

май 2022

# ЭНЕРГО

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ

### Альтернативные методы получения энергии

Стройкомплекс  
Гродненщины,  
энергосистема, ВИЭ,  
импортозамещение ТЭР

Стр. 4-8

Немецкая Национальная  
стратегия в области  
водородной энергетики

Стр. 9-11

По дороге  
единства –  
в «ЭнергоБеларусь»

Стр. 17-19

Использование ТКО  
в энергетических целях:  
особенности  
MSF-технологии

Стр. 27-32

# ЭНЕРГО

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ

**Оформить  
подписку можно:**

- в любом отделении РУП «Белпочта» или РУП «Белсоюзпечать» (подписной индекс **750992**)
- через онлайн-сервис РУП «Белпочта» на сайте <https://www.belpost.by>
- в редакции по тел./факсу: (+375 17) **350 56 91** или e-mail: [uvic2003@mail.ru](mailto:uvic2003@mail.ru)
- скачать счет/договор на сайте <http://bies.by> (раздел «Журнал «Энергоэффективность»)
- скачать счет на сайте <http://energoeffekt.gov.by> (раздел «Популярно об энергосбережении»)

**Внимание!**

Продолжается  
подписка

**на 2-е полугодие  
2022 года**

Если Вам  
понадобится  
оригинал с «синей»  
печатью, сообщите  
нам, и мы вышлем  
его по почте.

**Мы публикуем только достоверные материалы,  
имеющие научную и практическую ценность!**



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

№5 (295) май 2022 г.

#### Учредители:

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

#### Редакция:

Главный редактор Л.В. Шенец  
Редактор Н.Т. Ивченко  
Дизайн и верстка В.Н. Герасименко  
Реклама и подписка А.В. Филипович

#### Редакционный совет:

**Л.В. Шенец**, к.т.н., председатель  
редакционного совета

**В.А. Седнин**, д.т.н., профессор, заместитель  
председателя редакционного совета,  
зав. кафедрой «Промышленная  
теплоэнергетика и теплотехника» БНТУ

**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 «Механизация  
и автоматизация дорожно-строительного  
комплекса» БНТУ

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

**Ф.А. Романюк**, д.т.н., профессор,  
член-корреспондент Национальной  
академии наук 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  
кафедры «Физика и энергоэффективные  
технологии» БелГУТа

**С.О. Бобович**, заместитель генерального  
директора ГПО «Белэнерго»

#### Издатель:

РУП «Белинвестэнергобережение»

#### Адрес редакции:

220037, г. Минск,  
ул. Долгобродская, 12, пом. 2Н.  
Тел./факс: (017) 350-56-91  
E-mail: [energy@bies.by](mailto:energy@bies.by)  
Цена свободная.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Энергетика и право

**2 Энергоаудит: совершенствуем подходы в работе**  
*О. Полякова*

### Новости электротранспорта

**3 Тарифы и станции растут**  
*Neft.by, malankabn.by*

### Интервью

**4 Строительный комплекс Гродненской области способен решать задачи любой сложности**  
*Д. Станюта*

### Возобновляемая энергетика

**9 Основные параметры немецкой Национальной стратегии в области водородной энергетики**  
*По информации Министерства промышленности и торговли Российской Федерации*

