и горячее водоснабжение как в отопительный, так и в межотопительный периоды с максимально возможным использованием МТЭР. Котельное оборудование на МТЭР обеспечивает в полном объеме теплоснабжение потребителей при температурах наружного воздуха выше минус 13–15 градусов. При более низкой температуре воздуха пиковые нагрузки потребителей закрываются совместной теплогенерацией котельного оборудования на МТЭР и газовыми котлами. Котельная оснащена современным энергоэффективным оборудованием с высоким уровнем автоматизации технологических процессов.

Ввод в эксплуатацию котельной в г. Столбцы увеличит использование местных топливно-энергетических ресурсов более чем на 3500 тонн условного топлива в год, что позволит ежегодно экономить около 2,7 миллиона кубических метров импортируемого природного газа.

Кроме того, строительство нового теплоисточника позволило ликвидировать участок магистральной теплотрассы надземной прокладки протяженностью около 1900 метров в однострубно-исчислении, что обеспечит предприятию значительное снижение потерь тепловой энергии при ее транспортировке от котельной к потребителям. Ожидаемая годовая экономия ТЭР от реализации данного мероприятия составит около 200 тонн условного топлива. ■

**А.Э. Войтко, зав. сектором производственно-технического отдела Минского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР**

Ввод в эксплуатацию котельной в г. Столбцы увеличит использование местных топливно-энергетических ресурсов более чем на 3500 тонн условного топлива в год, что позволит ежегодно экономить около 2,7 миллиона кубических метров импортируемого природного газа.



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

№11 (277) ноября 2020 г.

#### Учредители:

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

#### Редакция:

Начальник отдела Ю.В. Шилова  
Редактор Д.А. Станюта  
Дизайн и верстка В.Н. Герасименко  
Реклама и подписка А.В. Филипович

#### Редакционный совет:

**Л.В. Шенец**, к.т.н., директор Департамента  
энергетики Евразийской экономической комис-  
сии, главный редактор, председатель редакци-  
онного 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 «Строительные  
и дорожные машины» БНТУ

**С.П. Кундас**, д.т.н., профессор кафедры  
теплоснабжения 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, зав. лабораторией Института  
энергетики НАН Беларуси

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

**В.М. Овчинников**, к.т.н., профессор,  
руководитель НИЦ «Экологическая  
безопасность

и энергосбережение на транспорте» БелГУТа  
**В.М. Полохович**, к.т.н., директор Департамента  
по ядерной энергетике Минэнерго

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

#### Издатель:

РУП «Белинвестэнергоэффективность»

**Адрес редакции:** 220037, г. Минск,

ул. Долгобродская, 12, пом. 2Н.

Тел./факс: (017) 350-56-91

E-mail: [uvic2003@mail.ru](mailto:uvic2003@mail.ru)

Цена свободная.

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комис-  
сии Республики Беларусь от 10 июля 2012 г. № 84  
журнал «Энергоэффективность» включен в Перечень на-  
учных изданий Республики Беларусь.

Журнал зарегистрирован Министерством информации Ре-  
спублики Беларусь. Свид. № 515 от 16.06.2009 г. Публику-  
емые материалы отражают мнение их авторов. Редакция  
не несет ответственности за содержание рекламных мате-  
риалов. Переписка по согласованию с редакцией.

© «Энергоэффективность»

Отпечатано в ГОУПП «Гродненская типография»

Адрес: 230025 г. Гродно, ул. Полиграфистов, 4  
Лиц. № 02330/39 от 25.02.2009 г.

Формат 62x94 1/8. Печать офсетная. Бумага мелованная.  
Подписано в печать 23.11.2020. Заказ 4860. Тираж 1030 экз.

Журнал в интернет [www.bies.by](http://www.bies.by), [www.energoeffekt.gov.by](http://www.energoeffekt.gov.by)

## СОДЕРЖАНИЕ

### Вести из регионов

**Ввод новых мощностей на МВТ помогает выполнить задачи госпрограммы «Энергосбережение»**  
*А.Э. Войтко*

**9 Утилизация тепла дымовых газов на котельной агрогородка Тимоново**  
*А. Маслов*

**9 Децентрализация системы теплоснабжения на кондитерской фабрике «Витьба»**  
*Д.А. Петровский, Е.С. Боков*

**9 «Первопроходцы» тепловой модернизации с финансовым участием собственников в Глубокском районе**  
*П.Н. Дубовец*

**32 Детский сад в Ошмянах стал «Солнцеградом» после модернизации**  
*Татьяна Остроух*

**Гродненщина подводит итоги работы по энергосбережению**  
*Л.А. Кладко*

### Энергосмесь

**1, 16, 21, 25, 31 Идет создание общего рынка ЕАЭС и другие новости**

### Интервью

**2 Просчитанный взгляд на энергосбережение: интервью М.П. Малащенко**  
*Дмитрий Станюта*

### 11 ноября – Международный день энергосбережения

**6 Беларусь – энергоэффективная страна**  
*Дмитрий Станюта*

### Внимание, конкурс!

**10 Названы победители VI республиканского конкурса «Лидер энергоэффективности Республики Беларусь – 2020»**  
*energokonkurs.by*

### Евразийская экономическая комиссия

**12 Текущее состояние электроэнергетики государств – членов ЕАЭС и перспективы создания общих рынков энергоресурсов Союза**  
*Л.В. Шенец, М.К. Галустьян*

### Научные публикации

**16 Место водорода в современных энерготехнологических метасистемах. Часть 2: Водород в интегрированной энергосистеме**  
*А.В. Седнин, А.А. Абрамовский*

**22 Водородные технологии с использованием возобновляемых источников энергии как важнейший фактор низкоуглеродной трансформации мировой энергетики**  
*О.А. Кучинский*

**26 Передовые производственные технологии и их роль в энерго- и ресурсосбережении и устойчивом развитии Беларуси**  
*Л.А. Сиваченко*

## Энергосмесь

### Идет создание общего энергорынка ЕАЭС

В условиях общего рынка электроэнергии Евразийского экономического союза планируется использовать разницу в часовых поясах государств – участников ЕАЭС для снижения стоимости электроэнергии. Об этом сообщила 11 ноября во время онлайн-

брифинга помощник председателя Коллегии Евразийской экономической комиссии Ия Малкина.

«Комиссия работает над созданием общего рынка электроэнергии, – напомнила Ия Малкина. – Его запуск ожидается не позднее 1 января

2025 года. Уже заложены основы и принципы формирования, функционирования и развития этого рынка. Для этого в 2019 году главы государств ЕАЭС подписали международный договор и план мероприятий».

БЕЛТА

#### УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ!

Журнал «Энергоэффективность» входит в утвержденный ВАК Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований. Приглашаем к сотрудничеству!

**Т./ф.: (017) 350-56-91. E-mail: [uvic2003@mail.ru](mailto:uvic2003@mail.ru)**

#### УВАЖАЕМЫЕ РЕКЛАМОДАТЕЛИ!

По всем вопросам размещения рекламы, подписки и распространения журнала обращайтесь в редакцию.

# ПРОСЧИТАННЫЙ ВЗГЛЯД НА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

В преддверии принятия новой государственной программы «Энергосбережение» на 2021–2025 годы редактор журнала «Энергоэффективность» задал несколько вопросов заместителю председателя Госстандарта – директору Департамента по энергоэффективности М.П. Малашенко.



**Михаил Петрович, в чем значение Международного дня энергосбережения, отмечаемого 11 ноября?**

– Поскольку Международный день энергосбережения отмечается в двух десятках стран, для нас это – отличная возможность привлечь внимание к вопросам энергосбережения, показать достижения успешно реализуемой государственной политики в этой сфере, популяризировать экономические, экологические и социальные преимущества энерго- и ресурсосберегающего образа жизни.

В этом году с 9 по 20 ноября Департамент по энергоэффективности организовал в республике информационно-образовательную акцию «Беларусь – энергоэффективная страна».

Департамент и его территориальные органы провели целый ряд круглых столов, обучающих семинаров

для специалистов; открытые уроки и информационные часы, интеллектуальные игры и конкурсы рисунков – для детей и молодежи; мини-конкурсы для подписчиков в социальных сетях; трансляции социальной рекламы на телевизионных каналах и в общественном транспорте, уличные акции с занимательными викторинами, раздачей листовок с рекомендациями по энергосбережению в быту для населения; интервью, пресс-конференции и пресс-туры на энергоэффективные предприятия для представителей СМИ. Состоялось награждение победителей республиканского конкурса на соискание премии по энергоэффективности и ресурсосбережению «Лидер энергоэффективности – 2020». Были также организованы прямые телефонные линии, на которых специалисты ответили на волнующие граждан и организации вопросы.

**Какие вы видите главные векторы работы по энергосбережению?**

**В каких сферах и по каким направлениям эта работа даст наибольшие результаты?**

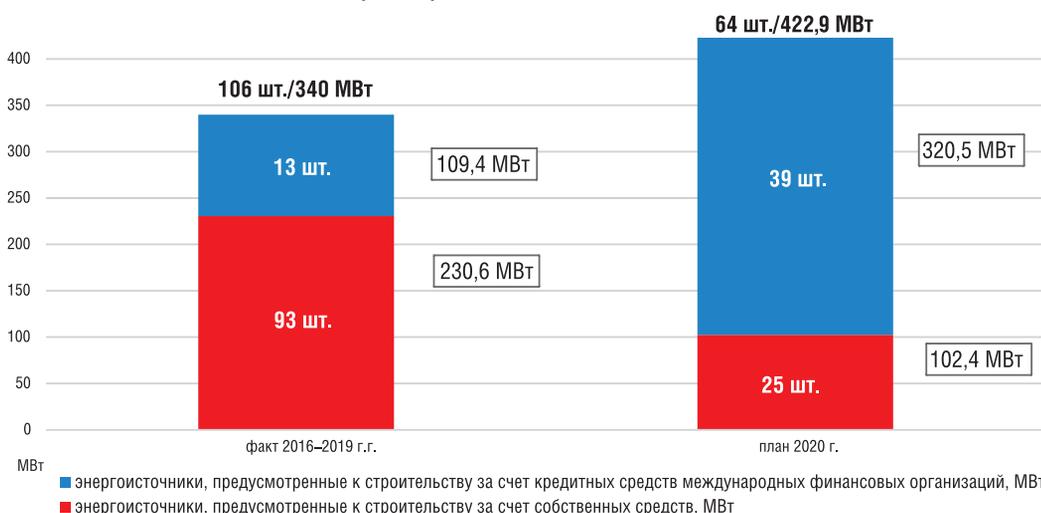
– В производственной сфере механизмы повышения энергоэффективности включаются рынком и конкуренцией. Например, на цементных заводах успешно опробовано сжигание отходов покрышек, использование торфяной сушенки и RDF-топлива. Польша давно уже использует RDF-топливо на цементных заводах, и наши «цементники» в следующем году перейдут на максимальное использование названных видов вторичного топлива.

Другое дело – жилищный фонд, то есть мы с вами. В последние десять лет аналитики и эксперты всех стран отмечают, что именно здесь лежит главный потенциал энергосбережения. В 2019 году страна потребила 59 млн Гкал тепловой энергии,

из которых 22,1 млн Гкал тепла, то есть 37% было отпущено населению. На жилищный фонд приходится примерно такой же процент электропотребления. Но наш жилой фонд на 90% неэнергоэффективен. Поэтому одно из главных направлений – экономия ТЭР в многоквартирных жилых домах.

Уже более года назад Указ Президента Республики Беларусь №327 «О повышении энергоэффективности многоквартирных жилых домов» определил условия и механизмы участия собственников жилых и нежилых помещений в финансировании энергоэффективных мероприятий по снижению потребления тепловой энергии в многоквартирных жилых домах, сокращению затрат на отопление и повышению потребительских характеристик таких домов. На финансирование теплодернизации многоквартирных домов направляются не более 10% от установленного годового объема средств, предусмотренных в местных бюджетах на капитальный ремонт жилищного фонда, средства, поступающие в местный бюджет от приватизации жилых помещений, находившихся в коммунальной собственности; это около 32 млн рублей. Много это или мало, учитывая, что многоквартирный жилфонд составляет около 180 млн кв. м? Подключено финансирование международных организаций в виде займа в рамках проек-

**Ввод в эксплуатацию энергоисточников, предусмотренных Государственной программой «Энергосбережение» на 2016–2020 годы**



та по расширению устойчивого энергопользования, успешно проходят собрания жильцов, на которых все новые собственники голосуют за включение своих домов в программу тепло-модернизации.

Еще одно актуальное направление энергосбережения связано с вводом БелАЭС. Перед лицом необходимости увеличения электропотребления нашими с энергетиками совместными усилиями была инициирована выработка нового тарифа на отопление и нагрев горячей воды при помощи электричества на электродельных в системе ЖКХ – 6,5 копеек за кВт·ч. Насколько он привлекателен, если на выработку 1 Гкал следует затратить 1160 кВт·ч? Около 75 рублей – это уже не очень привлекательно, поскольку мы строим энергоисточники на местных видах топлива, где топливная составляющая находится на уровне 30–40 рублей, а суммарная себестоимость теплоэнергии – на уровне 70–90 рублей. Тем не менее, электродомы строятся и в Минске, и в других городах, и такое жилье находит своего покупателя.

Еще один вектор энергосбережения: в стране давно и успешно эксплуатируются электрические компрессионные тепловые насосы, которые при утилизации низкопотенциальных вторичных энергоресурсов – тепла земли, про-

*Блочно-модульная котельная на МТЭР в агрогородке Кадино Могилевского района введена в эксплуатацию в 2016 году, что позволило снизить себестоимость производства тепловой энергии со 126 руб./Гкал до 73,12 руб./Гкал.*



*Установленная тепловая мощность котельной: 7,5 МВт. Здесь установлены котлы, работающие на древесной биомассе (щепе), отечественного производства единичной мощностью 3,5 МВт, 3 МВт и 1 МВт со вспомогательным оборудованием. Создано 6 рабочих мест. Простой срок окупаемости: 5,2 года.*

мышленных и коммунальных сточных вод, наружного воздуха от +5 градусов и выше. Используя 1 киловатт-час электроэнергии, тепловой насос преобразует низкопотенциальное тепло, выдавая на выходе 3 киловатт-часа тепловой энергии. Это направление мы рассмотрели в проекте новой государственной программы «Энергосбережение» на 2021–2025 годы.

У нас есть небольшие энергоисточники, которые обеспечивают теплом школы, больницы, ФАПы, клубы, сельсоветы

на периферии. Главный критерий замены таких котельных тепловыми насосами – высокая себестоимость тепловой энергии. Если она приближается к 200 рублям за гигакалорию – это причина включить энергоисточник в приложение к госпрограмме для установки там теплового насоса. Снижение себестоимости теплоэнергии до 25–30 рублей по топливной составляющей будет способствовать и сокращению перекрестного субсидирования на содержание объектов в небольших населенных пунктах.

Департамент по энергоэффективности сделал расчеты, которыми руководствовались Минэнерго и МАРТ, определив для тепловых насосов так же, как и для электродельных системы ЖКХ тариф 6,5 копеек за кВт·ч.

Мы показали, что данное направление окупаемо, эффективно и экономически всем выгодно. Если ставить электродель, то с 1 кВт·ч электроэнергии мы будем получать 1 кВт·ч тепловой энергии. Но для установки электродель необходимо усилить электросетевые объекты: увеличивать сечение линий, класс напряжения, смонтировать более мощную трансформаторную подстанцию, модернизировать распределительные устройства. Это серьезные капитальные вложения либо со стороны энергопоставляющей организации, либо со стороны потребителя. Переход же на тепловые насосы не требует усиления сетевой инфраструктуры.

Поскольку самым дорогим будет капвложение в основное оборудование, срок окупаемости для таких электрических компрессионных тепловых насосов будет составлять до пяти лет. Их эксплуатация не требует постоянного нахождения на объекте персонала, данная технология отличается возможностями дистанционного ▶

*Блочно-модульная котельная на МТЭР в н.п. Заречье Речицкого района введена в эксплуатацию в 2017 году, что позволило снизить себестоимость производства тепловой энергии со 118,93 руб./Гкал до 76,90 руб./Гкал.*



*Установленная тепловая мощность котельной: 10,8 МВт. Здесь установлены три котла, работающие на древесной биомассе (щепе), единичной мощностью 2,1 МВт, а также газовый котел мощностью 4,5 МВт отечественного производства. Создано 4 рабочих места. Простой срок окупаемости 4,5 года.*

управления, программирования, соответственно возможностью перехода на дифференцированный тариф «день – ночь». При грамотном управлении получаем целый ряд плюсов.

Да, это недешевое удовольствие: 1 кВт установленной мощности будет стоить около 1000 долларов США, что сопоставимо со стоимостью газотурбинной установки. В настоящее время узлы и комплектующие таких тепловых насосов – иностранного производства, но возможно, что развитие этого направления простимулирует внедрение отечественных разработок.

Следующее направление – утилизация низкопотенциальных ВЭР на промышленных объектах. В настоящее время мы вплотную подошли к реализации такого проекта на Светлогорском ЦКК (подробнее – см. «Энергоэффективность» №9 с.г., с. 20–29). Разработали технико-экономическое обоснование, практическое обоснование инвестиций, плотно работаем с предприятием и инвесторами. В результате установки системы теплообменников и абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов, тепло, которое сейчас сбрасывается в сбросной канал и на градирню, будет направляться на Светлогорскую овощную фабрику.

По нашим подсчетам, утилизация тепла на сбросных системах промышленных предприятий Беларуси в целом таит в себе

экономии около 3 млрд куб. м природного газа.

Мы будем продвигать и такое направление, как использование электронагрева в термических печах в связи с процессами термообработки, закалки, цементации, отпуска,ковки, где в настоящее время используется импортируемый природный газ. В целом по стране здесь

Намечая новые направления энергосбережения, мы не отходим от уже успешно реализуемого увеличения доли биотоплива (щепы) в топливном балансе.

очень серьезный потенциал увеличения электропотребления на уровне 300–400 млн кВт·ч и сокращения потребления природного газа на уровне 600 млн куб. метров. Уже реализованы небольшие проекты по замещению электронагревом, ТВЧ-нагревом индукционного нагрева в печах, где использовался природный газ. КПД таких печей лежит в диапазоне 6–20%.

Лет десять назад программа модернизации термических печей ставила задачи повышения их КПД путем замены горелок, увеличения термосопротивления, оптимизации режимов. Модернизация гальванических производств предусматривает уход в гальванике от использования пара. А сейчас мы говорим о технологии термообработки

металла, при которой электропечи, ТВЧ-печи позволяют накаливать конкретный участок заготовки конкретной глубины, провести термообработку поверхности без затрат на изделие в целом. Соответственно КПД растет в десятки раз, падают первичные затраты топлива, сокращаются трудозатраты и количество брака. Меньше затратили ТЭР, снизили объем брака – дешевле продукция.

Намечая новые направления энергосбережения, мы не отходим от уже успешно реализуемого увеличения доли биотоплива (щепы) в топливном балансе. Продолжаем мы его, прежде всего по весомым экономическим причинам: даже при нынешних тарифах на природный газ для организаций жилищно-коммунального хозяйства себестоимость гигакалории на природном газе минимум на 15% выше, чем с использованием биотоплива (щепы). А в среднем она выше на процентов 20–30. Последние объекты, которые мы вводили в эксплуатацию, в том числе в рамках международных займов, показали разницу: себестоимость теплоэнергии, выработанной на природном газе, около 120 рублей и на щепе – около 70 рублей. Но даже если бы этой разницы не было, все равно по законам экономики гигакалория, выработанная с использованием щепы, была бы на 30% дешевле для государства. В системе ЖКХ топливная составляющая в конечной се-

бестоимости теплоэнергии, вырабатываемой на природном газе, находится на уровне 63%, а с использованием биотоплива (щепы) – на уровне 34–35%, то есть почти в два раза ниже. И плата за топливную составляющую природного газа идет ПАО «Газпром» Российской Федерации, а при использовании МВТ – в отечественное ПЛХО, лесхоз, бригаду, заготавливающую топливо для котельных ЖКХ.

Второй момент: в себестоимости теплоэнергии, вырабатываемой на природном газе, доля зарплаты персонала – на уровне 9–9,5%, а при использовании биотоплива – 13,5%. Во втором случае выше на 2% доля налоговых отчислений на социальные цели, на 1,5% выше общая доля налогов. При использовании на котельной МВТ практически вдвое больше амортизационные отчисления. А это отчисления на эксплуатируемое оборудование, это заложенные в стоимость гигакалории деньги, которые вложены в этот бизнес. В 99,9% случаев для котельных на МВТ закупается оборудование белорусского производства. Стимулируя отечественного производителя котельного оборудования, мы создаем целую цепочку: оборудование – заготовка – транспортировка – производство – и все это новые рабочие места, зарплата, налоги. Все эти деньги остаются в стране, они пополняют бюджет – республиканский или местный.

*Год назад вы оценивали неиспользуемый потенциал древесной биомассы в нашей стране в 1 миллион тонн. В некоторых районах и областях Беларуси на МВТ переведено более 90% котельных...*

– Увеличение доли МВТ в балансе ТЭР – это вклад в повышение не только энергетической, но и экономической безопасности Республики Беларусь. Для Департамента по энергоэффективности Госстандарта на первом месте стоит финансово-экономическая выгода как для производителя, так и для потребителя тепловой и электрической энергии. Сам принцип использования мест-

*Блочно-модульная котельная на МТЭР по ул. Советской, 109 в г. Кобрине введена в эксплуатацию в 2019 году, что позволило снизить себестоимость производства тепловой энергии с 89,8 руб./Гкал до 54,0 руб./Гкал.*



*Установленная тепловая мощность котельной: 12 МВт. Здесь установлены три котла, работающие на древесной биомассе (щепе), отечественного производства единичной мощностью 4 МВт. Создано 6 рабочих мест. Простой срок окупаемости: 4,3 года.*

ных топливно-энергетических ресурсов определяют финансы. Конечно, все это повышает нашу энергетическую и экономическую безопасность.

**Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 годы ставила перед нами задачу довести долю местных ТЭР в валовом потреблении ТЭР к 2021 году до 16%. Будет ли эта задача выполнена?**

– Однозначно этот показатель будет выполнен, мы оцениваем его на уровне порядка 16,5%. Но главное не проценты, а то, что это экономически выгодно для всех: для населения, для ЖКХ, для местных властей и для государства в целом. Это выгодно в квадрате, когда государство создает новые рабочие места, снижает импорт энергоресурсов за валюту, растут налоговые поступления, снижается социальная напряженность, отток людей из малых населенных пунктов. Когда есть работа, есть зарплата – зачем куда-то ехать?

**Как вы оцениваете выполнение других главных показателей завершаемой госпрограммы «Энергосбережение»?**

– Мы уверены, что за подходящую к концу пятилетку мы получим экономию не менее 5 млн т. у. т., снижение энергоемкости ВВП на 0,7%, выполним, и с небольшим превышением, показатели по доле местных ТЭР и ВИЭ. Но пандемия вызвала экономический спад во всем мире, и это особенно ярко отражается на проектах, реализуемых в Беларуси с участием иностранных специалистов. Например, пока не готовы направить к нам своих сотрудников китайские корпорации...