### Вести из регионов

**12 Гомельская область наращивает производство топливных pellets**  
*А. Дух*

**12 «Слонимбель» в 2022 году внедрило энергоэффективный котлоагрегат малой мощности**  
*С. Севрюков*

**13 Адреса энергосбережения: Могилевская область**  
*А. Барсуков*

### Энергомарафон

**14 Игра «ЭнергоЛэнд»: от школьной обучающей – к общегородской**  
*И. Толкачева, В. Вайтулянец*

### Экономия ТЭР

**15 Экономия ТЭР за январь-март 2022 года**  
*energoeffekt.gov.by*

### Учимся энергосбережению

**16 Энергосбережение и образование**  
*С. Заграбанец*

**17 По дороге единства – в «ЭнергоБеларусь»**  
*Н. Захаренко*

### Энергосмесь

**19 РУП «Могилевэнерго»: в регионе начали устанавливать экспериментальные птицевосприимчивые устройства**  
*БелТА*

### Научные публикации

**20 Анализ состояния и основные направления повышения эффективности теплоснабжения жилищно-коммунального сектора малых городов и агрогородков Республики Беларусь**  
*Ю.А. Башко, Н.В. Вратил, ГНУ «Институт жилищно-коммунального хозяйства Национальной академии наук Беларуси», Д.Ю. Башко, ГНУ «Научно-исследовательский экономический институт Министерства экономики Республики Беларусь», В.Н. Кецо, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*

**27 Эффективное использование твердых коммунальных отходов в энергетических целях: особенности MSF-технологии**  
*А.Н. Пехота, к.т.н. УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель*

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

Журнал «Энергоэффективность» с 2012 года включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований.

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

Отпечатано в ООО «Альтиора Форте»  
Адрес: г. Минск, ул. Сурганова, 11, офис 86  
Лиц. № 02330/471 от 29.12.2014 г.

Формат 62x94 1/8. Печать офсетная.  
Бумага мелованная.  
Подписано в печать 20.05.2022. Заказ №890.  
Тираж 852 экз.

**О.А. Полякова,**

заместитель начальника управления – начальник инспекционно-энергетического  
отдела Минского городского управления по надзору за рациональным  
использованием топливно-энергетических ресурсов, эксперт-энергоаудитор



# ЭНЕРГОАУДИТ: СОВЕРШЕНСТВУЕМ ПОДХОДЫ В РАБОТЕ

В Беларуси на законодательном уровне разработаны организационные, научные, производственные, технические и экономические меры, направленные на эффективное использование энергетических ресурсов с вовлечением возобновляемых источников энергии, позволяющие повысить эффективность потребления энергоносителей и экономики страны в целом. Проведение энергетического обследования (энергоаудита) позволяет получить достоверную информацию об объеме использования энергоносителей на предприятии или в организации, определить потенциал энергосбережения, разработать мероприятия со стоимостной оценкой их внедрения. В материале напомним всем заинтересованным сторонам о правовых аспектах энергоаудита и изменениях в них.

ного управления и для государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, Департаментом по энергоэффективности составляется график проведения обязательных энергетических обследований (энергоаудитов). С графиком на 2022 год можно ознакомиться на сайте Департамента по энергоэффективности Госстандарта ([energoeffekt.gov.by](http://energoeffekt.gov.by) → Надзорная деятельность). Законом определено также проведение энергетического обследования для потребителей топливно-энергетических ресурсов в добровольном порядке.

Для оказания услуг по проведению энергетического обследования (энергоаудита) предприятий и организаций в республике введена обязательная сертификация юридических лиц СТБ 1691-2006 «Энергетическое обследование потребителей ТЭР. Требования к организациям» с получением сертификата соответствия на выполняемые работы (оказываемые услуги) в данной сфере, выданного в порядке, установленном Национальной системой подтверждения соответствия Республики Беларусь.

Со списком организаций-энергоаудиторов можно ознакомиться также на сайте Департамента по энергоэффективности Госстандарта ([energoeffekt.gov.by](http://energoeffekt.gov.by) → Надзорная деятельность).

В рамках «Положения о порядке организации и проведения энергетических обследований (энергоаудитов)», утвержденно-го постановлением Совмина от 18.03.2016 г. №216 (далее – Положение), определен порядок проведения обследования, оформления его результатов и порядок рассмотрения, согласования и утверждения результатов обследования. Данное Положение предусматривает в обязательном порядке наличие «Технического задания» для проведения энергоаудита, которое составляется предприятием или организацией в обязательном порядке, согласовывается с территориальными управлениями Департамента по энергоэффективности и утверждается руководителем предприятия или организации. Форма «Технического задания» представлена в приложении №1 к Положению.