**Что в рамках реализации Государственной программы «Энергосбережение» на 2016–2020 годы удалось сделать по развитию ВИЭ?**

– К началу третьего квартала текущего года введено в эксплуатацию 280,5 МВт установок ВИЭ, производящих «зеленую» электроэнергию.

В добавление к этому в настоящее время уже выданы технические условия на строительство и присоединение

*Блочно-модульная котельная на МТЭР в г. Червене на базе котельной «Групповая» введена в эксплуатацию в 2019 году, что позволило снизить себестоимость производства тепловой энергии со 110,0 руб./Гкал до 68,0 руб./Гкал.*



*Установленная тепловая мощность котельной: 18,0 МВт. Здесь установлены котлы, работающие на древесной биомассе (щепе), единичной мощностью 5,0 МВт (2 шт.); 2,0 МВт (1 шт.) и котлы, работающие на природном газе, единичной мощностью 3,0 МВт (2 шт.). Создано 15 рабочих мест. Простой срок окупаемости: 4,7 года.*

электрогенерирующих мощностей порядка 250 мегаватт ВИЭ. Сюда входят инвестпроекты в рамках заключенных с исполкомами договоров, выделенные (уже распределенные) квоты и те квоты, которые еще будут выделены в течение трех лет, а также те ВИЭ, которые уже на выходе. Например, Чериков – 109 МВт.

Указ Президента закрепил, что для строительства энергоисточника на ВИЭ для собственных нужд предприятия согласования и получения квот не требуется. По состоянию на 01.07.2020 суммарная установленная электрическая мощность установок по использованию ВИЭ в стране составляла 492 МВт, что почти в пять раз превышает этот же показатель шестилетней давности. Ожидаем, что к 2023 году установленная электрическая мощность ВИЭ достигнет 681 МВт, что позволит заместить 269 тыс. т у. т. (котлы на биомассе дадут экономии 102 тыс. т у. т., биогазовые комплексы – 39 тыс. т у. т., ГЭС – 46 тыс. т у. т., солнечные станции – 38 тыс. т у. т., ветроустановки – 44 тыс. т у. т.).

Мировые тренды указывают на то, что ВИЭ развиваются более высокими темпами, чем углеродная генерация: заключаются долгосрочные договоры на производство и отпуск электрической энергии от фотоэлектрических станций на уровне 3–3,5 центов США за киловатт-час. Притом что топливная со-

ставляющая производства электрической энергии при льготных тарифах на природный газ для энергоснабжающих организаций «Белэнерго» – на уровне 4,01 цента. То есть мы видим, что в ценовом плане ветровая и солнечная генерация уже опережают традиционную генерацию, но пока еще уступают ей по надежности и прогнозированию выдачи мощности.

Думаю, что через два года, через пять лет будут изобретены совершенно новые технологии накопления электроэнергии. Ведь есть уже суперконденсаторы, которые из года в год будут дешеветь и становиться все более доступными, они успешно интегрируют стохастические ВИЭ в распределенную энергосистему и решат глобальную проблему энергообеспечения. Углеродные энергоисточники войдут в историю энергетики, а сами углеводороды станут исключительно сырьем для химической промышленности.

**Мы беседуем в дни, когда БелАЭС начала выдавать первые миллионы киловатт-часов электроэнергии в энергосистему. На пресс-конференциях вас периодически спрашивают, не являются ли в Беларуси конкурентами АЭС и ВИЭ. Ваш ответ сейчас не поменялся?**

– И АЭС и ВИЭ отличаются нулевыми выбросами в атмосферу при генерации. И АЭС и ВИЭ экологически безопасны, они дополняют друг друга. Углеродод-

ная генерация поначалу будет исполнять роль резервной, а затем утратит и эту роль в силу развития систем хранения энергии. И АЭС и ВИЭ своим развитием уменьшают долю углеводородной генерации в энергобалансе и в конечном счете смогут полностью ее исключить.

**В ЕС принята стратегия развития водородной отрасли до 2050 года, в России – также ряд программных документов по водородному топливу. Насколько водород актуален для Беларуси?**

– При современных технологиях нет проблем производить водород. Но для развития водородного тренда в Беларуси необходимо иметь новые материалы для изготовления безопасных и легких систем хранения и транспортировки водорода. Европа декларирует в ближайшие десять лет полностью перевести легковой транспорт на электротягу. Если будет изобретен новый материал для хранения и транспортировки водородного топлива, возможно, Европа и мы в том числе переживем эпоху электромобиля за десятилетие.

**Большое спасибо за интервью, и давайте пожелаем друг другу, чтобы появление и стремительное развитие новых технологий каждый день подсказывало бы нам новое направление и способы эффективного энергопользования и энергосбережения.**

# БЕЛАРУСЬ – ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СТРАНА

В двенадцатый раз в Республике Беларусь отметили Международный день энергосбережения.

Основная цель Дня энергосбережения, учрежденного в 2008 году участниками международного проекта SPARE (Школьный проект по использованию ресурсов и энергии), – привлечь внимание властей и общественности к проблемам рационального использования ресурсов и развития возобновляемых источников энергии, к возможностям энергетики снизить загрязнение окружающей среды. Кроме того, энергосбережение выгодно экономически. Мероприятия по экономии энергоресурсов в два с половиной-три раза дешевле, чем производство и доставка потребителям такого же количества вновь полученной энергии. Тем более что самые простые и элементарные меры энергосбережения доступны каждому и повсеместно могут быть применены в быту.

В Международный день энергосбережения во всех странах, где отмечается этот праздник, проходят мероприятия, направленные на информирование людей о способах энергосбережения и существующих возобновляемых источниках энергии, о важности экономии энергии. Уже более 25 лет уполномоченным республиканским органом государственного управления в сфере энергосбережения и развития возобновляемых источников энергии является Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь. Департаментом по энергоэффективности Госстандарта успешно ведется широкомасштабная разъяснительная работа с населением и прежде всего с детьми, направленная на повсеместную экономию топливно-энергетических ресурсов, повышение культуры энергопотребления. Благодаря этому парадигма энергосбережения прочно закрепилась в психологии жителей страны.

В числе десятков мероприятий, в День энергосбережения представители руководства Департамента по энергоэффективности провели и онлайн-конференцию «Беларусь – энергоэффективная страна» в пресс-центре БЕЛТА.



## Энергоемкость ВВП как важнейший показатель

«Энергетический потенциал страны должен обеспечивать темп роста экономики в соответствии с основными показателями социально-экономического развития, поэтому повышение энергоэффективности экономики – одна из приоритетных задач государства. Ни для кого не секрет, что при росте валового внутреннего продукта на 1% увеличение топливно-энергетических ресурсов составляет 0,3%. Повышение эффективного использования энергетических ресурсов – крайне важные действия, направленные на решение насущных проблем, связанных в том числе и с изменением климата, экономическим развитием и энергетической безопасностью, с которыми сталкиваются многие страны», – отметил на пресс-конференции заместитель председателя Госстандарта – директор Департамента по энергоэффективности Михаил Машенко.

По данным Международного энергетического агентства в 2018 году энергоемкость ВВП Беларуси составила 0,15 т нефтяного эквивалента на 1 тыс. долл. США ВВП по паритету покупательной способности в ценах 2015 года и снижена более чем в два раза по отношению к 2000 году. По уровню энергоемкости ВВП Республика Беларусь приблизилась к Финляндии и обогнала Канаду – страны со схожими климатическими условиями. Вместе с тем энергоемкость ВВП в Республике Беларусь остается в 1,4 раза выше среднего мирового уровня. Чтобы не допустить роста этого показателя, необходимо планомерно проводить политику энергосбережения, повышения энергоэффективности и вовлечения в топливно-энергетический баланс возобновляемых источников энергии.

Основным инструментом проведения энергосберегающей политики в республике является разработка и реализация республиканской (в настоящее время – государствен-

ной) пятилетней программы, региональных и отраслевых программ энергосбережения. На каждые пять лет, начиная с 1996 года, разрабатывалась и реализовывалась республиканская программа энергосбережения. В настоящее время это Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 годы. Ежегодно за счет реализации таких программ экономится от 5 до 7,7 млн т у.т. Задача на 2016–2020 годы – сэкономить не менее 5 млн т у.т., чтобы с учетом роста ВВП, ввода в эксплуатацию БелАЭС не увеличить энергоёмкость ВВП. Для выполнения этой задачи экономия достигается по разным направлениям: внедрение в производство современных энергоэффективных и повышение энергоэффективности действующих технологий, процессов, оборудования и материалов в производстве; оптимизация схем теплоснабжения; внедрение автоматических систем управления освещением и энергоэффективных осветительных устройств, секционного разделения освещения; увеличение использования местных ТЭР; повышение эффективности работы котельных и технологических печей; увеличение термосопротивления ограждающих конструкций зданий, сооружений и жилищного фонда. Сюда входят и модернизация технологий промышленного сектора, энергоисточников ЖКХ.

### Местные топливно-энергетические ресурсы

Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 годы ставила целью «создание энергоисточников, использующих местные ТЭР (древесное и торфяное топливо, горючие отходы), тепловой мощностью около 680 МВт». В частности, за последние 15 лет из 3,8 тысячи энергоисточников в системе ЖКХ в стране было переведено на местные виды топлива – в основном это древесная щепа и торф – порядка 2,7 тысячи энергоисточников. Успешно выполняется задача обеспечить долю местных ТЭР в валовом потреблении ТЭР в 2020 году не менее 16%. На период 2021–2025 годов в рамках новой государственной программы в сфере энергосбережения предусматривается ввод в эксплуатацию энергоисточников на древесном топливе суммарной тепловой мощностью порядка 500 МВт, что позволит заместить порядка 200 тыс. т у.т., или 174 млн куб. м импортируемого природного газа.

В настоящее время в Беларуси за счет займа Всемирного банка в размере 90 млн долларов США реализуется проект по использованию древесной биомассы для централизованного теплоснабжения. В рамках проекта «Использование древесной биомассы для централизованного теплоснабжения» осуществляется строительство (реконструкция) 20 котельных

организаций жилищно-коммунального хозяйства с обеспечением использования на них древесного топлива (13 основных объектов и 7 дополнительных). Реконструкция основных объектов проекта позволит обеспечить замещение импортируемого природного газа местным древесным топливом и, как следствие, экономию потребления природного газа в объеме 51 млн 154 тыс. куб. м в год, а также повысить надежность тепло- и электроснабжения потребителей. В настоящее время завершены работы на 13 объектах проекта, выполняются работы по строительству (реконструкции) еще 7 котельных.

### Возобновляемая энергетика

Практически все страны мира сегодня имеют и реализуют свои долгосрочные стратегии, цели и задачи развития использования возобновляемых источников энергии, что обусловлено необходимостью замещения использования импортируемых видов ископаемого топлива и выполнения обязательств по Парижскому соглашению о сокращении выбросов парниковых газов. Мировое сообщество переживает исторический момент, когда технологии по использованию возобновляемых источников энергии становятся дешевле традиционных технологий использования ископаемого топлива.

В Беларуси для расширения производства электрической и тепловой энергии из ВИЭ сформирована долгосрочная политика развития ВИЭ, учитывающая структуру и тенденции изменения прогнозного топливно-энергетического баланса. Доля ВИЭ в валовом потреблении ТЭР в 2019 году составила 7,1% и увеличилась по сравнению с 2010 годом на 1,7%. За январь – сентябрь 2020 года она составила 6,8%.

В рамках реализации госпрограммы в Республике Беларусь к началу третьего квартала текущего года было введено в эксплуатацию 280,5 МВт установок ВИЭ.

На 01.10.2020 в стране действовали установленки ВИЭ установленной электрической мощностью 492 МВт:

- 80 фотоэлектрических станций (ФЭС) мощностью 159,45 МВт. Крупнейшая – Речицкая ФЭС ПО «Белоруснефть» – 56 МВт;
- 53 гидроэлектростанции (ГЭС) мощностью 96,1 МВт. Крупнейшие – Полоцкая (21,6 МВт) и Витебская (40 МВт) ГЭС введены в эксплуатацию в 2017 году;
- 101 ветроэнергетическая установка (ВЭУ) мощностью 109 МВт. Крупнейшие ветропарки: 6 объединенных ВЭУ – Новогрудский р-н; 9 МВт, РУП «Гродноэнерго»,

9 ВЭУ ООО «Газосиликат-люкс» (9 МВт, д. Пудовня, Дрибинский р-н, Могилевская область);

– 29 биогазовых комплексов мощностью 38,07 МВт. Крупнейший в СПК «Рассвет им. Орловского» – 4,8 МВт;

– 10 мини-ТЭЦ на древесном топливе электрической мощностью порядка 89,5 МВт.

В структуре ВИЭ 97% у нас занимает использование биомассы в основном древесного топлива и только около 3% – энергия воды, ветра и солнца.

Общая мощность установок на возобновляемых источниках энергии с учетом объектов возобновляемой энергетики, строящихся по инвестиционным договорам, к концу 2022 года, как ожидается, составит 681 МВт.

После ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС в 2021–2025 годах возобновляемая энергетика продолжит устойчиво развиваться с акцентом

на распространении технологий использования ВИЭ для собственных нужд в секторах «здания» и «промышленность», на транспорте и в сельском хозяйстве, интеграции ВИЭ в энергосистему за счет развития «умных» сетей, применении технологий аккумуляции электрической и тепловой энергии. Новым направлением использования возобновляемой энергии в ближайшее время станет использование энергии твердых коммунальных отходов.

### Международное финансирование и сектор зданий

Финансирование энергосберегающих проектов из государственного и местных бюджетов сокращается. Все в большей степени эта задача решается за счет собственных средств предприятий. Ярким примером выгодного для страны финансирования в сфере энергосбережения также являются займы, предоставляемые Всемирным банком.

В нынешнем году начата реализация международного займа в рамках пятилетнего Проекта по расширению устойчивого энергопользования, который охватит 35 котельных ЖКХ и 249 жилых многоквартирных домов, нуждающихся в тепломодернизации, в Гродненской и Могилевской областях.

Указом №327 «О повышении энергоэффективности многоквартирных жилых домов» предусмотрена возможность жильцам провести тепловую модернизацию дома, получив рассрочку оплаты до 10 лет и до 50% безвозмездной субсидии от государства. Согласно документу тепловую модернизацию дома можно провести, если такое решение ▶

добровольно голосованием примут собственники жилья на общем собрании. Под действие указа первыми подпадают дома, которые стоят в очереди на капремонт. Это позволяет обеспечить синергетический эффект и сэкономить средства: одновременно проводятся капитальный ремонт и тепловая модернизация. Как сообщил на пресс-конференции начальник отдела научно-технической политики и внешнеэкономических связей Департамента по энергоэффективности Госстандарта Андрей Миненков, расход тепла в таком теплоизолированном доме может быть снижен на 37%. По информации Департамента по энергоэффективности, решение провести тепловую модернизацию за свой счет в 2021 году приняли жильцы 9 домов. В том числе три дома в Брестской области, один в Гродненской области, два дома в Минске и три в Могилеве, отметил руководитель департамента. Михаил Малашенко сообщил, что в Могилевской области уже проведена термореновация одного дома, по двум другим домам вопрос находится в стадии реализации.

Строительство электрифицированного многоквартирного жилья открывает новые возможности использования электроэнергии, которую будет вырабатывать БелАЭС. В этом году в стране должно появиться

К 2026 году снижение энергоёмкости ВВП запланировано не менее чем на 7% к уровню 2020 года. Долю ВИЭ в валовом потреблении ТЭР к 2026 году намечено довести до 8%.

135 тыс. квадратных метров жилья, отапливаемого с помощью электричества. При сохранении объема ввода такого жилья на уровне 3,5 тыс. кв. м в год и с условием перевода на использование электроэнергии для нужд отопления и горячего водоснабжения жилых зданий, удаленных от систем централизованного теплоснабжения, прогнозируемое ежегодное увеличение электропотребления к 2025 году может составить порядка 370 млн кВт·ч в год. В планах на ближайшие пять лет – строительство электрифицированных районов многоквартирной жилой застройки, внедрение новых технологий, которые будут использовать электрическую энергию в том числе для отопления в небольших населенных пунктах, а также перевод технологических циклов с использования природного экспортного газа на электротехнологии.

Как рассказал начальник отдела научно-технической политики и внешнеэкономических связей Департамента по энергоэффективности Госстандарта Андрей Миненков, прорабатывается вопрос привлечения кредитных ресурсов МБРР в размере до 60 млн долларов США для реализации совместного проекта по повышению энергоэффективности объектов социальной сферы (общественных зданий). Средства, которые будут сэкономлены

в результате проведения энергоэффективных мероприятий на объектах социальной сферы, будут резервироваться на специальные счетах, накапливаться и в последующем опять направляться на реализацию новых энергосберегающих мероприятий. На первом этапе такой проект рассматривается для реализации в Минской области, и в случае его успешности он будет распространен на всю республику.

### Примеры крупных энергосберегающих мероприятий

Все организации – потребители ТЭР обязаны реализовывать энергосберегающие мероприятия в рамках индивидуальных и отраслевых планов по выполнению показателей экономики ТЭР. За последние годы можно привести множество примеров крупных и эффективных энергосберегающих мероприятий.

В 2020 году ЗАО «Холдинговая компания «Пинскдрев» ввело в эксплуатацию энергетический комплекс, работающий на древесных отходах от собственных производств. Это позволит сэкономить около 9 млн куб. м природного газа в год и принесет экономии более 2,3 млн долларов в год.

В 2020 году филиал РУП «Могилевэнерго» Бобруйская ТЭЦ-2 реализовала энергосберегающее мероприятие «Установка газового подогревателя сетевой воды на котлоагрегате БКЗ-210-140 ст. №2», что позволит экономить порядка 1750 т у.т., или 525 тыс. руб. в год.

За 2017–2019 годы в ОАО «Моготекс» реализовано 27 энергоэффективных мероприятий, основные из которых – замена конденсатоотводчиков на современные энергоэффективные, замена люминесцентных ламп на светодиодные, станция автоматического контроля насоса на водозаборе «Днепр», замена тепловой изоляции паропроводов от мини-ТЭЦ, повышение эффективности технологий отделки тканей, внедрение линии по дублированию тканей мембраной с общим суммарным экономическим эффектом 7,3 тыс. т у.т., что сэкономило более 10% суммарного потребления ТЭР этим производством за трехлетний период.

На Мозырском НПЗ в процессе модернизации будет построена газотурбинная установка на бензином газе мощностью 34 мегаватта.

На «Гродно Азот» только на вторичных тепловых энергоресурсах планируется построить около 80 мегаватт энергогенерирующих мощностей и при этом за счет мо-

дернизации и повышения эффективности имеющихся технологий, путем установки противодавленческих паровых турбин полностью отказаться от использования природного газа.

### Планы в рамках новой госпрограммы

Департамент по энергоэффективности Госстандарта сформировал проект Государственной программы «Энергосбережение» на 2021–2025 годы. Проект новой госпрограммы проходит процедуру согласования со всеми заинтересованными сторонами. Об этом на онлайн-конференции «Беларусь – энергоэффективная страна» в пресс-центре БЕЛТА сообщил начальник производственно-технического отдела Департамента по энергоэффективности Госстандарта Александр Даниленко. По проекту документа уже получено заключение постоянной межведомственной комиссии по госпрограммам, даны рекомендации. Практически все заказчики госпрограммы согласовали проект.

Основные цели новой программы – повышение энергетической самостоятельности страны за счет увеличения в структуре топливно-энергетических ресурсов местных видов топлива, увеличение использования энергии ветра, солнца и естественного потока воды, повышение энергоэффективности для обеспечения роста ВВП без значительного увеличения валового потребления топливно-энергетических ресурсов, которое объективно обусловлено вводом в эксплуатацию АЭС. К 2026 году снижение энергоёмкости ВВП запланировано не менее чем на 7% к уровню 2020 года. Долю ВИЭ в валовом потреблении ТЭР к 2026 году намечено довести до 8%.

На реализацию новой госпрограммы планируют направить около 4,2 млрд рублей, в том числе из республиканского бюджета будет выделено примерно 288 млн рублей, из местных бюджетов – около 1 млрд рублей, собственных средств организаций – 2,2 млрд рублей, кредитных ресурсов – 472 млн рублей, а за счет иных источников финансирования – около 230 млн рублей.

«Энергоёмкость – это не самоцель. Первое и самое главное – это увеличение заработной платы работников производств. А для того чтобы была возможность увеличить заработную плату, необходимо где-то экономить. Самое слабое место – это энергоресурсы. Основная задача на ближайшую пятилетку – снизить энергоёмкость ВВП и тем самым увеличить заработную плату, реальные доходы населения и двигаться дальше в этом правильном направлении», – резюмировал Михаил Малашенко. ■

Дмитрий Станюта

## Утилизация тепла дымовых газов на котельной агрогородка Тимоново

В соответствии с Государственной программой «Энергосбережение» на 2016–2020 годы в декабре 2018 года Климовичское УКП «Коммунальник» провело реконструкцию котельной аг. Тимоново с вводом новых котлов и другого топливоиспользующего оборудования, работающего на местных топливно-энергетических ресурсах.

В Могилевской области установка утилизатора тепла дымовых газов конденсационного типа на дымовой трубе от котлов не является новинкой, однако на котлах, работающих на древесной биомассе (щепе топливной), применяется первый и пока единственный утилизатор такого типа. Утилизатор имеет компактные размеры, что позволило установить его внутри котельного зала.



Первый год эксплуатации оборудования позволил заместить от 9% до 11% вырабатываемой в котельной тепловой энергии «бесплатным» теплом. Т.е. каждая десятая гигакалория, выработанная котельной, была получена без использования топлива на ее производство.

В среднем за сутки выработка тепловой энергии за счет использования тепла дымовых газов составила не менее 1,5 Гкал, или 0,063 Гкал/час. Полученная тепловая энергия используется для подогрева обратной сетевой

воды перед ее подачей в котел на 2°C.

Реконструкция котельной «Тимоново» позволила получить экономии топлива (щепы) в размере 63,4 т у.т. за отопительный сезон 2019–2020 годов и снизить себестоимость гигакалории тепловой энергии со 104,8 руб. (декабрь 2018 года) до 91 руб. (декабрь 2019 года). ■

**А. Маслов, заместитель начальника Могилевского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР**

## Децентрализация системы теплоснабжения на кондитерской фабрике «Витьба»

В сентябре 2020 года на ГП «Кондитерская фабрика «Витьба» в рамках реализации энергосберегающего мероприятия по результатам проведенного энергоаудита произведена децентрализация системы теплоснабжения транспортного цеха и ремонтно-механического участка с ликвидацией длинных тепловых трасс.

В настоящее время мини-котельная готова к работе в осенне-зимний период.

Построен новый локальный источник тепла в здании ремонтно-механического участка с монтажом двух котлов установленной мощностью 90 кВт каждый. Наружная теплотрасса заменена на под-

земную с использованием ПИ-трубы, а старая незадействованная теплотрасса общей протяженностью 968 метров ликвидирована.

За счет реализации данного мероприятия снизится нагрузка на основную котельную, что позволит в дальнейшем провести ее модернизацию для обеспечения снижения расхода электроэнергии, необходимой для производства и транспорта тепловой энергии.

Условно-годовой экономический эффект от реализации данного мероприятия составляет 30,4 т у.т. со сроком окупаемости в 4,5 года. Оценить фактическую экономию возможно будет в процессе дальнейшей эксплуатации мини-котельной. ■

**Д.А. Петровский, зав. сектором инспекционно-энергетического отдела Витебского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР,**  
**Е.С. Боков, начальник ЭТУ ГП «Кондитерская фабрика «Витьба»**



## «Первопроходцы» тепловой модернизации с финансовым участием собственников в Глубокском районе



С момента подписания Президентом Республики Беларусь Указа №327 «О повышении энергоэффективности многоквартирных жилых домов» прошло уже более года. Документом определяются условия и механизмы участия собственников жилых и нежилых помещений в финансировании энергоэффективных мероприятий по снижению потребления тепловой энергии в многоквартирных жилых домах, сокращению затрат на отопление и повышению потребительских характеристик таких домов.

Согласно Указу решение о проведении названных мероприятий на добровольной основе принимает общее собрание участников совместного домовладения, если за него проголосовали собственники, обладающие более чем двумя третями голосов.

Так, в Глубокском районе Витебской области появились «первопроходцы», которые пошли на такой шаг и приняли решение об участии в тепловой модернизации.

Восьмиквартирный двухэтажный жилой дом 1965 года постройки общей площадью 313 кв. м расположен по ул. Центральная в н.п. Ломаша Глубокского района. В августе 2020 года в данном жилом доме произведен капитальный ремонт. В рамках капитального ремонта реализованы работы по замене входных дверей, оконного проема на лестничной площадке, систем водоснабжения и водоотведения (канализации), замене и утеплению кровли и др.

Работы по тепловой реабилитации планируется начать в марте и закончить в мае 2021 года. В настоящее время ведется разработка проектно-сметной документации. Источником финансирования энергоэффективного мероприятия являются средства, поступающие в местный бюджет от приватизации жилых помещений, в объеме около 52 тыс. рублей.

По предварительным расчетам, ежемесячные платежи жильцов каждой квартиры увеличатся приблизительно на 28 рублей на последующие 10 лет. ■

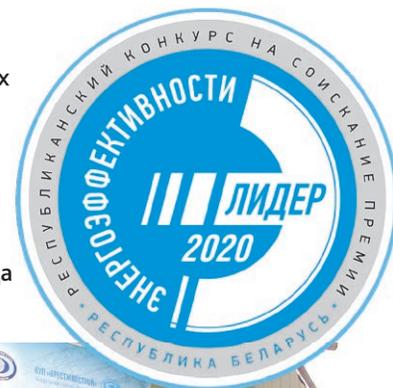
**П.Н. Дубовец, заместитель начальника инспекционно-энергетического отдела Витебского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР**

# НАЗВАНЫ ПОБЕДИТЕЛИ РЕСПУБЛИКАНСКОГО КОНКУРСА «ЛИДЕР ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ – 2020»

Накануне Международного дня энергосбережения состоялась церемония награждения лауреатов-победителей VI республиканского конкурса «Лидер энергоэффективности Республики Беларусь – 2020». В награждении победителей с вручением дипломов и памятных знаков приняли участие почетные гости – представители Госстандарта, Национальной академии наук Беларуси, Департамента по энергоэффективности, организаторы конкурса, члены наблюдательного и экспертного советов и др.

Впервые мероприятие было проведено в формате онлайн.

Также впервые экспертами был присужден высший знак отличия конкурса – гран-при. Его обладателем стало РУП ПО «Белоруснефть». На конкурсе предприятие побеждало не первый год. Но если ранее это были проекты с использованием ВИЭ, то в этом году награда была вручена за внедрение сети зарядных станций (бренд «Malanka»).



## Статистика

**Всего в 2020 году:** подавалось 34 заявки, 6 из них (18%) были отклонены.

**Победителями в 2020 году стали** 25 предприятий с 28 заявленными продуктами по 6 номинациям:

Энергоэффективный продукт года – 21%,  
Энергоэффективная технология года – 54%,

Энергоэффективное здание года – 3%,  
Цифровая трансформация, автоматизация, «умные» технологии – 7%,

Использование электрической энергии для повышения эффективности энергосистемы Беларуси – 11%,

Технологии и проекты года на основе возобновляемых источников энергии – 4%.

9 предприятий получили почетные дипломы конкурса.

## Побед много не бывает

Лауреатами-победителями конкурса «Лидер энергоэффективности» стали реальные лидеры, которые являются своеобразными маяками в реализации и популяризации принципов энергоэффективности и ресурсосбережения. Половина победителей – новички, половина – не первый год участвуют в конкурсе.

Некоторые предприятия представили на конкурс несколько заявок.

**ОАО «Беларуськалий»** победило в двух номинациях с двумя технологиями и одним продуктом. В результате реализации проекта на трех технологических секциях при производстве минеральных удобрений на базе третьего рудоуправления годовая экономия составила свыше 2000 тонн условного топлива, удельный расход электроэнергии на 1 т продукции снизился примерно на 1,5%, увеличилась производительность 9 технологических секций, уменьшилось потребление



электроэнергии на освещение, ориентировочное на 62%.

Две победы в этом году одержало **ООО «Институт горной электротехники и автоматизации»**. Это многофункциональная инженеринговая компания, имеющая опыт работы над сложными проектами. Она выполняет комплексные проекты «под ключ»; научно-исследовательские и проектные работы в горнодобывающей и химической промышленности; занимается изготовлением электрооборудования и аппаратуры управления и т.д.

## Энергетики заявили о себе

Стало традицией участие в конкурсе наиболее знаковых предприятий сферы энергетики. В этом году эксперты отметили:

– **РУП «Гродноэнерго»** (реконструкция турбоагрегата ПТ-60-130-13 ст. №2 с заме-

ной вспомогательного оборудования и генератора);

– **филиал «Гомельские тепловые сети» РУП «Гомельэнерго»** (проект по переключению потребителей от двух котельных в г. Гомеле (по ул. Димитрова, 26 и ул. Ильича, 32а) со строительством магистральных тепловых сетей и центральных тепловых пунктов).

## Газоснабжение на высоте

В сфере газоснабжения наградами конкурса отмечены:

– **УП «Минскоблгаз»** (передвижная поверочная лаборатория позволяет автоматизировать процессы измерений и испытаний в системе газоснабжения);

– **УП «Брестоблгаз»** (представлен анодный заземлитель полимерный типа «Радуга» АЗП-РА-ГС);

– РПУП «Гомельоблгаз» (технология предупреждения инцидентов, аварий и выявления негерметичности запорной арматуры);

– РУП «Могилевоблгаз» (применение смарт-привода в техническом обслуживании запорно-регулирующих устройств газораспределительной системы, позволяющее повысить надежность эксплуатации систем газоснабжения);

– ГП «Научно-исследовательский институт Белгипрогаз» (за разработанную прототипную документацию на замену и модернизацию технологического оборудования системы обеспыливания сушилок «Цемаг» ОАО «Торфобрикетный завод» Дитва);

В прошлом году громко заявило о себе пятью победами УП «Мингаз». В этом году на счету у предприятия победа с технологией реконструкции подземных газопроводов методом санации (бестраншейный ремонт газопроводов). По мнению специалистов, данная технология позволяет повысить надежность эксплуатации систем газоснабжения, снизить временной интервал ремонтных простоев, исключает образование утечек природного газа в процессе эксплуатации, увеличивает скорость прокладки по сравнению с традиционными методами ремонта и т.д.

## Лидеры водоснабжения

С интересом отнеслись эксперты к предприятиям сферы водоснабжения, отметив инновационность их решений и технологий. Особенно ярко заявило о себе ГУКПП «Гродноводоканал». В Концепции совершенствования и развития жилищно-коммунального хозяйства до 2025 года одним из направлений дальнейшего развития системы ЖКХ было определено снижение затрат на предоставление населению жилищно-коммунальных услуг. Предприятие одним из первых в водопроводно-канализационном хозяйстве ввело в эксплуатацию и активно использует генератор дыма для выявления самовольных подключений дождевой канализации к сети хозяйственной канализации.

## Энергоэффективное здание года

В номинации «Энергоэффективное здание года» после перерыва снова появился победитель – РУП «Минское городское агентство по государственной регистрации и земельному кадастру». Предприятие получило награду конкурса за модернизацию и термореновацию своего офисного здания по ул. Богдановича. По оценке экспертов реализованный проект является одним из пилотных, выполненных в комплексе современных технологий – энергоэффективной с автоматическим регулированием системы отопления и вентиляции и «интеллектуальной», управляемой системы электроосвещения. Реализация данного проекта позволяет тиражировать данные технические решения в целом в системе жилых и общественных зданий в Республике Беларусь.

## Цифровая трансформация

Впервые в 2020 году была введена номинация «Цифровая трансформация, автоматизация, «умные» технологии». В ней победителями стали две компании:

– ООО «Техникон» – за систему управления городским водоснабжением и водоотведением «Акватория» класса «Умный город» («интеллектуальная» система автоматизации, позволяющая в реальном времени производить сбор и анализ информации в системах водоснабжения городов и обеспечивать энергоэффективное управление насосными агрегатами; ее масштабное внедрение позволит обеспечить значительный эффект по экономии электроэнергии и снижению себестоимости услуг ЖКХ);

– ООО «ПроГИС» – за разработку единой информационно-графической системы электрических сетей на базе геоинформационной системы Zulu, которая позволяет автоматизировать процессы проектирования, реконструкции схем электроснабжения, повысить информатизацию данных схем электроснабжения.

## Энергоэффективность от производителей

Оптимистичной тенденцией стало более активное участие в конкурсе по энергоэффективности и ресурсосбережению белорусских производителей. Это предприятия из разных сфер: строительство, пищевая отрасль,

– ОАО «Обольский керамический завод» (камень керамический рядовой с выгорающей добавкой (торф) пластического формования КР М200 – для кладки каменных и армокаменных наружных, внутренних стен с последующей их отделкой или без нее);

– ОАО «Радошковичский керамический завод» (блок керамический поризованный пустотелый размерами 250x120x138 мм, марки по прочности М150, марки по средней плотности р850, марки по морозостойкости F75, с коэффициентом теплопроводности в сухом состоянии  $\lambda=0,206\text{Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$ );

– ОАО «Слуцкий сахарорафинадный комбинат» (внедрение скруббера-рекуператора для утилизации дымовых газов с барабанной сушилки жома).

Эксперты высоко оценили потенциал ОАО «Завод керамзитового гравия город Новолукомль» (это один из крупнейших в Европе производителей керамзита и высококачественных изделий из него). Почетным дипломом и знаком конкурса был награжден выпускаемый заводом теплоизоляционный материал для зданий и сооружений, наполнитель легкий для бетона и строительного раствора, который обладает высокими теплоизоляционными и звукоизоляционными свойствами, высокой морозостойкостью и влагостойкостью, очень низкой влажностью, высокой тепловой инерцией и огнестойкостью.

## Новички

Впервые стали победителями конкурса:

– ОАО «Крион» (за модернизацию газификационной установки с внедрением атмосферного испарителя для газификации азота);

– ООО «СисЭйТи» (за систему управления уличным освещением «SmartLight», составленную из продукции собственного производства: светодиодные светильники, шкафы управления наружным освещением, а также программное обеспечение);

– ОАО «Главное специализированное конструкторское бюро по комплексу оборудования для микроклимата» (топка кипящего слоя мультитопливная ТКСм-8,0);

– ОАО «Старобинский торфобрикетный завод» (брикеты древесные топливные СТБ 2055-2010);

– ЗАО «ИСЭЛ» (обогреватель электрический керамогранитный «Теплокамень»);

– Филиал БНТУ «Научно-исследовательский политехнический институт» (аксиальный ветроэлектрогенератор на постоянных магнитах с нулевым стартовым моментом и автоматическим ограничением частоты вращения вала).

## Профессиональную оценку представленных заявок осуществляли члены Экспертного совета

Председатель Экспертного совета: Молочко Андрей Федорович, руководитель отдела общей энергетики РУП «БЕЛТЭИ», заместитель председателя Экспертного совета: Жученко Елена Александровна, специалист РУП «БЕЛТЭИ»,

Дмитриев Геннадий Михайлович, начальник центра коллективного пользования по энергоаудиту ГП «Институт энергетики НАН Беларуси»,

Доброго Кирилл Викторович, заместитель председателя Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь, доктор физико-математических наук,

Лукьянов Дмитрий, профессор кафедры «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений» филиала БНТУ «Межотраслевой институт повышения квалификации и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала»,

Макоско Юрий Валерьевич, директор ОДО «Датэрминова», кандидат технических наук,

Седнин Владимир Александрович, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника» БНТУ, доктор технических наук, профессор,

Юрения Валентина Дмитриевна, заведующая НИИЛ системы утепления ограждающих конструкций ГП «Институт жилища – НИПТИС им.Атаева С.С.».

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

**Л.В. Шенец,**  
к.т.н., Директор департамента  
энергетики ЕЭК, главный редактор

**М.К. Галустьян,**  
заместитель директора  
Департамента энергетики ЕЭК

# ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ГОСУДАРСТВ – ЧЛЕНОВ ЕАЭС И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ОБЩИХ РЫНКОВ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ СОЮЗА

## О Евразийском экономическом союзе

Евразийский экономический союз (ЕАЭС, Союз) – международная организация региональной экономической интеграции, учрежденная Договором о Евразийском экономическом союзе в 2014 году. В состав ЕАЭС входят Республика Армения, Республика Беларусь, Республика Казахстан, Кыргызская Республика, Российская Федерация.

Евразийская экономическая комиссия (Комиссия, ЕЭК) создана в 2012 году и является наднациональным регулирующим органом, призванным проводить скоординированную с государствами – членами Союза политику в ключевых отраслях экономики для обеспечения «четырех свобод»: капитала, товаров, услуг и рабочей силы. Решения Комиссии обязательны для исполнения на территории стран «пятерки».

Одним из важнейших направлений интеграции является энергетика, развитию которой посвящен раздел XX Договора о ЕАЭС. Комиссия и государства – члены ЕАЭС развивают долгосрочное взаимовыгодное сотрудничество в сфере энергетики, проводят скоординированную энергетическую политику, осуществляют поэтапное формирование общих рынков энергетических ресурсов.

Для создания общих рынков энергоресурсов Союза – общего электроэнергетического рынка, общего рынка газа, а также общего рынка нефти и нефтепродуктов – имеются все предпосылки: развитые межгосударственные линии электропередач и трубопроводов, наличие значительного объема запасов ресурсов, единая технологическая основа, большой потенциал использования. Одним из основных вопросов, возникающих при создании общих рынков энергоресурсов, является вопрос недискриминационного доступа к энергоресурсам в ЕАЭС и их транзита по территории одного из государств – членов.

ЕЭК совместно с государствами – членами ЕАЭС проделана большая работа по фор-

мированию общих рынков энергоресурсов. Так, в части общего электроэнергетического рынка Союза (ОЭР) в 2015 году утверждена Концепция формирования ОЭР ЕАЭС, в 2016 году – Программа формирования ОЭР Союза. В 2019 году подписаны международный договор об ОЭР Союза в форме протокола и План мероприятий, направленных на формирование ОЭР ЕАЭС.

Формирование общих рынков газа, нефти и нефтепродуктов ЕАЭС осуществляется в соответствии с Концепциями, утвержденными в 2016 году, и Программами, утвержденными в 2018 году.

Кроме того, в настоящее время активно разрабатываются:

в части общего электроэнергетического рынка ЕАЭС:

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

В части общих рынков газа, нефти и нефтепродуктов ЕАЭС:

- международный договор о формировании общего рынка газа;

– международный договор о формировании общих рынков нефти и нефтепродуктов ЕАЭС;

– единые правила доступа к газотранспортным системам, расположенным на территориях государств – членов Союза;

– единые правила доступа к системам транспортировки нефти и нефтепродуктов.

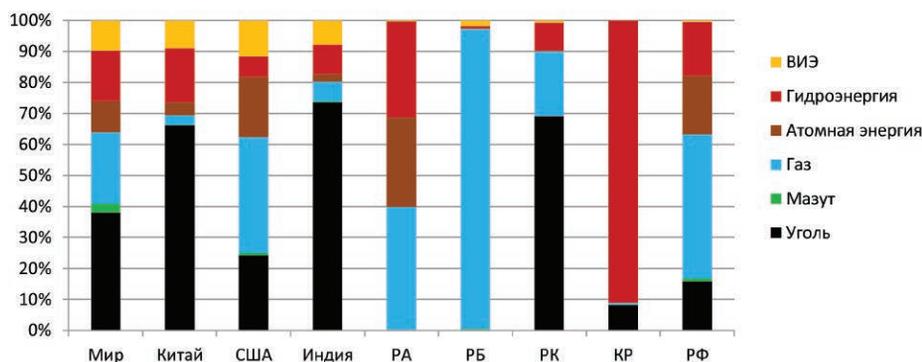
Комиссия активно изучает зарубежный опыт создания объединенных рынков энергоресурсов и ведет учет статистических данных в сфере энергетики.

## Структура топлива, используемого для выработки электроэнергии

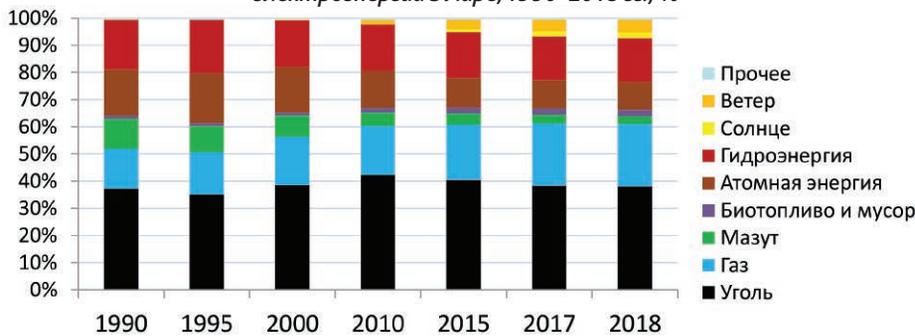
Одним из наиболее важных показателей для оценки состояния электроэнергетики является объем производства (выработки) электроэнергии в энергосистеме. В 2019 году совокупный мировой объем выработки электроэнергии превысил 26 трлн млрд кВт·ч.

В структуре выработки электроэнергии по видам топлива в мире по-прежнему одно из ведущих мест занимает уголь (38% от мирового объема производства электроэнергии). Наиболее высока доля электроэнергии, выработанной на угле, в Индии и Китае (77% и 66,4% соответственно). На газ приходится 23% генерации, гидро- и атомная

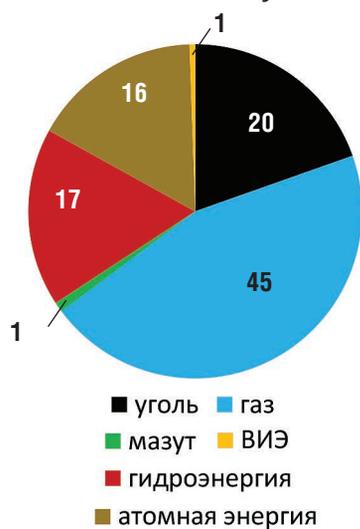
Структура топлива, используемого для выработки электроэнергии в мире и в государствах – членах ЕАЭС в 2019 году, %



Динамика изменения структуры топлива, используемого для производства электроэнергии в мире, 1990–2018 гг., %



Структура топлива, используемого для выработки электроэнергии в ЕАЭС в 2019 году, %



энергетика обеспечивают соответственно 16% и 10% производства электроэнергии. Доля возобновляемых источников энергии в структуре топлива, используемого для производства электроэнергии, составляет около 10%, мазута – около 3%.

По прогнозам Международного энергетического агентства (МЭА), к 2040 году потребление газа в мире вырастет на 33% по сравнению с 2019 годом, а главным катализатором в энергетике выступят ВИЭ на основе солнечной энергии: прогнозируется рост на 43% по сравнению с 2019 годом.

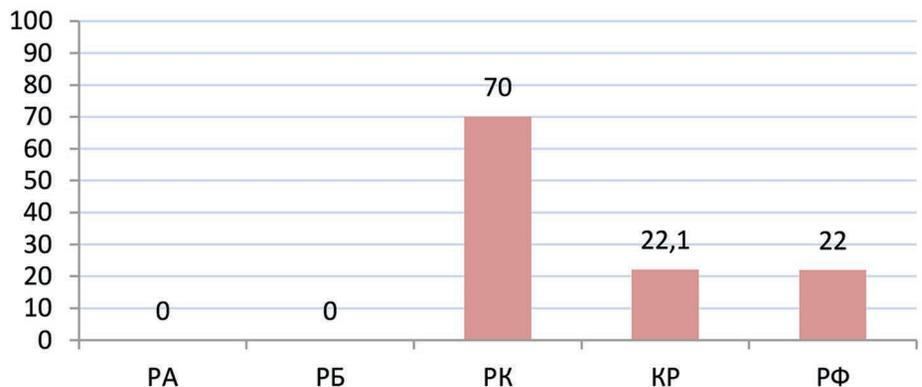
Если рассмотреть динамику изменения структуры топлива, затрачиваемого на производства электроэнергии в мире, с 1990 года по 2018 год, то становятся очевидными тенденция к постепенному сокращению угольной и атомной генерации и увеличению количества электростанций, использующих газ в качестве основного топлива, а также резкий рост ВИЭ.

Государства – члены Евразийского экономического союза выработали в 2019 году 1265 млрд кВт·ч, что составило примерно 5% от общего уровня мирового производства электрической энергии.

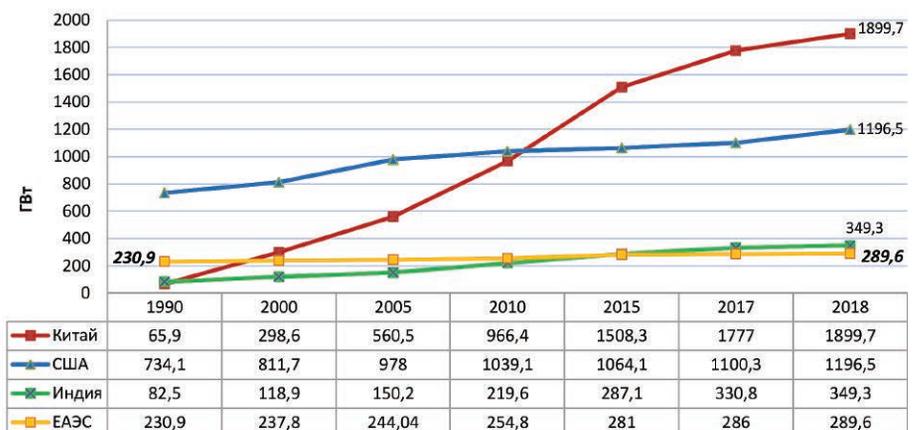
Доля производства электроэнергии с использованием газа в целом по ЕАЭС составляет 45%, на угле – почти 20%. Гидро- и атомная энергия занимают третье и четвертое место в структуре топлива, затрачиваемого на производство электроэнергии – соответственно 17% и 16%. На все виды ВИЭ приходится лишь 0,5%.