В Положении закреплено требование о включении в «Техническое задание» информации о внедрении на предприятии



Законом Республики Беларусь от 8 января 2015 г. «Об энергосбережении» (далее Закон) и Положением «О порядке организации и проведения энергетических обследований (энергоаудитов)», утвержденным постановлением Совета Министров от 18 марта 2016 г. «Об утверждении положений по вопросам энергосбережения, внесении изменений и дополнений в постановления Совета Министров Республики Беларусь от 31 июля 2006 г. №981 и от 17 февраля 2012 г. №156 и признании утратившими силу постановлений Совета Министров Республики Беларусь и структурных элементов постановлений Совета Министров Республики Беларусь» (далее постановление Совмина от 18.03.2016 г. №216) определена нормативно-правовая база для проведения энергетических обследований (энергоаудитов) на предприятиях и в организациях республики.

## Справка

В 2021 году на предприятиях и в организациях г. Минска было проведено 26 энергетических обследований с суммарной экономией от предлагаемых мероприятий порядка 99740 тыс. т у.т. Сверкой с утвержденными планами мероприятий на 2022 год по предприятиям, прошедшим энергетическое обследование в 2021 году, установлено, что планируется к реализации 95 мероприятий с ожидаемым экономическим эффектом от их внедрения в размере 14011 т у.т. В график энергетических обследований на 2022 год включено 14 предприятий г. Минска.

Для всех предприятий и организаций республики с указанным потреблением с временным периодом не реже одного раза в пять лет ежегодно по предложению республиканских органов государствен-

системы энергетического менеджмента в соответствии с нормативными правовыми актами. Это необходимо для определения объема информации, которая должна быть отражена в аналитической части отчета по проведенному обследованию.

При оказании услуги по энергетическому обследованию не следует забывать и о двухсторонней ответственности, которая может возникнуть, с одной стороны, в результате причинения юридическим лицом вреда обследуемому предприятию или организации вследствие некачественного и (или) несвоевременного выполнения возложенных на него функций и обязанностей, за недостоверность результатов обследования (в рамках договора на оказание услуги), а также со стороны предприятия или организации, которые не выполнили у себя энергетическое обследование в установленные сроки.

Самой значимой и интересной частью любого энергетического обследования является, конечно, информационная часть отчета, включающая мероприятия по экономии расхода топливно-энергетических ресурсов на ближайшую пятилетку, их технико-экономическое обоснование, сроки окупаемости и внедрения. Мероприятия должны быть представлены в полном объеме выявленных резервов, не зависимо от срока их окупаемости. На основании Закона разработанные по результатам энергетического обследования (энергоаудита) мероприятия включаются в отраслевые, региональные программы энергосбережения, а также в программы энергосбережения юридических лиц. При этом постановлением Совмина от 18.03.2016 г. №216 (в редакции постановления Совмина от 21.12.2021 г. №731) предприятиям и организациям дано право уточнять экономическую целесообразность предлагаемых к внедрению мероприятий при включении их в планы мероприятий по энергосбережению на очередной год.

В заключение хочется отметить, что успех энергоаудита зависит от действия всех сторон: организации-энергоаудитора (качественное исполнение работы), предприятия-заказчика (заинтересованность в конечных результатах и их претворение в жизнь) и органов госуправления (следование интересам государства).



Согласно п. 2 постановления Совмина от 18.03.2016 г. №216, обследуемое юридическое лицо – лицо с годовым потреблением топливно-энергетических ресурсов 1,5 тыс. т. у.т. и более

### Наиболее распространенные замечания

На основании практики рассмотрения и согласования отчетов по проведенным энергоаудитам на предприятиях и в организациях г. Минска хочется остановиться на наиболее распространенных замечаниях:

- аналитическая и информационная части отчета по проведенному энергетическому обследованию должны в обязательном порядке отражать вопросы, строго соответствующие требованиям Положения, включая долю энергетической составляющей в себестоимости выпускаемой продукции и расчет энергоемкости продукции;
- при анализе выполнения мероприятий прошлого энергетического обследования необходимо не только перечислить выполненные мероприятия, но и дать оценку экономического эффекта от внедренных мероприятий согласно экономии, отраженной в форме государственной статистической отчетности «4-энергосбережение (Госстандарт)». Если мероприятие не было реализовано, то указать причины и рассмотреть актуальность внедрения этого мероприятия в последующие годы;
- все замеры, проводимые в рамках энергетического обследования согласно разделу 5 «Технического задания» – «Объекты, подлежащие энергетическому обследованию», должны быть оформлены протоколами замеров аккредитованной лаборатории с соответствующим анализом полученных результатов;
- следует обратить внимание на составление общего энергетического баланса по предприятию. Баланс должен быть представлен как в аналитической части отчета за трехлетний период по каждому энергоносителю, так и в разделе «Выводы по результатам энергетического обследования (энергоаудита)» с учетом планируемой экономии ТЭР за пятилетний период с указанием изменения доли каждого энергоносителя в общем объеме потребления топливно-энергетических ресурсов на предприятии. Порой данный раздел вообще отсутствует в отчете;
- в обязательном порядке должны рассматриваться мероприятия по увеличению использования местных топливно-энергетических ресурсов и возобновляемых источников энергии;
- рассмотрение, согласование и утверждение отчета по результатам проведенного энергетического обследования проводится в порядке, определенном постановлением Совмина от 18.03.2016 г. №216 (в редакции постановления Совмина от 21.12.2021 г. №731);
- перечень мероприятий на предстоящую пятилетку должен отражать основные энергосберегающие тенденции, в том числе передовой зарубежный опыт по сфере деятельности обследуемого предприятия. ■

### Новости электротранспорта

## Тарифы и станции растут

С 1 мая изменился тариф на зарядку электромобилей. Несмотря на повышение стоимости, тариф в сети Malanka по-прежнему остается самым низким в странах СНГ и Европы. Например, за зарядку в Германии, Бельгии пользователю необходимо заплатить 0,69 евро за 1 кВт·ч. (2 рубля за 1 кВт·ч), в России – 20 российских рублей за 1 кВт·ч (0,71 рублей за 1 кВт·ч). Стоимость услуги за 1 кВт·ч в Беларуси составляет: медленная зарядка: 0,35 рублей/кВт·ч; быстрая зарядка: 0,45 рублей/кВт·ч.

Как пояснили специалисты Malanka, если сравнивать электрокар с автомобилем с дви-

гателем внутреннего сгорания, то выгода очевидна. Несмотря на изменение тарифов, эксплуатация электромобиля обойдется в 2 раза дешевле, чем автомобиля с двигателем внутреннего сгорания. К слову, по предварительным прогнозам, к 2025 году в Беларуси может насчитываться до 100 тыс. электромобилей. Эксперты прогнозируют рост отечественного рынка электрокаров и дальнейшее развитие зарядной сети.

Еще раз напомним, что сегодня сеть электростанций Malanka – это более 600 зарядных станций. В течение 2022 года планируется строительство и ввод в работу



новых зарядных станций с упором на развитие их сети в региональных городах. Подробнее о вводе в эксплуатацию новых ЭЭС можно узнать на сайте [Neft.by](http://Neft.by).

По материалам [Neft.by](http://Neft.by), [malankabn.by](http://malankabn.by)

# СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ГРОДНЕНСКОЙ ОБЛАСТИ СПОСОБЕН РЕШАТЬ ЗАДАЧИ ЛЮБОЙ СЛОЖНОСТИ

Гродненская область не первый год становится местом реализации новых проектов в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности, нестандартных, инновационных мероприятий в самых различных отраслях экономики. О строительстве и тепловой модернизации многоквартирных домов, внедрении энергоэффективных инноваций на производстве и в энергетике мы поговорили с заместителем председателя Гродненского облисполкома Владимиром ДЕШКО.



◆ Гродненская ГЭС

Фото предоставлено РУП «Гродноэнерго»

## Строительный потенциал

*– Владимир Иосифович, вы – почетный строитель Беларуси, многие годы успешно возглавлявший институт «Гродногражданпроект». Как вы оцениваете строительный потенциал Гродненской области?*

– На сегодняшний день в регионе осуществляют деятельность свыше 700 строительных и более 100 проектно-изыскательских организаций, функционируют свыше 30 предприятий по производству стройматериалов. Все они располагают необходимой материально-технической базой, оснащены современными строительными машинами и механизмами.