В структуре установленной мощности по видам топлива в каждой из стран Союза есть свои особенности. Так, доля угольной генерации в Казахстане достигает 70%, а в Кыргызстане и Российской Федерации ее доля примерно одинакова и составляет около 22%. В Республике Беларусь основу энергосистемы составляют ТЭС на газе. В Республике Армения ТЭС на газе, АЭС и ВИЭ

Доля угольной генерации в структуре установленной мощности электростанций государств – членов ЕАЭС в 2019 году, %



Динамика изменения установленной мощности в мире и в ЕАЭС в 1990–2018 гг., ГВт



(включая ГЭС мощностью свыше 25 МВт) занимают примерно равные доли.

Больше всего электроэнергии от использования угольной генерации вырабатывается в Республике Казахстан (69,2% от общего объема выработки). В Российской Федерации этот показатель составляет 16%, а в Кыргызской Республике – 8,2%. На электростанциях Республики Армения и Республики Беларусь в качестве топлива для выработки электроэнергии используется природный газ (40% и 97% соответственно). В энергосистеме Республики Кыргызстан более 90% всей электроэнергии вырабатывается на ГЭС.

### Установленная мощность энергетики в мире и в ЕАЭС

Если рассматривать показатели установленной мощности стран мира, то динамика за период с 1990 по 2018 годы показывает резкий рост установленной мощности электростанций в Китае и плавный рост данного показателя в США, Индии и государствах Союза.

В структуре установленной мощности преобладают тепловые электростанции. Угольные электростанции являются основной для энергосистем Китая и Индии (соответственно 52% и 55% от общего объема установленной мощности каждой ▶

Структура установленной мощности в мире и в ЕАЭС в 2019 году, %

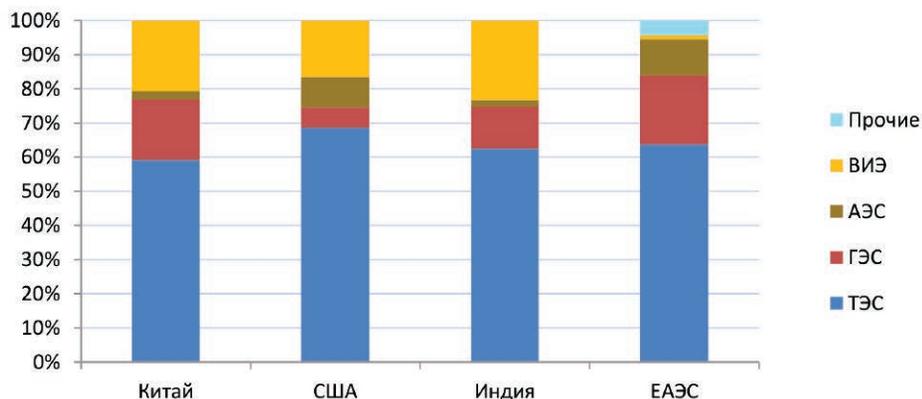
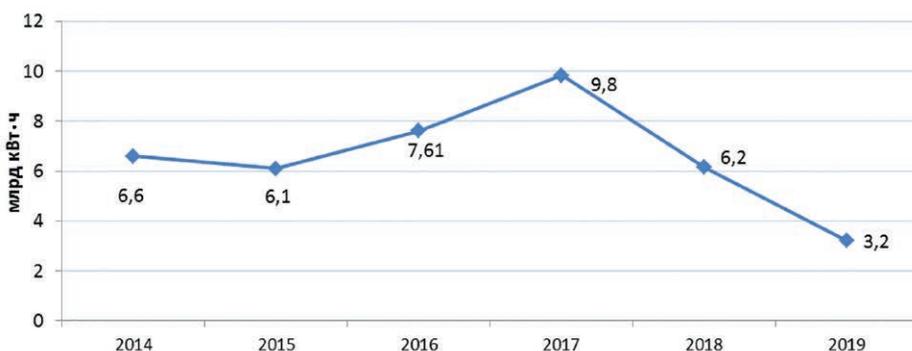


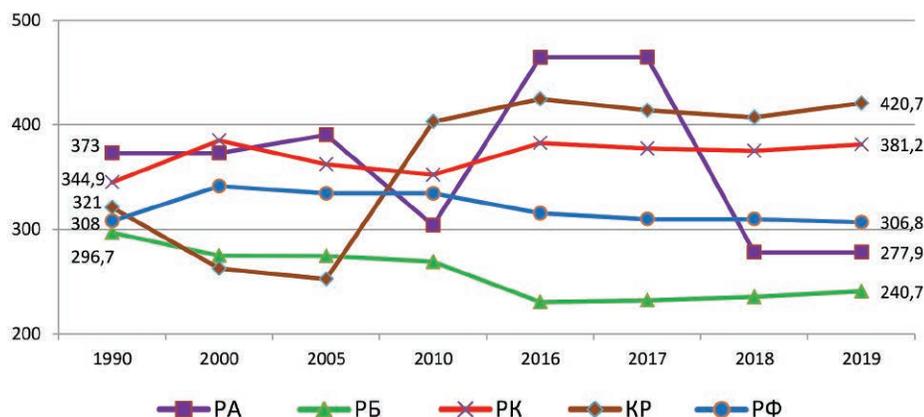
Таблица 1. Основные показатели работы энергосистем государств – членов ЕАЭС по итогам 2019 года

Показатели	РА	РБ	РК	КР	РФ	ЕАЭС
Установленная мощность, ГВт	3,4	10,1	22,9	3,9	252,03	<b>292,3</b>
Производство (выработка), млрд кВт·ч	7,6	40,3	106,03	14,9	1096,5	<b>1265,3</b>
Потребление, млрд кВт·ч	6,6	37,9	105,2	14,9	1075,2	<b>1239,8</b>
Экспорт, млрд кВт·ч	1,2	2,4	2,2	0,3	19,3	<b>25,4</b>
Импорт, млрд кВт·ч	0,14	0	1,4	0,3	1,6	<b>3,4</b>

Динамика объемов взаимной торговли электроэнергией государств – членов ЕАЭС в 2014–2019 годах, млрд кВт·ч



Удельные затраты условного топлива на выработку 1 кВт·ч в государствах – членах ЕАЭС в 1990–2019 годах, грамм условного топлива\*



страны). В США доля электростанций на газе составляет 44,6%. В странах ЕАЭС доля ТЭС составляет около 65%, ГЭС – 20%, АЭС – 10,5%, электростанций на ВИЭ – 1,2%.

По итогам 2019 года основные показатели работы энергосистем государств – членов ЕАЭС выглядят следующим образом (см. табл. 1).

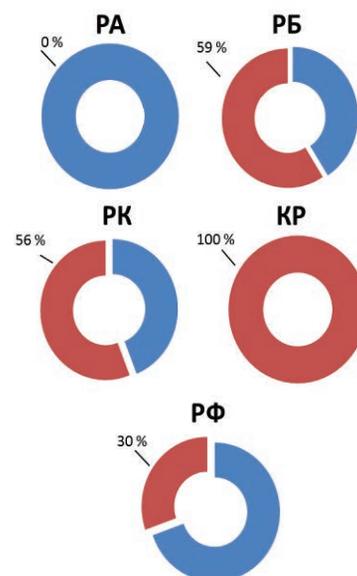
В целом, итоговые показатели демонстрируют рост по сравнению с 2018 годом. Совокупный объем установленной мощности стран «пятерки» составил 292 ГВт, что на 1,03% выше 2018 года. Выработка и потребление электроэнергии увеличились на 0,38% и 0,13% соответственно. Увеличились и объемы совокупного экспорта (на 1,68%). Однако в 2019 году совокупный импорт электрической энергии государств – членов Союза резко снизился на 52% (3,27 млрд кВт·ч против 6,2 млрд кВт·ч).

Объемы взаимной торговли электроэнергией представлены на графике «Динамика объемов взаимной торговли электроэнергией государств – членов ЕАЭС в 2014–2019 годах, млрд кВт·ч».

Если обратиться к оценке текущего состояния энергосистем государств – членов ЕАЭС, то представляется интересным рассмотреть некоторые ключевые показатели. Так, изменение объемов производства и потребления электроэнергии государств – участников Союза с 1990 по 2019 годы имеет весьма характерную особенность – резкий спад в 1990-х годах и постепенный подъем с выходом на уровень 1990 года в 2018–2019 годах.

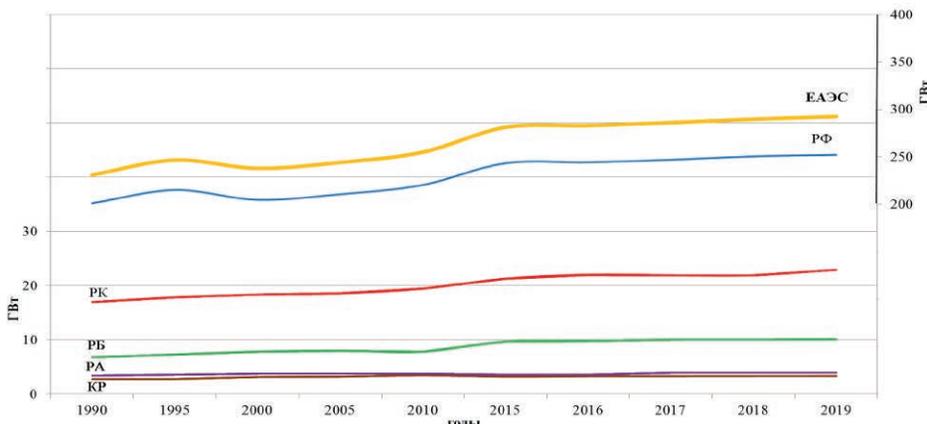
Динамика удельного расхода условного топлива на производство 1 кВт·ч электрической энергии демонстрирует схожий итог: государства – члены ЕАЭС

Доля выработки электроэнергии на ТЭС в теплофикационном режиме (% от выработки ТЭС)

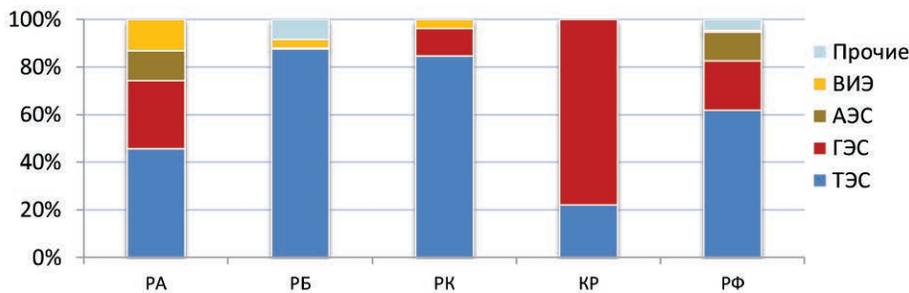


\* Данные по Республике Армения за 2019 год не предоставлены Министерством территориального управления и инфраструктур РА

Динамика изменения установленной мощности электростанций энергосистем государств – членов ЕАЭС в 1990–2019 годах, ГВт



Структура установленной мощности электростанций государств – членов ЕАЭС в 2019 году, %



только сейчас вышли на показатели УРУТ 1990 года, а затраты условного топлива в Казахстане и Республике Кыргызстан наоборот, выросли.

Необходимо отметить, что на эффективный расход топлива для производства электроэнергии существенно влияет фактор выбора режима выработки электроэнергии. Несмотря на значительное количество ТЭЦ в энергосистемах государств – членов Союза, зачастую эти электростанции работают только в конденсационном режиме, что негативно сказывается на развитии централизованной теплоэнергетики. Так, в 2018 году в РФ только 30% электроэнергии (от общего объема производства электроэнергии на ТЭС) выработано в теплофикационном режиме. В то же время в других странах «пятерки» этот показатель выше (за исключением Республики Армения, где нет централизованного отопления). В Кыргызской Республике из двух ТЭЦ лишь одна (в г. Бишкек) работала в теплофикационном режиме (ТЭЦ г. Ош вырабатывала только тепловую энергию).

Динамика установленной мощности электростанций энергосистем государств – членов ЕАЭС за 1990–2019 годы свидетельствует о постепенном росте установленной мощности электростанций в целом по ЕАЭС с 230 ГВт в 1990 году до 292 ГВт в 2019 году (прирост на 26% по отношению к 1990 году) и прежде всего в Российской Федерации (рост на 51 ГВт, или прирост на 25%) и Рес-

спублике Казахстан (рост почти на 6 ГВт, или прирост на 35%). В Республике Беларусь прирост установленной мощности составил 50% от уровня 1990 года (рост на 3,3 ГВт). В то же время, установ-

ленная мощность электростанций в Республике Армения и Кыргызской Республике за 29 лет осталась практически на том же уровне. Если в Республике Армения низкие темпы роста установленной мощности в энергосистеме объясняются резким снижением активности во всех секторах экономики в 1990-е годы, то в Кыргызской Республике развитие энергосистемы в целом затруднено из-за высокой закредитованности отрасли и низких тарифов на электроэнергию, которые установлены на уровне, не позволяющем эффективно модернизировать устаревшие мощности.

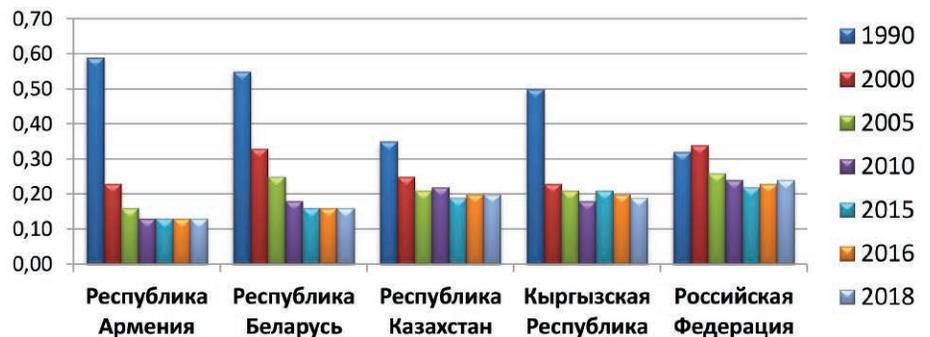
Наиболее сбалансированными являются энергосистемы Армении и России, в энергосистемах которых представлены все типы электростанций. Основу энергосистемы Республики Беларусь и Республики Казахстан составляют ТЭС, а Кыргызской Республики – ГЭС.

Говоря о текущем состоянии электроэнергетической системы ЕАЭС, нельзя не упомянуть про показатели энергоёмкости ВВП и энергоэффективности.

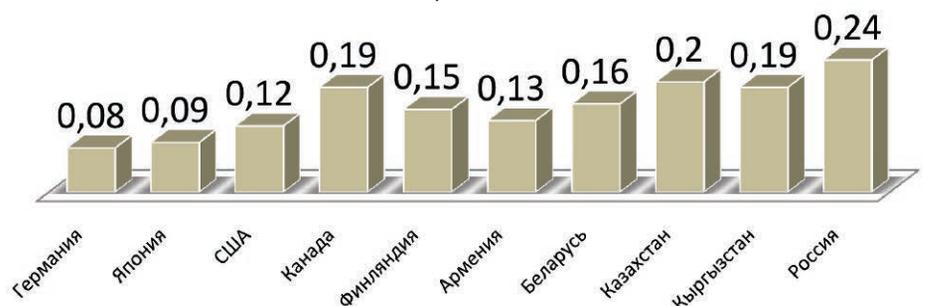
Как видно из данной диаграммы, энергоёмкость ВВП государств – членов ЕАЭС снижается, однако ее значения все еще существенно выше, чем во многих экономически развитых странах мира.

Таким образом, анализ основных показателей функционирования энергосистем государств – членов ЕАЭС свидетельствует об имеющемся резерве по повышению эффективности экономики государств – членов Союза.

Динамика изменения энергоёмкости ВВП в странах ЕАЭС в 1990–2018 годах, т н.э./тыс. долл. США



Энергоёмкость ВВП в мире и странах ЕАЭС в 1990–2018 годах, т н.э./тыс. долл. США



## Запуск общих рынков энергоресурсов и его влияние на электроэнергетические системы государств – членов ЕАЭС

На национальном уровне в каждом государстве Союза действуют и разрабатываются программы развития электроэнергетики на различные периоды. В данный момент основная часть программ рассчитана на период до 2035 года.

Так, Стратегия развития энергетической сферы Республики Армения на период 2014–2036 годов предусматривает развитие ВИЭ (в частности, солнечной энергетики) и комплекс мероприятий по развитию рыночных отношений в электроэнергетике.

В Республике Беларусь основное внимание в прогнозах и программах развития ТЭК сосредоточено на интеграции в энергосистему БелаЭС и снижении доли газа в структуре топлива, необходимого для производства электроэнергии до 50% к 2030 году. Предусмотрен ряд мероприятий по созданию рыночных отношений в электроэнергетике и интеграции оптового рынка в ОЭР ЕАЭС.

В Республике Казахстан прогнозируется к 2030 году увеличение спроса на энергетический уголь на 50% (с 53 до 76 млн тонн), рост внутреннего потребления угля на 22%. Объем ввода генерирующих мощностей – 7,5 ГВт, потребление электроэнергии к 2030 году будет на уровне 136–175 млрд кВт·ч, а доля ВИЭ в общей структуре выработки составит 10%.

В Концепции развития энергетики Кыргызской Республики на период до 2030 года декларируются следующие цели: диверсификация источников производства электроэнергии за счет использования ВИЭ с доведением их доли до 5% к 2030 году, замещение электроотопления альтернативными источниками. Производство электроэнергии вырастет на 16 млрд кВт·ч, а спрос на электроэнергию – в 1,55 раза в 2030 году (по сравнению с 2014 годом). Кроме того,

подчеркивается отставание объемов ввода новых генерирующих мощностей от темпов роста нагрузки в энергосистеме, что является угрозой энергетической безопасности.

Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года предполагает увеличение объемов добычи угля до 485–668 млн тонн, рост потребления электроэнергии до 1310–1380 млрд кВт·ч, увеличение установленной мощности электростанций до уровня 251–264 ГВт. Также установлено повышение доли выработки электроэнергии ТЭЦ в теплофикационном режиме: с 30 до 40% к 2035 году и увеличение доли современных энергоблоков АЭС с 13 до 40% установленной мощности АЭС. В то же время в Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики до 2035 года прогнозируется увеличение доли угля к 2035 году на 0,7–0,8% по сравнению с 2015 годом в структуре топлива, необходимого для производства электрической энергии.

Несмотря на постоянную работу уполномоченных органов в сфере энергетики стран «пятерки» в области прогнозирования и планирования электроэнергетических отраслей, необходимо отметить, что функционированию энергосистем в условиях начала функционирования общих рынков энергоресурсов ЕАЭС уделяется недостаточное внимание. Возникает объективная необходимость в уточнении государственных программ развития энергетики государств – членов ЕАЭС с учетом начала функционирования общих рынков энергоресурсов Союза.

Основной задачей создания таких рынков является обеспечение стабильного развития экономик и повышение благосостояния населения стран «пятерки».

Разработаны и утверждены концепции и программы формирования общего электроэнергетического рынка, общих рынков газа, нефти и нефтепродуктов, а 29 мая 2019 года главами государств ЕАЭС подписан международный договор об общем

электроэнергетическом рынке Союза в форме протокола, в котором определено, что запуск общего электроэнергетического рынка Союза намечен на 1 января 2025 года, но не ранее начала функционирования общего рынка газа ЕАЭС.

Создание общих рынков энергоресурсов ЕАЭС позволит:

- повысить энергетическую безопасность и экономическую эффективность ТЭК государств – членов Союза;
- перейти к рыночному ценообразованию, включая биржевую торговлю и, как следствие, повышение конкуренции;
- создать условия для формирования более справедливых цен на электроэнергию на внутренних рынках;
- сгладить величины пиковых нагрузок в энергосистемах государств – членов ЕАЭС (временной лаг между пиковыми часами нагрузки в энергосистемах стран составляет до 3 часов) и выровнять графики потребления электроэнергии;
- увеличить объемы взаимной торговли электроэнергией между странами Союза через межгосударственные линии передачи электрической энергии;
- отказаться от избыточного строительства генерирующих мощностей (в том числе распределенной генерации) и снизить затраты на содержание действующих энергоблоков. На наш взгляд, существует значительная перспектива по увеличению использованию газа в качестве топлива для электростанций как более эффективного и экологичного вида топлива;
- снизить объем вредных выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу;
- обеспечить недискриминационный доступ к системам транспортировки газа, нефти и нефтепродуктов, расположенным на территориях государств-членов;
- гарантировать доступность энергоресурсов для хозяйствующих субъектов государств – членов ЕАЭС.

Результатом совместной работы уполномоченных органов в сфере энергетики стран «пятерки» и Комиссии будет являться обеспечение стабильного развития экономик и повышение благосостояния населения государств – членов Евразийского экономического союза. ■

Энергосмесь

## О форме ведомственной отчетности «Сведения о нормах расхода ТЭР» на 2021 год

С 1 января 2021 г. вступает в силу постановление Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 08.10.2020 № 58 «О формах ведомственной отчетности на 2021 год», которое устанавливает форму ведомственной от-

четности «Сведения о нормах расхода топливно-энергетических ресурсов на производство продукции (работ, услуг)» и утверждает указания по ее заполнению. ■

[energoeffekt.gov.by](http://energoeffekt.gov.by)

**А.В. Седнин,**  
д.т.н., проф., зав. кафедрой  
«Промышленная теплоэнергетика  
и теплотехника» БНТУ



**А.А. Абразовский,**  
к.т.н., зав. кафедрой «Газоснабжение  
и местные виды топлива»  
ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»



# МЕСТО ВОДОРОДА В СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТАСИСТЕМАХ

## Часть 2. Водород в интегрированной энергосистеме

### Аннотация

Представлен обзор состояния применения водорода в качестве универсального энергоносителя и прогнозных показатели развития водородных технологий в рамках ряда ведущих энергетических, транспортных и промышленных компаний мира. Более подробно рассмотрены планы развития водородной энергетики Европейского союза в перспективе до 2050 года. Отмечена необходимость и целесообразность использования водородных технологий для энергетики Республики Беларусь.

### Annotation

An overview of the state of using hydrogen as a universal energy carrier and forecast indicators of the development of hydrogen technologies within a number of leading energy, transport and industrial companies in the world are presented. The plans for the development of hydrogen energy in the European Union up to 2050 are considered in more detail. The necessity and expediency of using hydrogen technologies for the power engineering of the Republic of Belarus is noted.

### Введение

В настоящее время глобальная декарбонизация начинает определять все принципиальные трансформации в развитии человеческого общества. В Европейском союзе в рамках борьбы с загрязнением окружающей среды и глобальным потеплением предусмотрено значительное сокращение выбросов парниковых газов к 2030 году с достижением полной климатической нейтральности к 2050 году [1]. Ключевую роль в реализации этих проектов играет энергетика.

Сегодняшняя энергетическая система все еще представляет собой набор отдельных параллельных цепочек приращения стоимости энергии, которые жестко связывают конкретные энергетические ресурсы с конкретными секторами конечного потребления. Новая парадигма, формирующаяся в энергетике, предусматривает пересмотр принципов построения энергетических систем, в том числе на уровне потребителей с управлением режимами из функционирования на основе интеграции этих систем. Объединение разрозненных систем разного уровня в единый технологический комплекс позволит обеспечить реализацию новых функциональных возможностей, применение более совершенных технологий в эксплуатации и создание интегрированных централизованно-распределенных систем с координи-

рованным управлением их режимами и активным участием потребителей в процессе энергоснабжения [2, 3].

В соответствии с утвержденной европейской стратегией [4, 5] интеграция энергетических систем предполагает совместное функционирование энергетической системы как единого целого, охватывающего множество энергоносителей, инфраструктур и секторов потребления, путем создания более прочных связей между ними с целью предоставления низкоуглеродных, надежных и ресурсоэффективных энергетических услуг с наименьшими возможными затратами для общества. Она базируется на нескольких взаимодополняющих принципах [5]:

1. Тотальная энергоэффективность, в основе которой лежит рациональное использование всех видов топливно-энергетических ресурсов с утилизацией энергетических отходов независимо от сферы их получения.

2. Прямая электрификация секторов конечного потребления (электромобили, тепловые насосы для обогрева помещений или низкотемпературных промышленных процессов, электрические промышленные печи).

3. Возобновляемые и низкоуглеродистые виды топлива, включая водород, для конечного потребления там, где электрификация невозможна или экономически нецелесообразна, а также для хранения энергии, полу-

ченной из переменных возобновляемых источников.

4. Активная роль потребителей в энергоснабжении с достижением большей сбалансированности и гибкости энергосистемы.

На пути к климатической нейтральности спрос на электроэнергию значительно возрастет, а доля электроэнергии в конечном потреблении вырастет с 23% до 30% в 2030 году и до 50% к 2050 году [6], электрификация значительной части потребления позволит сократить спрос на первичную энергию на треть благодаря эффективности электротехнологий. Переход к интегрированной энергетической системе позволит сократить энергопотребление на треть к 2050 году при росте ВВП на две трети.

При реализации европейского зеленого курса и перехода Европы к чистой энергии возобновляемая электроэнергия декарбонирует большую часть энергопотребления к 2050 году. Водород, получаемый в результате электролиза с использованием возобновляемых источников энергии, будет играть узловую роль в объединенной энергосистеме для интегрирования большой доли переменной возобновляемой генерации, обеспечивая долгосрочное хранение энергии. Все это делает водород необходимым для реализации Парижского соглашения и достижения углеродной нейтральности к 2050 году [7]. ▶

## Основная часть

В 2017 году во время Всемирного экономического форума был создан Водородный совет, представляющий собой глобальную инициативу ведущих энергетических, транспортных и промышленных компаний с единым видением и долгосрочными амбициями в отношении водорода. Руководящими членами совета является 41 компания, включая Shell, BP, Saudi Aramco, Airbus, Toyota, BMW, Honda, Microsoft и др. [8]. По оценкам Водородного совета, водород может обеспечить 18% мирового спроса на энергию, снизить выбросы углекислого газа на 6 Гт в год и создать 30 миллионов рабочих мест к середине века.

В настоящее время национальные стратегии по водороду имеются в Японии, Германии, Австралии, Республике Корея, Водородная стратегия для климатически нейтральной Европы принята в Европейском союзе.

В зависимости от способа производства водород классифицируется на несколько видов [9].

*Электролизный водород* – водород, полученный путем электролиза воды независимо от источника электроэнергии. Выбросы парниковых газов при производстве электролизного водорода зависят от способа производства электроэнергии.

*Возобновляемый (чистый) водород* – водород, полученный путем электролиза воды с использованием электроэнергии из возобновляемых источников. Выбросы парниковых газов при производстве чистого водорода близки к нулю.

*Ископаемый водород* – водород, полученный с помощью различных технологических процессов с использованием ископаемого топлива в качестве сырья. В основном это водород, полученный конверсией природного газа или угля, сопровождающейся существенными выбросами парниковых газов.

*Ископаемый водород с улавливанием углерода* – ископаемый водород с улавливанием парниковых газов, выделяемых в процессе производства водорода. Выбросы парниковых газов при производстве ископаемого водорода с улавливанием углерода зависят от эффективности улавливания парниковых газов.

*Низкоуглеродный водород* – ископаемый водород с улавливанием углерода или электролизный водород со значительным сокращением выбросов парниковых газов на этапе производства электроэнергии.

Приоритетом является развитие возобновляемого водорода, производимого в основном с использованием энергии ветра и солнца, который является наиболее предпочтительным с учетом специфики функционирования интегрированной энергосистемы и долгосрочных целей по достижению

нулевого загрязнения. На пути к 2050 году объемы производства возобновляемого водорода будут увеличиваться вместе с внедрением новых возобновляемых источников энергии и снижением затрат на технологии их производства. В краткосрочной и среднесрочной перспективе для быстрого сокращения выбросов от существующего производства водорода следует использовать и другие формы низкоуглеродного водорода.

Водородная стратегия для климатически нейтральной Европы предусматривает три этапа реализации. На первом этапе (2020–2024 гг.) планируется установить не менее 6 ГВт возобновляемых водородных электролизеров и произвести около 1 млн т возобновляемого водорода для декарбонизации существующего производства водорода в промышленном секторе. Вводимые в эксплуатацию электролизеры планируется устанавливать вблизи существующих центров спроса (химические, нефтеперерабатывающие, металлургические предприятия). Предпочтительно их электроснабжение от местных ВИЭ. На первом этапе начнется создание сети водородных заправочных станций, в первую очередь, для автобусов и грузовых автомобилей на водородных топливных элементах. Применение различных видов водорода на этом этапе будет способствовать увеличению объемов производства и развитию рынка водорода.

Некоторые из существующих заводов по производству водорода следует декарбонизировать путем модернизации и дооснащения технологиями улавливания и хранения углерода. Потребности для транспортировки водорода останутся несущественными, поскольку первоначальный спрос будет удовлетворен за счет концентрации производства вблизи объектов потребления.

На втором этапе (2025–2030 гг.) водород должен стать неотъемлемой частью интегрированной энергосистемы с установкой не менее 40 ГВт электролизеров на ВИЭ к 2030 году и производством до

10 млн т возобновляемого водорода. Водород начнет играть важную роль в сбалансированном функционировании энергосистемы на основе ВИЭ путем преобразования внепиковой электроэнергии в водород, а также в качестве резервного топлива для суточного и сезонного хранения энергоресурсов. На этом этапе будут развиваться локальные водородные класте-

ры «Водородные долины» на базе местного производства водорода из децентрализованных ВИЭ с использованием водорода, в том числе для теплоснабжения жилых домов и общественных зданий. Костяком общеевропейской инфраструктуры должна стать сеть водородных заправочных станций. Для транспортировки на большие расстояния также потребуется развитие крупномасштабных хранилищ водорода.

На третьем этапе (2030–2050 гг.) технологии возобновляемого водорода должны достичь зрелости и быть развернуты в больших масштабах, чтобы охватить все труднодоступные для декарбонизации сектора, в которых альтернативные решения невозможны либо требуют больших затрат. Прогнозируется, что к 2050 году около четверти возобновляемой электроэнергии будет использована для производства водорода.

Как было указано выше, одним из стратегических направлений использования водорода является хранение электроэнергии. Система хранения электроэнергии – электроэнергетическая система, выполняющая функцию многократной обратимой аккумуляции электрической энергии и способная выступать как потребителем (в режиме заряда), так и источником (в режиме разряда) электрической энергии [10].

Основные функции использования систем хранения электроэнергии:

- основной источник энергии – полное

- обеспечение электроснабжения, дающее возможность длительное время функционировать без подключения к электрическим сетям общего пользования;

- аварийный источник энергии – нерегулярное полное или частичное обеспечение электроснабжения в аварийных ситуациях, дающее возможность функционировать в течение периода послеаварийного восстановления основного источника электроснабжения;

- управление графиком потребления – ре-

- гулярное управление величиной мощности потребления за счет частичного обеспечения электроснабжения или аккумуляции электроэнергии в определенные периоды времени;

- регулирование системных параметров – постоянное или регулярное управление параметрами режима работы электрической системы (частотой, напряжением) в целях экономии или снижения потерь электрической энергии, а также повышения ее качества.

Одним из стратегических направлений использования водорода является хранение электроэнергии. Система хранения электроэнергии – электроэнергетическая система, выполняющая функцию многократной обратимой аккумуляции электрической энергии и способная выступать как потребителем (в режиме заряда), так и источником (в режиме разряда) электрической энергии.

Согласно прогнозу исследовательской компании BloombergNEF [11], количество накопителей энергии в мире будет расти экспоненциально: от 9 ГВт·ч/17 ГВт·ч в 2018 году до 1095 ГВт/2850 ГВт·ч к 2040 году (рисунок 1).

В настоящее время более 95% накапливаемой электроэнергии в мире приходится на гидроаккумулирующие электростанции (162 ГВт) [8]. ГАЭС получили широкое распространение в странах с развитой атомной энергетикой: установленная мощность ГАЭС Японии составляет 21,7 ГВт (51,6% от установленной мощности атомных электростанций страны); установленная мощность ГАЭС США – 18,8 ГВт (18,4% от установленной мощности атомных электростанций страны) [12]. Однако потенциал их дальнейшего развития ограничен местными географическими условиями (сооружение ГАЭС в условиях равнинного рельефа является крайне дорогостоящим мероприятием) и составляет около 1% годового мирового спроса на электроэнергию. Этого недостаточно для решения вопроса с сезонными различиями спроса и генерации.

Водород позволит согласовать глобальное накопление энергии с меняющимся спросом. Высокая плотность энергии, длительный срок хранения и обратимое использование делают водород оптимально подходящим для использования в качестве энергетического буфера и стратегического резерва. Альтернативные решения в виде аккумуляторных батарей, суперконденсаторов и систем сжатого воздуха имеют принципиальные ограничения по мощности и (или) времени хранения для устранения сезонных дисбалансов (рисунок 2).

Крупные демонстрационные проекты накопления (хранения) электроэнергии на основе водорода реализуются по всему миру. С увеличением доли ВИЭ внедрение водорода для долгосрочного хранения электроэнергии интенсифицируется. Стоимость хранения водорода, по прогнозным оценкам, снизится до 140 евро/МВт·ч в 2030 году при прогнозируемых расходах для ГАЭС около 400 евро/МВт·ч. Водород позволит более экономично интегрировать в энергосистему большие объемы стохастических источников энергии и обеспечить столь необходи-

Рис. 1. Прогнозируемый тренд увеличения мощности накопителей электроэнергии

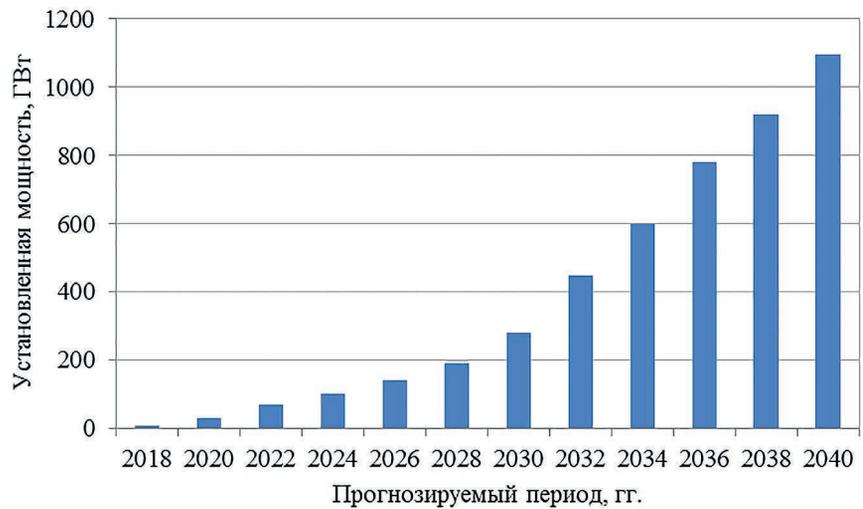


Рис. 2. Характеристики систем хранения электроэнергии



мую гибкость для поддержания устойчивости системы.

В настоящее время существует несколько способов транспортировки водорода, при этом наиболее оптимальным является использование существующих объектов системы газоснабжения, что значительно снижает затраты на возведение новой водородной транспортной инфраструктуры. При добавлении водорода в природный газ следует учитывать его физико-химические

показатели [13, 14, 15]. В таблице 1 для сравнения приведены физико-химические показатели водорода и природного газа.

Добавление водорода в природный газ позволяет снизить выбросы углекислого газа на этапе сжигания метановодородной смеси (рисунок 3) [16].

Для некоторых существующих объектов системы газоснабжения позволительно значительное содержание водорода в природном газе. Так, для полиэтиленовых газопроводов допустимое содержание водорода составляет 100%, также чистый водород может храниться в существующих соляных подземных хранилищах природного газа. Большое количество бытового газового оборудования рассчитано на использование метановодородных смесей с содержанием водорода до 23%. [17]. Однако для большинства энергетических установок, использующих в качестве основного вида топлива природный газ, допустимое содержание водорода значительно ниже: для газотурбинных ▶

Таблица 1. Физико-химические показатели водорода и природного газа

Показатель	Водород	Природный газ
Плотность (паровая фаза), кг/м³	0,09	0,71
Температура кипения, °С	-253	-162
Скорость распространения пламени, см/с	346	43
Массовая теплота сгорания, МДж/кг	120	47,2
Объемная теплота сгорания, МДж/м³	10,8	33,5
Пределы взрываемости в воздухе, %	4–75	4,5–17
Температура самовоспламенения, °С	510	537

Рис. 3. Выбросы углекислого газа при различной объемной доле водорода в природном газе

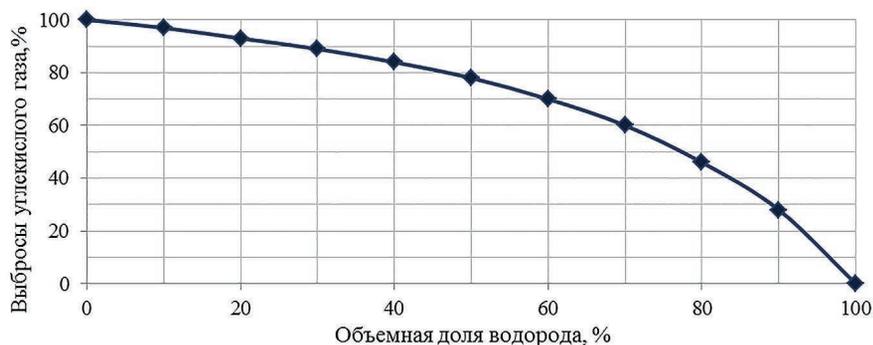
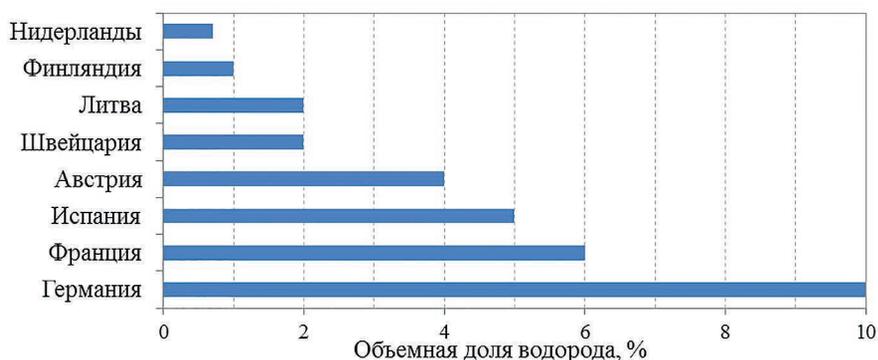


Рис. 4. Допустимое содержание водорода в существующих газопроводах природного газа



установок – не более 5%; для газопоршневых агрегатов – не более 2%. На рисунке 4 приведены значения максимальной объемной доли водорода в существующих газопроводах для различных европейских государств. Тем не менее, ведутся разработки и уже существуют образцы энергетических установок для работы на водородном топливе.

Республика Беларусь является одной из самых газифицированных стран мира и располагает системой газоснабжения, производственный комплекс которой включает газотранспортную (протяженность магистральных газопроводов более 7,9 тыс. км) и газораспределительную (протяженность газопроводов более 60 тыс. км) системы [18, 19]. Это может способствовать эффективному применению PtG-технологии (технология «Энергия в газ»), сущность которой заключается в использовании излишков электрической энергии для производства водорода посредством электролиза воды. Применение PtG-технологии позволит достичь более многомерной интеграции газораспределительной системы в топливно-энергетический комплекс республики путем преобразования избыточной электроэнергии в чистый водород или синтетический метан, совместимый по своим характеристикам с природным газом [20, 21].

Произведенный таким образом газ может быть добавлен в газораспределительную систему и использован различными категориями потребителей. При добавлении чистого водорода следует учитывать его влияние на физико-химические характеристики конечной газовой смеси. Так как теплота сгорания водорода в три раза ниже соответствующей характеристики для природного газа, то при его содержании, равном 3%, теплота сгорания смеси снизится на 2%. При существующей производительности газораспределительной системы 3% эквивалентны 0,6 млрд м<sup>3</sup> водорода в год. Для производства такого количества водорода методом электролиза потребуется 3 млрд кВт·ч электроэнергии [22].

### Выводы

Представленная в статье аналитическая информация подтверждает ранее сделанное заключение о перспективности использования водорода в качестве универсального энергоносителя, применение которого позволяет решать целый ряд задач энергетического и технологического характера. В частности, в энергетике водород может использоваться как основное, так и резервное топливо, как на базовых, так и пиковых мощностях, обеспечивая управление графиком

потребления и регулирования системных параметров энергосистемы. Для дальнейшего анализа представляет интерес оценка состояния и возможностей использования водорода в энергетических установках.

### Литература

1. The European Green Deal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/europeangreendealcommunication\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/europeangreendealcommunication_en.pdf). – Дата доступа: 21.09.2020.
2. Воропай, Н.И. Интегрированные энергетические системы: вызовы, тенденции, идеология / Н. И. Воропай, В.А. Стенников, Е.А. Барахтенко // Проблемы прогнозирования. – 2017. – №5. – С. 39–49.
3. Стенников, В.А. Активное участие потребителя в управлении своим энерго-снабжением / В.А. Стенников, Е.А. Барахтенко, Д.В. Соколов, В.Б. Шелехова // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2017. – №11-12, т. 19. – С. 88–100.
4. Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/energy\\_system\\_integration\\_strategy.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/energy_system_integration_strategy.pdf). – Дата доступа: 21.09.2020.
5. EU strategy on energy system integration [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-system-integration/eu-strategy-energy-system-integration\\_en#barriers-and-objectives](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-system-integration/eu-strategy-energy-system-integration_en#barriers-and-objectives). – Дата доступа: 21.09.2020.
6. A Clean Planet for all A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com\\_2018\\_733\\_analysis\\_in\\_support\\_en\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com_2018_733_analysis_in_support_en_0.pdf). – Дата доступа: 21.09.2020.
7. Technology Roadmap. Hydrogen and Fuel Cells [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ieahydrogen.org/pdfs/TechnologyRoadmapHydrogenandFuelCells-\(1\).aspx](http://ieahydrogen.org/pdfs/TechnologyRoadmapHydrogenandFuelCells-(1).aspx). – Дата доступа: 23.09.2020.
8. Hydrogen Council [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hydrogencouncil.com/en/>. – Дата доступа: 23.09.2020.
9. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen\\_strategy.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf). – Дата доступа: 23.09.2020.
10. Концепция развития рынка систем хранения электроэнергии в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/9013>. – Дата доступа: 25.10.2020.
11. Energy Storage Investments Boom As Battery Costs Halve in the Next Decade [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://about.bnef.com/blog/energy-storage->

investments-boom-battery-costs-halve-next-decade/. – Дата доступа: 23.10.2020.

12. Строительство гидроаккумулирующих электростанций как эффективные компенсационные мероприятия в Белорусской энергосистеме после ввода БелАЭС / О.В. Волчек [и др.] // Энергоэффективность. – 2017. – №9. – С.4–10.

13. The Future of Hydrogen [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://webstore.iea.org/download/direct/2803>. – Дата доступа: 25.02.2020.

14. Водород технический. Технические условия : ГОСТ 3022–80. – Введ. 01.01.81 (с отменой на территории РБ ГОСТ 3022–70). – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1980. – 26 с.

15. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия : ГОСТ 5542–2014. – Введ. 01.04.2017 (с отменой на территории РБ ГОСТ 5542–87). – Минск: Госстандарт, 2017. – 9 с.

16. Jenbacher Dekarbonisierung mit Gasmotoren-KWK [Электронный ре-

сурс]. – Режим доступа: <https://www.innio.com/de/service/jenbacher>. – Дата доступа: 20.10.2020.

17. Admissible hydrogen concentrations in natural gas systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gas-for-energy.com/products/2013-admissible-hydrogen-concentrations-in-natural-gas-systems-1/>. – Дата доступа: 25.02.2019.

18. «Белтрансгаз»: О компании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.btg.by/about/>. – Дата доступа: 04.04.2019.

19. Газификация потребителей Республики Беларусь на современном этапе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://belmingaz.by/news/gazifikacija\\_potrebitelej\\_respubliki\\_belarus\\_na\\_sovremennom\\_ehtape/2018-04-06-40/](https://belmingaz.by/news/gazifikacija_potrebitelej_respubliki_belarus_na_sovremennom_ehtape/2018-04-06-40/). – Дата доступа: 05.04.2019.

20. Седнин, В.А. Многомерная интеграция газотранспортной системы в топливно-энергетический комплекс / В.А. Седнин, А.А. Абрамовский, П.Е. Бушков // Энергетическая стратегия. – 2019. – №4. – С. 20–25.

21. Седнин, В.А. Реализация концепции «power to gas» в условиях Республики Беларусь / В.А. Седнин, А.В. Седнин, А.А. Абрамовский // Проблемы экологии и эксплуатации объектов энергетики: Сборник трудов / Институт промышленной экологии. – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2020. – С. 48–53.

22. Абрамовский, А.А. Сбалансированное функционирование энергосистемы Республики Беларусь посредством реализации концепции «power to gas» / А.А. Абрамовский // Инновации. Образование. Энергоэффективность: материалы XIV науч.-практ. конф., Минск, 29–30 окт. 2020 г. / ГАЗ-ИНСТИТУТ; редкол.: А.А. Лапко [и др.]. – Минск, 2020. – С. 7–10.