Строительный комплекс Гродненской области способен решать задачи любой сложности – от разработки проекта до сдачи

объекта в эксплуатацию под ключ. Это подтверждает успешная работа гродненских строителей на самых ответственных объектах в области и за ее пределами – на возведении Белорусской АЭС в Островце, на строительстве Гродненской ГЭС, при реконструкции аэровокзального комплекса «Национальный аэропорт Минск».

Ежегодно в регионе вводятся в эксплуатацию новые жилые дома, школы, сады, больницы, социальные учреждения, дороги и мосты. В 2021 году введено в эксплуатацию 430,9 тыс. кв. м жилья, что составляет 102,6% годового задания. Из них для граждан, осуществляющих жилищное строительство с господдержкой, сдано 172,5 тыс. кв. м общей площади жилья, или 156,8% от задания на год.

Уровень оплаты труда строителей на

12,4% выше среднемесячной заработной платы по области. Планируем его дальнейшее повышение.

## Энергоэффективное строительство

*– На Гродненщине есть 69-квартирный энергосберегающий дом, который успешно пережил свой 13-й сезон. В мае 2017-го в Гродно по ул. Дзержинского, 23а был построен энергоэффективный дом в рамках проекта ПРООН/ГЭФ. Каковы, на ваш взгляд, перспективы энергоэффективного строительства?*

– Действительно, такие дома успешно эксплуатируются. 120-квартирный энергоэффективный жилой дом второго поколения на ул. Дзержинского, 23а имеет

низкое удельное потребление тепловой энергии: порядка 16,9 кВт·ч/м<sup>2</sup> за отопительный сезон, что очень близко к проектному значению 15,5 кВт·ч/м<sup>2</sup> и значительно лучше показателя современного жилфонда, не говоря уже про старый жилищный фонд, где данный показатель доходит до 200 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

**– За счет чего достигнуто столь низкое теплопотребление?**

– Во-первых, использование поквартирной системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии вытяжного воздуха дает возможность жителям в индивидуальном порядке устанавливать оптимальный для себя температурный режим в дневное и ночное время.

Во-вторых, при температуре холодной воды, равной 15°C, система утилизации тепловой энергии сточных вод вырабатывает около 100 кВт·ч тепловой энергии в сутки при средней мощности 5,3 кВт в период с 7.00 до 24.00 часов. Вырабатываемая энергия составляет около 20% от количества энергии, необходимой для нагрева холодной воды от 15 до 55°C.

В-третьих, более 50% тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение здание получает от работы тепловых насосов, использующих низкопотенциальную энергию канализационных стоков. У этих тепловых насосов значение отношения произведенной тепловой энергии к затраченной при работе электрической энергии равно 3,2. А отношение себестоимости электрической энергии к себестоимости тепловой – 2,5. То есть использование тепловых насосов экономически оправдано. Электроэнергию для работы тепловых насосов вырабатывает фотоэлектрическая

система площадью 420 кв. м, установленная на крыше и южном фасаде здания.

Все это говорит о том, что энергоэффективное строительство жилья выгодно как в плане эффективности использования потребляемых энергоресурсов, так и с точки зрения повышения комфортности проживания населения. Поэтому можно говорить о перспективности строительства энергоэффективных домов и крайней заинтересованности в этом Гродненского облисполкома.

## Тепловая модернизация жилфонда

**– Как вы можете прокомментировать ход реализации Указа Президента Республики Беларусь от 04.09.2019 № 327 «О повышении энергоэффективности многоквартирных жилых домов» в Гродненской области?**

– Облисполком совместно с Департаментом по энергоэффективности ведет активную работу по 6 районам Гродненской области. Назначены координаторы на областном и городском уровнях, разработан проект стратегии проведения информационной кампании.