23. Седнин, В.А., Абрамовский, А.А. Место водорода в современных энерготехнологических метасистемах. Часть 1. Производство и потребление водорода в промышленном секторе / В.А. Седнин, А.А. Абрамовский // Энергоэффективность. – 2020. – №10. – С. 26–30. ■

Статья поступила в редакцию 2.11.2020.

## Энергосмесь

### Изменен порядок представления документов по нормированию расхода ТЭР

6 мая 2020 г. вступило в действие постановление Совета Министров Республики Беларусь от 1 февраля 2020 г. № 65 «Об изменении постановлений Совета Министров Республики Беларусь по вопросам энергосбережения», которым внесены изменения в Положение о порядке разработки, установления и пересмотра норм расхода топливно-энергетических ресурсов, утвержденных постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 18 марта 2016 г. № 216 (далее – Положение), в том числе в порядок представления документов для установления норм расхода ТЭР.

В соответствии с пунктами 19 и 20 Положения нормы расхода ТЭР устанавливаются (согласовываются) и пересматриваются:

– Департаментом – для юридических лиц с годовым потреблением ТЭР 25 000 тонн условного топлива и более,

в том числе имеющих источники тепловой энергии производительностью 0,5 Гкал/ч и более;

– областными, Минским городским управлениями по надзору за рациональным использованием ТЭР Департамента по энергоэффективности Госстандарта – для юридических лиц с годовым потреблением ТЭР от 100 до 25 000 тонн условного топлива, в том числе имеющих источники тепловой энергии производительностью 0,5 Гкал/ч и более.

Учитывая изложенное, юридическим лицам необходимо представлять пакет документов для установления (согласования) и пересмотра норм расхода ТЭР в соответствующий государственный орган, исходя из суммарного годового потребления ТЭР данного юридического лица. ■

Пресс-служба  
Департамента  
по энергоэффективности

### В 2020 году в мире будет построено почти 200 ГВт мощностей ВИЭ

Международное энергетическое агентство выпустило доклад «Renewables 2020. Analysis and forecast to 2025» («ВИЭ 2020. Анализ и прогноз до 2025 года»). В соответствии с основным сценарием, в 2020 году

в мире будет построено почти 200 ГВт мощностей ВИЭ – это рекордный показатель. Из них 107 ГВт – это солнечные, а 65 ГВт – ветровые электростанции. ■

Владимир Сидорович,  
renen.ru

«Иста Митеринг Сервис» • 220034, г. Минск, ул. 3. Бядули, 12  
тел.: (017)271-3311, 224-6849, 224-6858; факс: (017)224-0569  
e-mail: [minskeista.by](mailto:minskeista.by) • <http://www.ista.by>  
отдел расчетов: (017)224-5667 (-68) • e-mail: [billing@ista.by](mailto:billing@ista.by)



- 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», «Петтинарولي»: 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

О.А. Кучинский,  
Академия управления при Президенте  
Республики Беларусь

# ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МИРОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА

УДК 327.01:620.92

## Аннотация

В статье рассматривается роль водородных технологий в процессе декарбонизации мировой энергетики, их влияние на энергетическую политику стран мира, развитие международных отношений. Рассматриваются различные технологии получения водорода и его основные виды. Исследуется закрепление роли и место водорода в программных документах Европейского союза и Российской Федерации. Обосновывается актуальность развития водородных технологий для Республики Беларусь, их возможного воздействия на энергетическую безопасность и энергетический геополитический потенциал страны. Выделяются геополитические аспекты использования водорода на основе возобновляемых источников энергии, востребованность развития данных технологий для снижения зависимости страны от экспорта одного из ключевых для национальной экономики энергоносителей – газа. Подчеркивается важность для развития водородных технологий в Республике Беларусь опыта, накопленного в данной сфере в ЕС и Российской Федерации.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, водород, энергетическая трансформация, геополитика

Kuchinsky O.A.

HYDROGEN TECHNOLOGIES WITH RENEWABLE ENERGY USE AS AN IMPORTANT FACTOR OF LOW-CARBON TRANSFORMATION OF THE WORLD ENERGY SECTOR

## Annotation

The article examines the role of hydrogen technologies in the decarbonization of world energy, their impact on the energy policy of the countries of the world, the development of international relations. Various technologies for producing hydrogen and its main types are considered. The consolidation of the role and place of hydrogen in the program documents of the European Union and the Russian Federation is investigated. The urgency of the development of hydrogen technologies for the Republic of Belarus, their possible impact on energy security and energy geopolitical potential of the country is substantiated. The geopolitical aspects of the use of hydrogen based on renewable energy sources, the demand for the development of these technologies to reduce the country's dependence on the export of one of the key energy carriers for the national economy – gas, are highlighted. The importance of the experience accumulated in this area in the EU and the Russian Federation for the development of hydrogen technologies in the Republic of Belarus is emphasized.

**Key words:** renewable energy, hydrogen, energy transition, geopolitics



## Введение

В настоящее время мировой энергетический сектор находится в процессе долговременных структурных изменений, известных как «энергетический переход» либо «энергетическая трансформация». Данные изменения связаны с постепенным переходом от преимущественно ископаемых видов топлива к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) и обусловлены заинтересованностью мирового сообщества в решении проблемы глобального изменения климата, а также обеспечения энергетической безопасности. Серьезной задачей для «энергетического перехода» является интеграция больших объемов возобновляемой энергии в энергосистему (в первую очередь, резко-переменной солнечной и ветровой энергии). Одним из решений указанной проблемы является использование технологий накопления электрической энергии, в том числе – водородной энергетики. В отчете Международного агентства по возобновляемой энергии IRENA (2018) водород был назван «недостающим звеном» (англ. *missing link*) энергетического перехода, так как «возобновляемая электроэнергия может использоваться для производства водорода, который, в свою очередь, обеспечивает энергией сектора, сложно декарбонизируемые посредством электрификации» [1].

## Основная часть

Помимо декарбонизации электроэнергетики, водород может играть важную роль в ряде секторов конечного потребления энергии: на транспорте, в промышленности,

жилищно-коммунальном хозяйстве, а также служить источником возобновляемого сырья, например, в нефтехимии и производстве стали.

В транспортном секторе наиболее перспективным является использование водорода на грузовом, воздушном и водном транспорте, в то время как для легкового автотранспорта основная альтернативная технология – электромобили с литий-ионными аккумуляторами. Так, в 2018 г. в Германии был запущен в эксплуатацию первый в мире поезд на водородных топливных элементах Coradia iLint [2].

В Великобритании энергетическая компания Northern Gas Networks осуществляет пилотный проект H21 в г. Лидсе, целью которого является перевод отопления города с природного газа на водород [2].

В сталелитейной промышленности, на долю которой приходится 7% общемировых выбросов парниковых газов, имеется существенный потенциал для замены водородом угля. В 2020 г. в Швеции в рамках проекта HYBRIT (англ. Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology) компаниями SSAB, Vattenfall и LKAB был открыт пилотный завод по выплавке губчатого железа (сырья для выплавки стали) без использования кокса. Проект призван сократить выбросы углекислого газа на 10% в Швеции и на 7% в Финляндии [3].

Водород отличается высокой энергетической ценностью (теплота сгорания 120 МДж/кг против 56 МДж/кг у метана), его главные направления использования на сегодняшний день – в нефтепереработке и в химической промышленности.

В настоящее время объемы мировой торговли водородом невелики по сравнению с традиционными энергоносителями. Так, по данным Observatory of Economic Complexity, в 2018 г. они составили 12 млрд долл. США [4]. Для сравнения, в 2018 г. объем мировой торговли нефтью по данным того же источника составил 1,08 трлн долл. США, нефтепродуктами – 753 млрд долл. США, природным газом – 299 млрд долл. США. Водород можно транспортировать на любые расстояния, в том числе с использованием уже имеющейся инфраструктуры, связанной с природным газом (в том числе сжиженным) [5].

Летом 2020 г. Европейская комиссия (ЕК) опубликовала водородную стратегию ЕС, которая предполагает рост использования водорода в энергобалансе ЕС от менее чем 2% в настоящее время до 13–14% в 2050 г. Реализацию водородной стратегии ЕС предполагается осуществлять в три этапа: 1) с 2020 по 2024 г. – установка в ЕС как минимум 6 ГВт возобновляемых водородных электролизеров и производство до 1 миллиона тонн возобновляемого водорода; 2) с 2025 по 2030 г. водород должен стать неотъемлемой частью интегрированной энергетической системы; запланирована установка к 2030 г. не менее 40 ГВт возобновляемых водородных электролизеров и производство до 10 млн т возобновляемого водорода; 3) с 2030 по 2050 г. технологии возобновляемого водорода должны достичь зрелости и быть развернуты в больших масштабах, охватывая все секторы, которые трудно декарбонизировать и где другие альтернативы могут оказаться невозможными или более затратными [6].



Примечательно, что не остается в стороне от указанных процессов и Российская Федерация, хотя она является одним из ведущих мировых производителей углеводородов. Так, в Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года отмечается, что водород «в перспективе способен стать новым энергоносителем, замещающим углеводородные энергоносители, и сформировать «водородную экономику» [7]. В соответствии с указанным выше документом, Россия планирует войти в число мировых лидеров по производству и экспорту водорода (плановые показатели: 0,2 млн т к 2024 г. и 2 млн т к 2035 г.). Для достижения указанных целей Энергетическая стратегия России предусматривает комплекс мер, в том числе, разработку и реализацию мер государственной поддержки создания инфраструктуры транспортировки и потребления водорода и энергетических смесей на его основе; обеспечение законодательной поддержки производства водорода; разработку отечественных низкоуглеродных технологий производства водорода методами конверсии, пиролиза метана, электролиза и других технологий, в том числе с возможностью локализации зарубежных технологий и т.д. [7].

Переход к водородной энергетике (и к водородной экономике в целом) принесет широкий спектр социально-экономических, экологических и геополитических последствий.

Если для большинства развитых стран мира, в том числе, Европейского союза, движущей силой развития водородных технологий является борьба с изменением климата, то для России, где традиционно высок уровень климатического скептицизма, стремление развивать новые энергетические технологии, в том числе ВИЭ и производство водорода, связано с осознанием опасности технологического отставания в этой сфере, а также стремлением сохранить статус одного из крупнейших экспортеров энергоносителей.

Для водорода, полученного посредством различных технологий, используется ряд названий – «зеленый», «желтый», «голубой», «серый» и т.д. [8]. Так, водород, полученный посредством электролиза воды с использованием электричества из ВИЭ, считается «зеленым». В водородной стратегии ЕС этот тип водорода назван «возобновляемым» (англ. *renewable*), либо чистым (англ. *clean*). Выбросы парниковых газов при производстве «зеленого» водорода (при учете всех этапов жизненного цикла) близки к нулю. Себестоимость его производства в ЕС составляет 2,5–5,5 евро/кг H<sub>2</sub> [6].

Если при производстве водорода использовалась атомная энергия, такой водород считается «желтым». В документах ЕС этому типу водорода соответствует «водород

на основе электричества» (англ. *electricity-based hydrogen*), который производится посредством электролиза без применения специальных требований к источнику электроэнергии.

«Голубой» водород производится методом паровой конверсии (риформинга) метана с использованием природного газа либо биомассы в сочетании с технологией улавливания и хранения углерода (англ. *carbon capture and storage*). Благодаря технологиям улавливания результирующие выбросы парниковых газов оказываются низкими. В водородной стратегии ЕС данный тип водорода назван «водород на основе ископаемых топлив с улавливанием углерода» (англ. *fossil-based hydrogen with carbon capture*). Себестоимость его производства в ЕС составляет около 2 евро/кг H<sub>2</sub> [6].

Наконец, «серый» водород производится методом паровой конверсии (риформинга) метана с использованием природного газа либо биомассы без использования технологии улавливания и хранения углерода. В настоящее время это самый распространенный метод получения водорода, однако выбросы парниковых газов при его использовании являются значительными. В водородной стратегии ЕС данный тип водорода назван «водород на основе ископаемых топлив» (англ. *fossil-based hydrogen*), себестоимость его производства в ЕС составляет 1,5 евро/кг H<sub>2</sub> [6].

Очевидно, что переход к водородной энергетике (и к водородной экономике в целом) принесет широкий спектр социально-экономических, экологических и геополитических последствий. Обсуждая геополитические аспекты развития водородной энергетике, следует отметить, что указанные проблемы можно рассматривать в контексте геополитики возобновляемой энергетики либо, более широко, в контексте геополитики «энергетического перехода». Актуальный обзор наиболее значимых публикаций по данной тематике представлен Р. Вакульчуком с соавт. (на английском языке) [9] и О.А. Кучинским (на русском языке) [10]. По мнению нидерландского эксперта Н. ван Хулста, значительное расширение использования возобновляемого водорода позволит уменьшить зависимость от внешних поставок ископаемых ТЭР в ЕС, и таким образом, укрепить энергетическую безопасность [11].

Альтернативной точки зрения придерживаются Ф. Флугман и Н. де Блазио – авторы одной из первых публикаций, посвященной непосредственно геополитике водородной энергетике. По их мнению, геополитические последствия, связанные с ростом использо-

вания ВИЭ, не будут тождественными геополитическим последствиям использования возобновляемого водорода. Геополитика возобновляемого водорода будет скорее сравнима с геополитикой традиционных энергоносителей (природного газа). Если производство водорода будет концентрироваться там, где ресурсы наиболее доступны и дешевы, страны разделятся на чистых импортеров и экспортеров. В этих условиях геополитика водородной энергетики может по-прежнему фокусироваться вокруг доступа к ресурсам, безопасности поставок, ресурсной ренты поставщиков и транспортных диспутов аналогично геополитике традиционных ископаемых энергоресурсов. Авторы прогнозируют появление новых «энергетических чемпионов» (Австралия, Марокко), обладающих оптимальными условиями для массового производства водорода, в то время как важность региона Ближнего Востока будет уменьшаться в силу недостатка водных ресурсов. Ряд сильно зависящих от внешних поставок энергоносителей стран Западной Европы, Япония, Южная Корея и в эпоху водородной экономики не уменьшат свою уязвимость [12].

Актуальность развития технологий водородной энергетики для Республики Беларусь может быть связана с введением в эксплуатацию Белорусской АЭС. Так, по мнению директора Института энергетики НАН Беларуси А. Бриня, получение водорода является перспективным направлением наряду со строительством электрифицированного жилья, развитием электротранспорта, инфракрасным нагревом [13]. Кроме того, учитывая ограниченные возможности экспорта электроэнергии, возможные излишки электрической энергии могут быть преобразованы для длительного хранения с помощью технологий водородной энергетики.

Следует отметить, что расширение производства водорода происходит и на предприятиях нефтехимической отрасли Беларуси. Так, в 2020 г. была запущена в эксплуатацию установка получения водорода №2 ОАО «Нафтан» – один из технологических объектов комплекса замедленного коксования. Данная установка может работать на комбинированном сырье в любом его соотношении (сжиженный углеводородный газ, а также природный газ) и позволяет получать водородсодержащий газ высокой чистоты (99,9%), необходимый в гидрогенизационных процессах [14]. На завершающей стадии находится строительство комплекса гидрокрекинга тяжелых нефтяных остатков на Мозырском НПЗ, частью которого также является установка производства водорода [15].

В Беларуси имеются и собственные научные разработки в области водородной энергетики. Так, в Институте тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси с 2002 г. работает лаборатория водородной энергетиче-

ки (в настоящее время – лаборатория синтеза и анализа микро- и наноразмерных материалов), в которой занимаются, в том числе, вопросами проектирования и исследования топливных элементов и электролизеров, технологиями хранения водорода, катализаторов для топливных элементов и т.д. [16].

## Выводы

Следует отметить, несмотря на актуальность водородной энергетики, в законодательстве Республики Беларусь в области энергетики и энергосбережения, также как и в соответствующих государственных программах, данная тематика пока еще не нашла своего достойного отражения. Вместе с тем, учитывая современные тенденции развития мировой энергетики, то место и роль, которые отводятся водородной энергетике такими важнейшими энергетическими геополитическими игроками современности, как ЕС и Российская Федерация, – Беларуси уже сегодня необходимо предпринимать конкретные шаги, чтобы вписаться в формирующуюся новую энергетическую реальность, в которой роль традиционных углеводородов будет существенно меньше, чем в настоящее время, а роль возобновляемых источников энергии и водородной энергетики будет постоянно возрастать. При этом, учитывая критическую зависимость экономики Беларуси от поставок российского газа, развитие водородной энергетики в перспективе способно стать достойной альтернативой таким поставкам, важной составляющей обеспечения национальной энергетической безопасности, а также позитивно воздействовать на усиление геополитического потенциала страны.

## Литература

1. Hydrogen from Renewable Power Technology Outlook for the Energy Transition [Electronic resource] // IRENA, 2018. – Mode of access: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Sep/IRENA\\_Hydrogen\\_from\\_renewable\\_power\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Sep/IRENA_Hydrogen_from_renewable_power_2018.pdf). – Date of access: 14.09.2020.
2. Водород вместо нефти, газа и угля – новый тренд в Европе [Электрон-

ный ресурс] / Deutsche Welle, 2018. – Режим доступа: <https://www.dw.com/ru/водород-вместо-нефти-газа-и-угля-новый-тренд-в-европе/a-50112770>. – Дата доступа: 01.10.2020.

3. Открыт первый в мире завод по производству стали без использования ископаемого топлива [Электронный ресурс] / Electrovesti, 2020. – Режим доступа: [https://elektrovesti.net/72370\\_otkryt-pervyyv-mire-zavod-po-proizvodstvu-stali-bez-ispolzovaniya-iskopaemogo-topliva](https://elektrovesti.net/72370_otkryt-pervyyv-mire-zavod-po-proizvodstvu-stali-bez-ispolzovaniya-iskopaemogo-topliva). – Дата доступа: 01.10.2020.

4. Hydrogen [Electronic resource] // Observatory of Economic Complexity 2020. – Mode of access: <https://oec.world/en/profile/hs92/hydrogen>. – Date of access: 01.10.2020.

5. Водородная экономика – путь к низкоуглеродному развитию [Электронный ресурс] // Центр энергетики Московкой школы управления СКОЛКОВО, 2019. – Режим доступа: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_Hydrogen-economy\\_Rus.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Hydrogen-economy_Rus.pdf). – Дата доступа: 27.10.2020.

6. A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions [Electronic resource] // European Commission, Brussels, 8.7.2020 COM(2020) 301 final. – Mode of access: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen\\_strategy.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf). – Date of access: 14.09.2020.

7. Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства РФ, 9 июня 2014 г., № 1523-р // Правительство России, 2020. – Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4lgsApsm6mZRb7wx.pdf>. – Дата доступа: 14.09.2020.

8. Shaping Tomorrow's Global Hydrogen Market [Electronic resource] // Baker McKenzie, 2020. – Mode of access: [https://www.bakermckenzie.com/-/media/files/insight/publications/2020/01/hydrogen\\_report.pdf?la=en](https://www.bakermckenzie.com/-/media/files/insight/publications/2020/01/hydrogen_report.pdf?la=en). – Date of access: 14.09.2020.

9. Vakulchuk, R. Renewable energy and geopolitics: A review / R. Vakulchuk, I. Overland,

D. Scholten // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2020. – Vol. 122. – 109547.

10. Кучинский, О.А. Геополитика возобновляемой энергетики как новое направление политических исследований / О.А. Кучинский // Проблемы управления. – 2018. – №4 (70). – С. 133–141.

11. Van Hulst, N. Hydrogen, the missing link in the energy transition [Electronic resource] / N. van Hulst. – Mode of access: <https://www.iea.org/commentaries/hydrogen-the-missing-link-in-the-energy-transition>. – Date of access: 15.09.2020.

12. Pflugmann, F. The Geopolitics of Renewable Hydrogen in Low-Carbon Energy Markets / F. Pflugmann, N. De Blasio // Geopolitics, History, and International Relations. – 2020. – Vol. 12 (1). – P. 9–44.

13. Электродома и водородное топливо – какие возможности открывает запуск БелАЭС [Электронный ресурс] // БЕЛТА, 2020. – Режим доступа: <https://www.belta.by/society/view/elektrodoma-i-vodorodnoe-toplivo-kakie-vozmozhnosti-otkryvaet-zapusk-belaes-400530-2020/>. – Дата доступа: 01.10.2020.

14. Новая установка запущена в ОАО «Нафтан» [Электронный ресурс] / БЕЛТА, 2020. – Режим доступа: <https://www.belta.by/economics/view/novaja-ustanovka-zapuschena-v-oao-naftan-400611-2020/>. – Дата доступа: 01.10.2020.

15. На Мозырском НПЗ завершается строительство установки производства серы комплекса H-Oil [Электронный ресурс] / БЕЛТА, 2020. – Режим доступа: <https://www.belta.by/economics/view/namozyrskom-npz-zavershaetsja-stroitelstvo-ustanovki-proizvodstva-sery-kompleksa-h-oil-412620-2020/>. – Дата доступа: 01.10.2020.

16. Лаборатория синтеза и анализа микро- и наноразмерных материалов [Электронный ресурс] // Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2020. – Режим доступа: <http://www.itmo.by/laboratory/mcpi/laboratoriya-sinteza-i-analiza-mikro-i-nanorazmemykh-materialov/>. – Дата доступа: 14.09.2020. ■

Статья поступила в редакцию 28.10.2020.

## Энергосмесь

# Котельная в Бресте частично будет вырабатывать тепло из электричества

В Бресте модернизировали Восточную районную котельную №2 и установили там электрокотел.

Введен в эксплуатацию один из 20 электрокотлов, предусмотренных программой мероприятий по интеграции БелАЭС в энергосистему страны. Их суммарная номинальная мощность – 916 МВт, в том числе на долю Брестской области приходится 140 МВт. «Элек-

трокотельные в регионе построены и готовы использовать энергию атомной электростанции, обеспечить регулирование суточного графика нагрузок, – отметил министр энергетики Виктор Каранкевич. – Ввод электрокотлов позволит снизить потребление природного газа, уменьшить выбросы парниковых газов в атмосферу». ■

БЕЛТА



**Л.А. Сиваченко,**  
д.т.н. проф.  
Белорусско-Российский университет

# ПЕРЕДОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ РОЛЬ В ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИИ И УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ БЕЛАРУСИ

## Аннотация

Описано одно из основных направлений повышения эффективности промышленности – создание передовых производственных технологий (ППТ), показана их роль в развитии современной экономики, и дана оценка состояния технологической сферы в Беларуси. Приведены примеры ППТ в области производства строительных материалов, и показана их энергоэффективность. Обоснованы задачи и пути создания отечественных ППТ с целью обеспечения устойчивого развития промышленного комплекса.

## Abstract

One of the main directions of increasing the efficiency of industry is described – the creation of advanced production technologies (APT), their role in the development of the modern economy is shown, and the condition of the technological sphere in Belarus is assessed. Examples of APT in the field of building materials production are given, and their energy efficiency is shown. The tasks and ways of creating domestic APT are substantiated in order to ensure sustainable development of the industrial complex.

## Введение

Беларусь все сильнее отстает в своем развитии от передовых стран и постепенно впадает в технологическую (читай экономическую) зависимость. Это вполне зримая угроза со стороны современного неокOLONIALИЗМА, и для ее ликвидации нашему государству необходим переход к интенсивному внедрению инноваций. Технологическая политика Беларуси является расплывчатой, в ней больше внимания уделяется отдельным элементам наукоемкой экономики, по которым масштабно мы не конкуренты в мире, а вот поиск своих национальных приоритетов и перспектив наукоемкого развития до сих пор не завершен. Формирование национальной идеологии новой промышленной революции, в частности ее первой фазы – неоиндустриализации производственной сферы, – требует незамедлительного решения [1, 2].

## Методология развития технологической сферы

Поворот большинства развитых стран к реиндустриализации позволяет говорить о новых подходах организации роста и повышения эффективности промышленной сферы. Одним из них являются передовые производственные технологии (ППТ), к которым, как правило, относят их наиболее популярные виды: аддитивные, эффективные материалы, робототехника, интеллектуальные системы, биоинженерия и так далее [3]. Однако, с позиций энерго- и ресурсосбережения это не всегда самые эффек-

тивные и нужные технологии для таких стран, как Республика Беларусь [3], причем как с точки зрения практического использования, так и в качестве новой осваиваемой продукции. Последнее опасно из-за высокой конкуренции на мировом рынке ППТ [1, 3].

Окружающая нас материальная среда представляет собой сложные природные и искусственные дисперсные системы, являющиеся предметом деятельности человека. Эти системы, как правило, непосредственно к хозяйственному обращению не пригодны и требуют трудоемкой и дорогостоящей переработки. Генеральным направлением решения этой задачи является создание и использование высокоэффективных технологических комплексов (ТК) [4], которые являются экономической основой современной экономики и основой ее эффективности. Более 90% всех производственных издержек, особенно энергетических, приходится на крупные промышленные объекты [4], которые широко используют ТК.

Идеологической базой в основе наших обоснований является тот факт, что существующие технологии переработки веществ связаны с их огромными объемами и имеют низкую эффективность. Применяемое оборудование очень часто функционирует на технических решениях еще XIX века, и для многих процессов, например, измельчения, о его замене на новые технические решения речь даже не идет [5]. В машиностроении хорошо известно, что снижение веса зубчатого колеса на 1 кг приводит

к снижению веса редуктора на 2,5 кг, а машины, где этот механизм используется, – на 7,5 кг [6]. Этот пример следует проецировать на ТК, работа которых пагубна для экономики в целом. Сложившееся положение особенно характерно для таких предприятий и отраслей, как цементные, силикатные, известковые и керамические заводы, производство калийных удобрений, металлургия, переработка отходов, выпуск доломитовой продукции и многих других.

Создание ППТ может базироваться на различных научных концепциях и подходах. Каждый ТК также требует особых методов и обоснований, а применительно к технологическому оборудованию для комплексной переработки сырья и материалов – это основанные на реально возможном использовании существенного потенциала энерго- и ресурсосбережения достижения физико-химической механики, технологической вибротехники, вариативности рабочих процессов и логистики их структурного построения [1, 7]. Поскольку замена полного состава оборудования ППТ на новое, как правило, чрезвычайно сложна технически и экономически невыгодна, их эффективность зависит от правильного подбора всех рабочих агрегатов. Это означает необходимость заимствования лучших мировых образцов техники и технологических решений в рамках кооперационных поставок или лицензионных соглашений и оснащения создаваемых или действующих ППТ.

### Примеры создания эффективных ППТ

Приведем некоторые варианты создания и использования ППТ применительно к производству строительных материалов в Беларуси.

#### Силикатный завод нового поколения.

На базе АО «Пресс» г. Запорожье с 1989 по 1992 г. был спроектирован и построен завод по производству 60 млн штук силикатного кирпича в год. Выполнение всех массоподготовительных операций проводилось под руководством автора и базировалось на аппаратах адаптивного действия. Все исходные научно-технические задачи решались:

- а) применением с позиций физико-химической механики мокрой технологии ввода известковой части – известкового молока;
- б) использованием оборудования, способного производить комплексную переработку сырьевой массы и обеспечивать нужные дисперсность и однородность;
- в) реализацией эффекта механоактивации в процессе массоподготовки.

Традиционный вещественный набор компонентов не изменялся, но приготовление формовочной смеси проводилось на известковом молоке, получаемом путем диспергирования негашеной извести вместе с водой в специальном пружинном диспергаторе [8].

Общее представление о реализации нового подхода дает технологическая схема, изображенная в сокращенном варианте на рисунке 1. Изначально было решено отказаться от шаровой мельницы как наиболее энергоемкого агрегата. Ее функции были возложены на два последовательно работающих аппарата – молотковую дробилку с вертикальным ротором, оснащенный подвешенным на цепях билами, и пружинный смеситель-активатор [8, 9]. Молотковая дробилка в данном случае работает в режиме мельницы-смесителя

Рис. 1. Технологическая схема производства силикатного кирпича

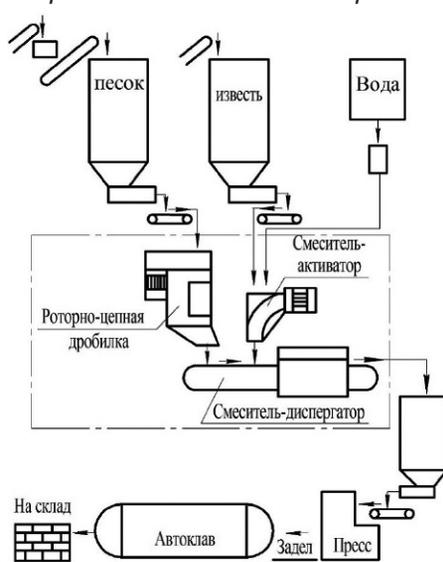


Рис. 2. Схемы оборудования для приготовления формовочных масс

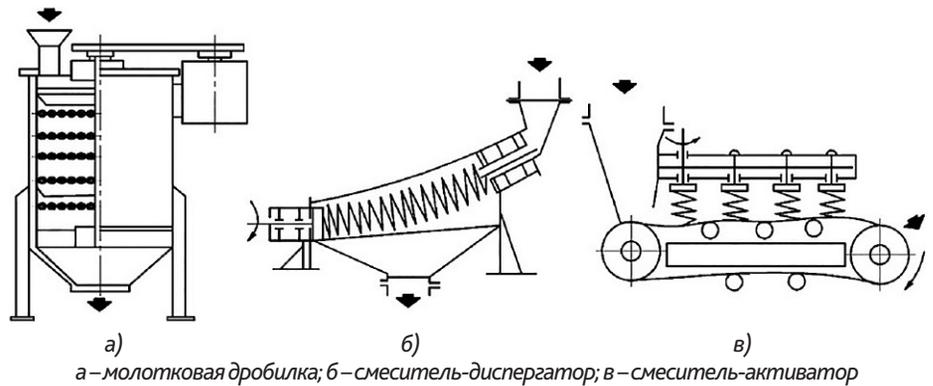


Рис. 3. Молотковая дробилка с вертикальным ротором

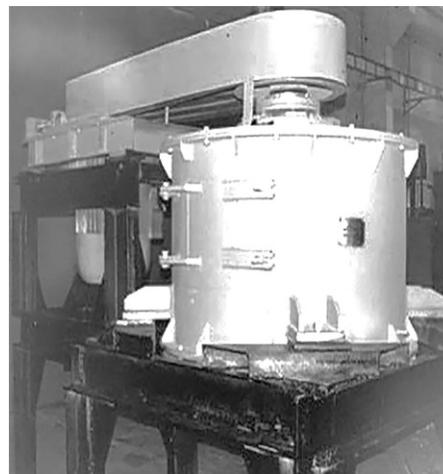


Рис. 4. Смеситель-диспергатор

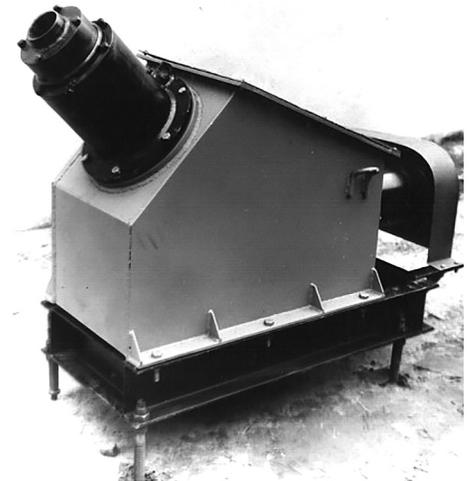


Рис. 5. Пружинный смеситель-активатор



и обеспечивает хорошую однородность приготавливаемой силикатной смеси. Учитывая высокую дезинтеграторную и смесеобразовательную способности этого оборудования, а также полагая, что механоактивировать необходимо все составляющие, обработке подвергли все материалы формовочной массы в полном объеме, в том числе совместно.

Представление о конструкциях нового оборудования дают схемы этих устройств, приведенные на рисунках 2–5. Пояснений требует, на наш взгляд, только схема пружинного смесителя-диспергатора, представляющего собой установленные над движущейся лентой транспортера параллельными рядами пружинные рабочие органы, связанные с приводом [9]. Общие виды базовых промышленных образцов изображены на рисунках 3–5. Смесеприготовительное оборудование, разработанное под руководством автора, хорошо взаимодействует с оригинальным гидропрессом, оснащенный ультразвуковой головкой, который был спроектирован специалистами ЦНИЛ автоматики ПО «ВостГЭК», г. Желтые Воды Днепропетровской области. Производительность каждой из двух технологических линий по формовочной смеси составляет 40...60 т/час, а по прессу – 20...30 т/час. Производитель-

ность пружинного смесителя-диспергатора по известковому молоку – 5...6 м³/час.

В целом разработанная технология, обкатанная на оборудовании промышленного класса, позволила получить силикатный кирпич марки М400 с морозостойкостью МрЗ 50 при расходе извести на 30...40% меньше. Время автоклавной обработки (изотермическая выдержка) сократилось на 20...25%, капитальные затраты на строительство нового комплекса – в 1,5...2,0 раза. При этом удельные приведенные затраты снизились на 20...25%, а себестоимость силикатных изделий – на 25...28% [8].

К сожалению, из-за развала СССР и экономического банкротства 1992–93 гг. силикатный завод в г. Запорожье, построенный по технологии, не имеющей аналогов в мире, был разорен и прекратил свое существование. Реализация предложенной концепции создания силикатного производства до настоящего времени в необходимом объеме не проводилась из-за отсутствия финансирования.

Наработанный опыт может быть успешно использован на действующих силикатных заводах. Таким вариантом является проект с минимальной модернизацией производства путем исключения из цепи оборудования шаровой мельницы и замены ее функций пружинным смесителем-активатором, т.е. мельницей и молотковым измельчителем с наклонным ротором [1, 9]. Таким образом, активная дезинтеграторная переработка всей шихты обеспечивает получение требуемого гранулометрического состава формовочной смеси. В результате возможная экономия электроэнергии на процессе массоподготовки составит 12–15 кВт·ч на 1000 штук условного кирпича.

**Отделение помола мела для получения сырьевой муки.** При помоле влажного мела в ОАО «Белорусский цементный завод» используются аэрофолы диаметром 9 метров и молотковые однороторные дробилки диаметром 1,75 метра. Основная проблема при их эксплуатации заключается в очень высокой энергоёмкости процесса и недостаточной производительности,

что связано с несовершенством работы в первую очередь молотковой дробилки. Первопричиной такого положения является низкая эффективность разрушения малопрочных частиц мела с преобладающим размером менее 10...12 мм массивными литыми билами, которые работают в режиме вентилятора. Следствием этого являются кратность циркуляции материала 260...290% и необходимость периодического включения второго аэрофола для обеспечения требуемой производительности линии.

Рабочие органы в виде бил имеют большие ударные поверхности, что способствует созданию на их поверхности воздушных потоков, которые в процессе измельчения сдувают частицы мела и не обеспечивают требуемой эффективности разрушения. Для устранения этого недостатка предлагается модернизировать молотковую дробилку путем выполнения ее ротора из набора щеток соответствующей конструкции, монтируемых на кронштейнах и обеспечивающих перекрытия рабочего пространства дробилки. Диаметр элементов таких щеток должен быть не менее 5...8 мм, а линейная скорость в момент удара – более 40 м/с. Огромное количество ударных элементов будет создавать необходимые для разрушения частиц напряжения и снижать до минимума негативное влияние воздушных потоков. Реализуемое таким образом управляемое движение обрабатываемого материала обеспечит повышение производительности

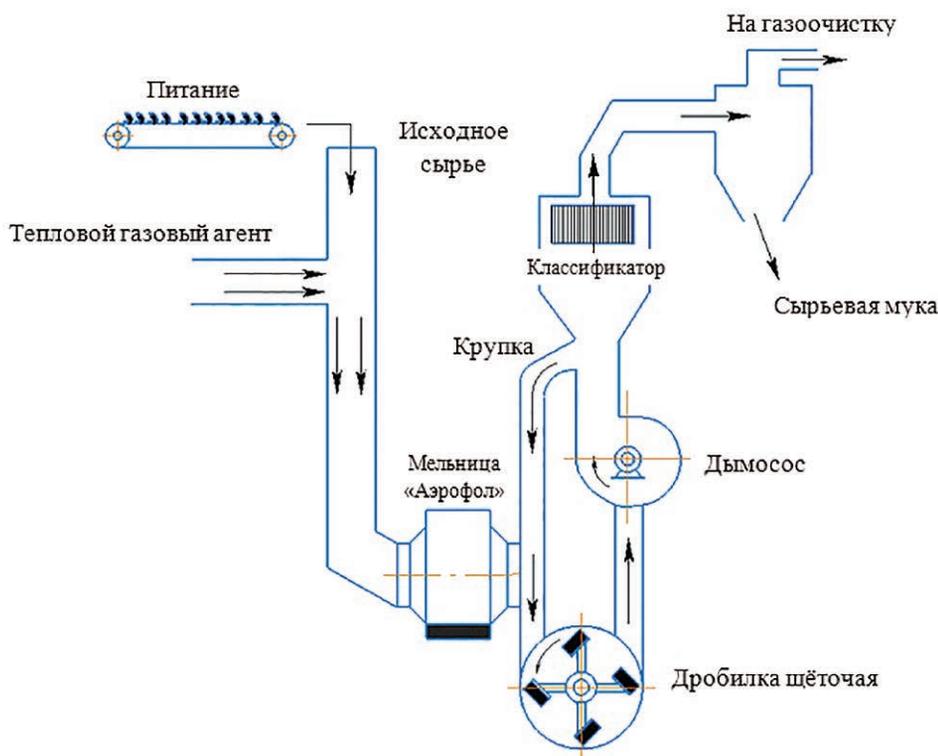
сти дробилки на 30–40% и уменьшение мощности приводного электродвигателя на 200–250 кВт·ч при годовой экономии электроэнергии до 1 млн кВт·ч. Схема состава оборудования отделения помола мела приведена на рисунке 6.

Новым в составе оборудования является только щеточная дробилка ударного действия, которую целесообразно выполнить с наклонным ротором и организацией движения материала снизу вверх по методу процесса с целью повышения степени измельчения мела, что существенно снижает кратность циркуляции обрабатываемого продукта. При таком ведении процесса мощность дымососа можно увеличить в 1,5...2,5 раза и обеспечить требуемую производительность линии работой одного аэрофола. В пересчете на условное топливо суммарная экономия только энергоресурсов при модернизации отделения помола мела может составлять не менее 10000 тонн условного топлива в год. Важным результатом такой модернизации будет обеспечение требуемой производительности линии при работе одного аэрофола без периодического включения второго.

**Оборудование для измельчения и сушки мела в производстве извести.** Производство извести с использованием влажных мелов связано с огромным потреблением энергии, прежде всего на обжиг, доходящим до 280 и более килограмм условного топлива (кг у.т.) на 1 тонну готового продукта. Поступающий на обжиг карьерный мел имеет влажность в среднем порядка 25%, и его сушка требует 70...80 кг у.т. из расчета необходимости 3 кг у.т. на испарение 1% влаги, что характеризует этот процесс как крайне неэффективный и объясняется сложностью вывода жидкой фазы из капиллярно-пористой структуры крупнокускового мела [11].

Имеющийся потенциал экономии топлива при сушке мела может быть реализован на основе использования тепла отходящих газов, имеющих температуру 150...170 °С, из вращающейся печи. Для увеличения поверхности теплообмена и влагоудаления наилучшим образом подходит цепной агрегат, подробно описанный в работе [12], имеющий развитую рабочую поверхность, высокую степень измельчения сырьевых карьерных материалов и хорошо вписываемых в технологические цепи действующих производств. Конструктивно он представляет собой двухволновую цепную гирлянду в своей центральной части, связанной с приводом возвратно-поступательных перемещений. Рабочий процесс такого агрегата обеспечивает измельчение, грохочение и создание своеобразного кипящего слоя на цепной гирлянде при одновременном исключении налипания на рабочей поверхности. Компонентная схема набора оборудования

Рис. 6. Схема состава оборудования отделения помола мела



для измельчения и сушки мела производства извести приведена на рисунке 7 и соответствует условиям цеха по производству извести ОАО «БЦЗ», расположенного в г. Климовичи.

Технологический процесс измельчения и сушки на основе такого набора оборудования происходит следующим образом. После розжига и запуска печи 1 последовательно включают в работу цепной агрегат 3, производящий измельчение материала, и ленточный конвейер 5, обеспечивающий равномерное питание агрегата крупнокусковым влажным мелом. Приводимые в интенсивные колебательные перемещения волновые цепные зазоры цепного агрегата 3 своими рабочими элементами разрушают куски мела, создавая своеобразный кипящий слой, через который с помощью дымососа 9 просасываются отходящие газы. Измельченные до определенной крупности куски мела просыпаются между звеньями цепных зазоров и через пыльную камеру 2 сыплются во вращающуюся печь 1. В процессе прохождения отходящих газов через пыльную камеру 2 и рабочие зоны цепного агрегата 3, где частицы измельченного мела, достаточно равномерно распределенные внутри них, имея максимально развитую поверхность, отдают значительную часть влаги, которая в виде паропылегазовой смеси с помощью дымососа 9 удаляется из рабочей зоны.

Пылеватые частицы осаждаются с помощью электрофильтра 8, а очищенный газовый состав выбрасывается в атмосферу через трубу 10.

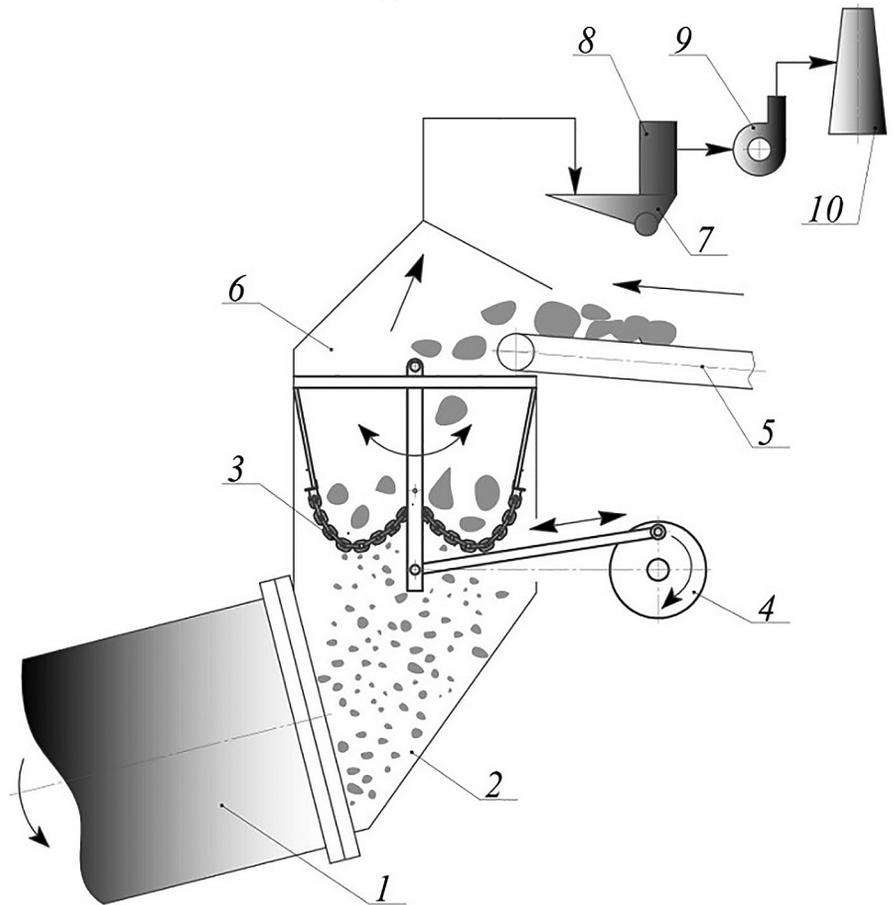
Оценка реальных возможностей разработанного способа массоподготовки показывает, что при достижении съема влаги 7...8%, т. е. с 25% до 17...18%, при объемах переработки 250 тыс. тонн в год и среднестатистическом расходе удельного топлива в количестве 3 кг у.т. на испарение 1% влаги из тонны сырья, его экономия составит 5250...6000 тонн условного топлива [11]. Такая величина экономии соответствует комплексу по производству извести ОАО «Белорусский цементный завод» (г. Климовичи Могилевской области).

Особо следует отметить, что использование цепных агрегатов для комплексного проведения процессов измельчения и сушки сырьевых материалов на цементных заводах сухого способа производства позволяет экономить не менее 20...25 кг у.т. при переработке 1 тонны влажных мелов.

### Потенциал ППТ в решении задач энерго- и ресурсосбережения

Применительно к вопросу практического использования ППТ возможны два основных сценария. Первый – ППТ приобретаются по лицензии и внедряются с привлечением зарубежных специалистов, второй – ППТ создаются на основе собственных разработок. К сожалению, приобретенные извне ППТ зача-

Рис. 7. Схема состава оборудования отделения помола мела



1 – вращающаяся печь; 2 – пыльная камера; 3 – цепной агрегат; 4 – привод цепного агрегата; 5 – ленточный конвейер; 6 – газоход; 7 – пылесборник; 8 – электрофильтр; 9 – дымосос; 10 – труба

стуют не являются таковыми и не обеспечивают требуемой эффективности, как, например, построенные по китайским проектам цементные заводы. А создаваемые собственными силами, не были технологически реализованы по причине недостаточности финансирования стадии НИОКР (например, технологический комплекс скоростного обжига извести, выполненный ГП «Институт НИИКСМ» под руководством В.Л. Бильдюкевича).

В технологиях переработки материалов доминируют две основных группы процессов. Первая – механические процессы, к которым относятся измельчение, смешивание, транспортирование, классификация, уплотнение, резание металлов, копание грунтов и т.д. Вторая – тепловые процессы, которые включают в себя обжиг, сушку, нагрев, охлаждение, автоклавную обработку, плавку, термовлажностную обработку и т.д. Эти процессы в подавляющем большинстве осуществляются в составе единого технологического цикла и взаимопределяют и дополняют друг друга. Примеры – производство цемента, извести, удобрений, твердого топлива, керамических изделий, металлов, переработка отходов, порошковая металлургия, нанотехнологии и др.

Правильный выбор состава, технического исполнения и технологической реализации совокупности этих процессов и является предметом ППТ.

Прояснить сложившуюся ситуацию в необходимой степени сможет разработанная автором энерготехнологическая концепция устойчивого развития (ЭТК). Суть ЭТК [13] применительно к проблемам энергосбережения заключается в системном анализе, организации, проектировании, производстве, функционировании и совершенствовании методов, средств, и организационных решений по созданию новых материалов, технологий, оборудования, производственных комплексов и продукции на условиях минимального энерго- и ресурсопотребления, высокой конкурентоспособности и экологичности. Основная задача ЭТК – предложить новые механизмы модернизации отечественной экономики, обеспечивающие ее переход на инновационный путь развития.

По предварительным оценкам, только неучтенный потенциал энергосбережения составляет по электроэнергии не менее 15–20% и 8–10% по другим видам энергоресурсов [1, 13]. Техническую основу реали-

зации этого направления может составить технологическое машиностроение, которому в таком трактовании уделяется пристальное внимание отечественных и зарубежных специалистов [1, 14]. Рациональное совмещение работ по технологическому энергосбережению с развитием машиностроения позволяет промышленному комплексу успешно решать задачи как повышения эффективности производства, так и расширения экспорта создаваемых машин и оборудования.

Межотраслевой анализ работы производственной структуры показывает, что самой массовой и энергоемкой технологической операцией механической переработки материалов является измельчение,

цессов достижениями науки и техники. Это по сути простейшие технологии, которые ответственствуют второму или третьему технологическому укладу, что хорошо подкрепляется следующими фактами.

Так, для цементобетона соответствующими исследованиями, проведенными в институте «Гипроцемент» (г. Санкт-Петербург), установлено, что в наиболее употребительных марках портландцемента только 20–40% всех его зерен участвует в реакции гидратации [15], т.е. 60–80% их выполняют функции мелкого заполнителя и являются балластом. Для асфальтобетона ситуация еще более удручающая. Например, если взять 1 м<sup>3</sup> и определить поверхность всех зерен са-

стрировать таким примером. В Могилевской области все предприятия машиностроения в 2010–2015 гг., по данным статотчетности, суммарно потребляли 280–300 млн кВт·ч электроэнергии в год. Но при этом различные предприятия, прежде всего стройиндустрии, тратили только на процесс измельчения материалов не менее 300 млн кВт·ч электроэнергии, причем 75% из них приходится на 20–22 крупных агрегата (аэрофолы, шаровые мельницы, молотковые дробилки).

Здесь уместно сопоставить возможную экономию условного топлива при получении извести на заводе в Климовичах в объеме 5250 тонн у.т. в пересчете на потребляемую электроэнергию при эквивалентности 1 кВт·ч электроэнергии 260 граммам у.т. Полученное значение 20 млн кВт·ч электроэнергии не оставляет сомнений в том, какие мероприятия следует проводить в первую очередь. Для сравнения, эта величина превышает суммарное потребление электроэнергии Могилевским комбинатом силикатных изделий, который является крупнейшим в стране. Все сказанное не означает исключение работ по энергосбережению на предприятиях машиностроения и, тем более, модернизации крупных измельчительных агрегатов, но эффективность этих направлений говорит сама за себя.

Из всех технологических процессов, используемых на предприятиях Беларуси, самым энергозатратным является обжиг клинкера при производстве цемента. Для сухого способа производства удельные затраты тепла на 1 тонну клинкера составляют 175–185 кг у.т., но при этом около 70 кг у.т. необходимы для удаления влаги, т.е. сушки влажной сырьевой массы. Как отмечалось нами ранее на основании предварительных испытаний, использование цепных агрегатов позволяет экономить 10–12 кг у.т. на 1 тонну влажных мелов при совмещении измельчения и продувки холодным воздухом [17] и 20–22 кг у.т. – при использовании для этих целей горячих отходящих газов. При годовом объеме производства цемента 7 млн тонн, с учетом удельного расхода сырьевых материалов, по первому варианту можно экономить примерно 125 тыс. тонн у.т., по второму – 250 тыс. тонн у.т.

Представленная информация – это одна из попыток отразить общий уровень технологического развития и определить отдельные направления создания ППТ и их эффективно-го использования в народном хозяйстве.

### Выводы

Передовые производственные технологии являются объектом экономической политики ведущих стран и активно ими развиваются на основе современных тенденций научно-технического прогресса и конвергентных взаимодействий с соседними отраслями и институтами технологической сферы. Это ре-

В Могилевской области все предприятия машиностроения в 2010–2015 гг., по данным статотчетности, суммарно потребляли 280–300 млн кВт·ч электроэнергии в год. Но при этом различные предприятия, прежде всего стройиндустрии, тратили только на процесс измельчения материалов не менее 300 млн кВт·ч электроэнергии, причем 75% из них приходится на 20–22 крупных агрегата (аэрофолы, шаровые мельницы, молотковые дробилки).

которое осуществляется совместно со многими другими процессами, в т.ч. смешиванием, классификацией, транспортированием, уплотнением, сушкой и т.д. и характеризуется чрезвычайно высоким энергопотреблением. Наши оценки показывают [1], что измельчению в Беларуси подвергается по меньшей мере 120–130 млн тонн различных материалов в год, на что требуется около 2 млрд кВт·ч электроэнергии и расходуется до 70 тысяч тонн мелющей гарнитуры [1, 9].

Совершенствованию дезинтеграторных технологий, которые базируются на процессах измельчения, уделяется крайне мало внимания, на это выделяется крайне мало средств. При достаточно развитом машиностроении мы около 95% измельчительного оборудования вынуждены закупать [1, 13]. Важно понимать, что эти технологические аппараты имеют устойчивую тенденцию превращения из простого орудия труда в интеллектуальные системы, способные целенаправленно изменять структуру и состав перерабатываемых материалов [15]. В этом случае вопросы энерго- и ресурсосбережения являются производной научного уровня технологической сферы и должны входить в состав приоритетных задач развития государства.

Важным потенциалом энерго- и ресурсосбережения следует считать производство и применение конгломератных материалов, в том числе бетонов, на основе минеральных и органических вяжущих. Современные технологии их получения являются по своей природе архаичными и решают только задачи гетерогенного распределения цементирующих компонентов в матрице минеральной структуры с минимальным насыщением этих про-

мого мелкого его компонента – минерального порошка, то она окажется равной 50–60 гектарам, причем на нее необходимо равномерно намазать слой битума. Нетрудно подсчитать, что при этом толщина пленки битума составит 0,28–0,30 микрометра. Риторический вопрос: как может применяться для этих целей асфальтосмеситель с крупными лопастями за 1,0–1,5 минуты обеспечить выполнение таких условий, и каким потенциалом обладают технологии получения асфальтобетона при их практической реализации?

Технологический прорыв в области производства бетона и бетонных изделий обеспечивает ощутимую экономию электроэнергии, тепла, первичного топлива, капитальных затрат, снизит эксплуатационные затраты и т.д. В промышленных условиях приготовления бетонных смесей можно экономить 20–30% цемента, или 40–60 кг на 1 м<sup>3</sup>, что для рынка Беларуси эквивалентно снижению объема его использования не менее чем на 400–450 тысяч тонн в год и обеспечивается новыми методами приготовления, прежде всего механоактивацией [9, 15]. На процесс механоактивации требуется не более 2,5–3,0 кВт·ч электроэнергии, а на производство 1 тонны цемента – суммарно 110–120 кВт·ч электроэнергии. Оценка потенциала энергосбережения при производстве асфальтобетона характеризуется значительной неопределенностью и требует дополнительного анализа.

В связи с вводом в эксплуатацию БелАЭС особую актуальность приобретают мероприятия по экономии первичных видов топлива и расширенного перевода оборудования на использование электроэнергии. Приоритетность этого направления можно проиллю-

ально проявляется в повышении наукоёмкости ВВП, реиндустриализации ряда отраслей промышленности и формировании новой кластерной среды [1–3]. Идет переход не только на производство высокотехнологичной продукции, но и к освоению выпуска систем машин в их конечном назначении, т.е. к созданию ППТ.

Страны – мировые лидеры, прежде всего США и ФРГ, в очередной раз пытаются уйти в технологический отрыв и делают это интенсивными методами управления. Неблагоприятное состояние экономики Беларуси требует реалистичной оценки сложившейся ситуации и поиска прагматичных и эффективных направлений развития отечественной промышленности на основе создания конкурентоспособных направлений, прежде всего в области ППТ. Сегодня уже очевидно, что для обеспечения устойчивого развития технологическая политика каждого государства должна быть кардинально изменена и ее трансформацию следует направить с выполнения множества отдельных разрозненных и зачастую пустых проектов на концентрацию работ в крупных направлениях с гарантированным и ускоренным выходом в фазу промышленной и коммерческой реализации.

В Беларуси есть опыт осуществления крупных инновационных проектов – это Парк высоких технологий, который показывает, что правильно выбранное направление с активной ролью государства на этапе становления позволяет создавать эффективные организации мирового уровня. Сегодня стране требуется благоприятный режим создания и использования инноваций. Одним из важнейших национальных проектов может стать Парк промышленных технологий, который будет способен решать основные задачи технологического развития с высоким уровнем энерго- и ресурсоэффективности.

## Литература

1. Сиваченко, Л.А. Технологическое машиностроение – инновационный резерв мировой экономики / Л.А. Сиваченко, Т.Л. Сиваченко // Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – 354 с.
2. Сиваченко, Л.А. Технологическое машиностроение как основа передовых промышленных технологий / Л.А. Сиваченко, Т.Л. Сиваченко // Вестник Белорусско-Российского ун-та. – Могилев. – 2016. – №4. – С. 67–77.
3. Данилин, И.В. Новая промышленно-экономическая политика развитых стран: ждет ли нас IV индустриальная революция? / И.В. Данилин // Год планеты. Ежегодник. Экономика. Политика. Безопасность. – Москва: Идея-Пресс, 2014. – С. 65–76.
4. Сиваченко, Л.А. Технологические переделы с максимальным потенциалом энергосбережения / Л.А. Сиваченко, У.К. Кусебаев, И.А. Реутский, А.М. Ровский // Энергоэффективность. – 2015. – №10. – С. 24–30.
5. Ревнивцев, В.И. Селективное разрушение минералов / В.И. Ревнивцев [и др.] // М.: Недра, 1988. – 286 с.
6. Громан, М.Б. Нормализация зубчатых колес / М.Б. Громан, П.С. Зак, М.А. Шлейфер // М.: Госстандарт, 1967. – 284 с.
7. Сиваченко, Л.А. Технологический потенциал машиностроения / Л.А. Сиваченко // Строительные и дорожные машины. – 2018. – №3. – С. 3–14.
8. Сиваченко, Л.А. К повышению эффективности силикатных производств / Л.А. Сиваченко, Е.И. Кутыно, К.Л. Сиваченко, Т.Л. Сиваченко // Сб. докл. V межрегиональной науч.-техн. конф. «Механики – XXI веку». – Братск: БрГУ, 2006. – С. 128–131.
9. Сиваченко, Л.А. Технологические аппараты адаптивного действия / Л.А. Сиваченко [и др.] // Минск: Изд центр БГУ, 2008. – 375 с.
10. Сиваченко, Л.А. К созданию иглоферзерных рабочих органов для технологиче-

ских аппаратов промышленного назначения / Л.А. Сиваченко, О.И. Наливко // Межвузовский сб. статей «Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов». – Белгород: БГУ, 2018. – С. 348–352.

11. Юревич, Т.К. Внедрение энергоэффективной технологии сушки сырья и материалов в перерабатывающей промышленности, машиностроении, строительстве / Т.К. Юревич // Энергоэффективность. – 2010. – №6. – С. 16–20.

12. Потапов, В.А. Цепной агрегат с волновой рабочей камерой и адаптивным механизмом силового воздействия для переработки влажных сырьевых материалов / В.А. Потапов, Л.А. Сиваченко // Вестник БарГУ. Серия «Технические науки». – 2020. – №8. – С. 98–105.

13. Сиваченко, Л.А. Энерготехнологическая концепция национальной безопасности / Л.А. Сиваченко // Вестник Белорус.-Рос. ун-та. – Могилев. – 2012. – №2. – С. 78–88.

14. Николаев, С.Н. Об интенсивном развитии технологического машиностроения на основе качества / С.Н. Николаев // «Строительные и дорожные машины». – 2020. – №5. – С. 3–9.

15. Витязь, П.А. Высокие технологии и наноматериалы в строительной индустрии / П.А. Витязь, В.Г. Горобцов // Строительная наука и техника. – 2009. – №6. – С. 4–16.

16. Классен, В.К. Обжиг цементного клинкера / В.К. Классен // Красноярск: Стройиздат, 1994. – 323 с.

17. Сиваченко, Л.А. Прямое использование энергии ветра в технологических процессах / Л.А. Сиваченко, А.В. Балобешко, Т.Л. Сиваченко // Энергоэффективность. – 2016. – №12. – С. 24–27. ■

Статья поступила  
в редакцию 9.09.2020

## Энергосмесь

### Пресс-тур продемонстрировал эффективность работы энергоисточников на местных видах топлива

11 ноября 2020 года состоялся пресс-тур, посвященный Международному дню энергосбережения и республиканской информационно-образовательной акции «Беларусь – энергоэффективная страна», который проводился Минским областным управлением по надзору за рациональным использованием ТЭР Департамента по энергоэффективности и ставил своей

задачей продемонстрировать эффективность работы энергоисточников на местных видах топлива в области.

В мероприятии приняли участие представители ведущих средств массовой информации Минской области – съемочные группы телеканалов СТБ, БТ-1, журналисты информационного агентства БЕЛТА и газеты «Прысталічка».

В ходе пресс-тура участники посетили уже введенную в эксплуатацию котельную в г. Столбцы мощностью 24 МВт, из которых 12 МВт – на фрезерном торфе, и котельную, строящуюся в д. Боровляны, с проектной мощностью 21 МВт на древесной щепе.

С комментариями выступили заместитель директора Департамента по энергоэффективности Леонид Полещук, начальник

Минского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР Дмитрий Кулак, генеральный директор ГО «Жилищно-коммунальное хозяйство» Василий Шашок, представители ЖКХ Столбцовского и Минского районов.

Трансляция мероприятия осуществлялась на телеканалах «СТБ», «НТВ Беларусь» и «ОНТ». ■

[energoeffekt.gov.by](http://energoeffekt.gov.by)

## Детский сад в Ошмянах стал «Солнцеградом» после модернизации

В преддверии Международного дня энергосбережения в Ошмянах состоялось торжественное открытие детского сада №3 после масштабной модернизации в рамках проекта «Внедрение мероприятий по энергоэффективности для устойчивого энергетического развития Ошмянского района Беларуси», который финансируется Европейским Союзом и софинансируется Ошмянским райисполкомом. За два года реализации проекта ясли-сад стали ярким примером применения энергоэффективных технологий и возобновляемых источников энергии.

Здание сада, построенное в 1970 году, давно нуждалось в реконструкции и тепловой модернизации. Нарушение температурного режима, плохая вентиляция, устаревшее оборудование – лишь некоторые из проблем, с которыми столкнулся сад. Перемены начались в 2018 году вместе со стартом проекта ЕС по внедрению энергоэффективных мероприятий в Ошмянском районе. Сегодня же ясли-сад сложно узнать, и он вполне может считаться самым современным учреждением Ошмян.

В ходе тепловой реабилитации здесь утеплены стены и кровля, установлены энергоэффективные окна, модернизирована и автоматизирована система отопления. Для горячего водоснабжения и отопления здания осуществлен монтаж тепловых насосов и солнечных коллекторов. Преимуществом является их взаимозаменяемость, а при снижении температуры ниже минус 5°C система автоматически подключается к котельной ЖКХ. Влажность воздуха контролирует автоматическая система вентиляции с рекуперацией. Кроме этого, в сад закуплена бытовая техника высшего класса энергоэффективности, заменено кухонное оборудование. Во внутреннем освещении используются энергоэффективные люминесцентные лампы,



До и после



а во внешнем – светодиодные лампы.

Солнечная энергия стала особой «изюминкой» детского сада. На крыше учреждения расположились солнечные панели, которые будут круглый год снабжать здание электричеством. Панели общей мощностью 10 кВт вырабатывают энергию даже в пасмурную погоду. На полной мощности они будут работать в период с мая по октябрь. Детский сад даже получил новое, пока неофициальное название – «Солнцеград».

Все перечисленные технологии позволят сократить потребление тепловой и электрической энергии более чем на 50%, сэкономят на коммунальных платежах, улучшить микроклимат в помещениях и снизить заболеваемость детей. Расчеты показывают, что выбросы парниковых газов уменьшатся на 100 тонн CO<sub>2</sub> эквивалента.

Общий бюджет проекта составляет 696 тыс. евро, в том числе финансирование Европейского Союза – 555 тыс. евро, софинансирование Ошмянского райисполкома – 141 тыс. евро. Помимо этого, Гродненский областной исполнительный комитет на общестроительные работы и благоустройство детского сада №3 выделил свыше 1 млн евро.

Стоит отметить, что тепло-модернизация и использование возобновляемой энергии в зданиях вносит свой вклад в достижение Ошмянами взятых на себя обязательств по снижению выбросов парниковых газов на 20% к концу 2020 года в рамках «Соглашения Мэров».

На церемонии открытия присутствовало много гостей: заместитель председателя Гродненского облисполкома Виктор Пранюк, председатель Конституционного суда Республики Беларусь Петр Миклашевич, председатель Ошмянского рай-

исполкома Владислав Гершгорин, начальник главного управления образования Гродненского облисполкома Руслан Абрамчик, директор ОАО «Строитель» Дмитрий Варно.

– Слова особой благодарности хочу высказать и Ошмянскому райисполкому, неравнодушные работники которого смогли привлечь помощь, в том числе и иностранную, чтобы привнести сюда новейшие технологии. Ошмянский район в этом плане – пример для других. Облисполком также не остался в стороне. В результате получился энергоэффективный детский сад, оснащенный современным энергосберегающим оборудованием, – отметил заместитель председателя Гродненского облисполкома Виктор Пранюк.

Уютные и просторные групповые помещения, музыкальный и спортивный залы, оборудованные кабинеты психолога и логопеда, новая мебель и игрушки – все сделано для комфорта детей.

Руководитель проекта Сергей Никитин вручил ребятам памятные подарки. Солнышко на ярких майках будет напоминать детям, откуда берется энергия в саду.

Несмотря на открытие pilotного объекта, проект еще не завершен. Одна из целей проекта – это популяризация энергоэффективного и экологического образа жизни среди населения г. Ошмяны. Параллельно с модернизацией здания, партнер Ошмянского райисполкома общественное объединение «Фонд Экомир» осуществляло информационную кампанию, чтобы мотивировать жителей района экономить энергию и беречь окружающую среду. За два года проведено несколько конференций, лекций, семинаров и конкурсов для разных целевых аудиторий. До окончания проекта в мае 2021 года запланировано еще много мероприятий, которые помогут повысить информированность об энергоэффективных технологиях, возобновляемых источниках энергии и изменении климата. ■

Автор текста  
и фото Татьяна Остроух

## Гродненщина подводит итоги работы по энергосбережению

На протяжении ряда лет в Гродненской области разрабатываются и успешно реализуются ежегодные планы мероприятий по энергосбережению, выполняется комплекс мер по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, внедрению новых передовых технологий, по увеличению использования местных видов топлива и возобновляемых источников энергии.

В соответствии с государственной статистической отчетностью по форме 4-энергосбережение (Госстандарт) за январь-сентябрь 2020 года по Гродненской области экономический эффект, достигнутый за счет внедренных энергосберегающих мероприятий, составил 85 тыс. т у.т. С учетом экономии ТЭР от введенной 16.03.2020 в эксплуатацию солнечной электростанции мощностью 1,25 МВт ООО «Аэролайт» вблизи деревни Яселевичи Щучинского района объем экономии ТЭР составил 85,3 тыс. т у.т., фактический целевой показатель за январь-сентябрь 2020 года выполнен и составил минус 4,3% при задании минус 3,9%.

Вышеуказанный объем экономии ТЭР достигнут за счет реализации в области крупных энергоэффективных проектов:

- «Строительство цеха по производству азотной кислоты мощностью 1200 тонн в сутки с реконструкцией действующего производства КАС» (23.05.2019) на ОАО «Гродно Азот», экономический эффект от внедрения составил 54587 т у.т.;

- «Реконструкция турбоагрегата ПТ-60-130/13 ст. №2 с заменой вспомогательного оборудования и генератора, Гродненская

*Солнечная электростанция в деревне Яселевичи Щучинского района*



*Цех по производству азотной кислоты мощностью 1200 тонн в сутки с реконструкцией действующего производства КАС на ОАО «Гродно Азот»*

ТЭЦ» (28.06. 2019) на РУП «Гродноэнерго», экономический эффект от внедрения – 12224 т у.т.;

- «Реконструкция котельной с внедрением современных энергоэффективных паровых котлов с конденсационными экономайзерами» (11.10.2019) в ОАО «Волковысский мясокомбинат», экономический эффект от внедрения – 416 т у.т.;

- «Строительство биогазового комплекса на территории очистных сооружений ОАО «Слонимводоканал» (28.02.2020), экономический эффект в текущем году – 147 т у.т.;

- «Ввод в эксплуатацию когенерационной установки на базе четырех газопоршневых двигателей мощностью 8,8 МВт» (29.04.2020) в ИООО «Кроноспан», экономический эффект в текущем году – 2950 т у.т.

В целом по области экономия от реализации мероприятий по приоритетным направлениям энергосбережения распределилась следующим образом:

- внедрение в производство современных энергоэффективных и повышение энергоэффективности действующих технологий, процессов, оборудования и материалов в производстве – 15549 т у.т.;

- оптимизация схем теплоснабжения – 13924 т у.т.;

- увеличение термосопротивления ограждающих конструкций зданий, сооружений и жилищного фонда – 1458 т у.т.;

- повышение эффективности работы котельных и технологических печей – 3071 т у.т.;



*Биогазовый комплекс на очистных сооружениях ОАО «Слонимский водоканал»*

- внедрение автоматических систем управления освещением и энергоэффективных осветительных устройств, секционного разделения освещения – 4666 т у.т.;

- увеличение использования местных топливно-энергетических ресурсов – 2047,1 т у.т.;

- прочие мероприятия по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов – 36470 т у.т.

Общий объем финансовых затрат на реализацию мероприятий по энергосбережению за январь-сентябрь 2020 года составил 130 млн 921,4 тыс. руб. ■

**Л.А. Кладко, зав. группой делопроизводства и отчетности Гродненского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР**

# ЭЛЕКТРОМОБИЛИ ВЫГОДНО СЕГОДНЯ



Плата за парковку  
Дорожный сбор  
Таможенные пошлины и налоги  
Вредные выбросы

0 рублей  
%  
грамм