За 2021 год по Гродненской области проведено 110 собраний, на которых собственников информировали о возможностях и результатах тепловой модернизации жилых домов. Только за январь нынешнего года было организовано 12 таких собраний.

Для домов, в которых собственники проявляют заинтересованность, проводится энергетическая оценка, по результатам которой разрабатываются мероприятия по реализации выявленного потенциала энергосбережения с расчетом их экономической эффективности.

На данный момент кворум для участия в пилотной программе (2/3 согласия соб-

ственников) набран в двух жилых домах в Гродно и Сморгони. В доме в Гродно по ул. Клецкова, 48 получено согласие собственников на реализацию мероприятий по установке терморегуляторов и распределителей тепловой энергии на батареи, модернизации теплового пункта, утеплению коридоров с ожидаемой экономией тепловой энергии до 15%. В доме в Сморгони по ул. Я. Коласа, 113 получено согласие собственников на реализацию мероприятий по установке терморегуляторов и распределителей тепловой энергии на батареи, модернизации теплового пункта, утеплению коридоров, крыши, подвала, стен с ожидаемой экономией тепловой энергии до 40%.

После проведения информационных собраний во втором полугодии выразили заинтересованность и согласие перейти к этапу энергетической оценки собственники еще двух жилых домов в Гродно и по одному в Сморгони и Лиде.

**– Что, по вашему мнению, сдерживает остальных жителей многоквартирных домов?**

– При существующем низком тарифе на отопление многим владельцам квартир по-прежнему кажется слишком высокой стоимость реализуемых энергоэффективных мероприятий. Особенно если основная доля проживающих – пенсионеры. Есть случаи, когда анкетирование и опрос показывают, что основная доля собственников удовлетворена результатом капитального ремонта и, соответственно, не видит необходимости в проведении энергоэффективных мероприятий.

## Энергосбережение и конкурентоспособность продукции

**– Более 10 лет вы как заместитель председателя Гродненского облисполкома курируете вопросы энергоэффективности в регионе. Как на Гродненщине развивается энергосбережение, какие крупные проекты в этой сфере реализованы и как энергосбережение влияет на конкурентоспособность продукции области?**

– За счет уменьшения затрат на энергоресурсы снижается себестоимость продукции. Значит, благодаря, в том числе и мероприятиям по энергосбережению продукция предприятий Гродненской области пользуется большим спросом и вполне конкурентоспособна на пространстве СНГ и мировых рынках.

Ежегодно в области реализуется свыше 1500 энергосберегающих мероприятий во всех отраслях экономики. Экономия ТЭР по Гродненской области за 2011–2021 годы составила 1691 тыс. т у.т., что эквивалентно 355,1 млн долларов США.

На Гродненщине реализуются крупные энергоэффективные проекты, которые оказывают непосредственное влияние на повышение эффективности экономики ▶



◆ 120-квартирный 10-ти этажный энергоэффективный жилой дом 2 поколения по ул. Дзержинского, 23а в г. Гродно



◆ Цех АКХКАС ОАО «Гродно Азот»

республики. Так, в ОАО «Гродно Азот» реализован проект «Строительство цеха по производству азотной кислоты мощностью 1200 тонн в сутки с реконструкцией действующего производства КАС». В рамках проекта был возведен высокотехнологичный комплекс по производству азотной кислоты и жидких азотных удобрений, что способствовало увеличению выпуска товарной продукции – карбамидно-аммиачной смеси – до 1 млн 200 тыс. тонн в год. Реализация инвестпроекта позволила снизить энергетическую и сырьевую составляющие в себестоимости продукции, повысить конкурентоспособность предприятия, внести вклад в укрепление экономического потенциала области и страны, увеличить мощности производства КАС на 60%, получить дополнительную прибыль и создать новые рабочие места. Годовая экономия от реализации данного мероприятия за счет снижения потребления ТЭР эквивалентна 11,5 млн долларов США (55 тыс. т у.т.).

В ОАО «Гродно Азот» также выполнена реконструкция воздухоподогревателей установок цеха метанола. В результате удельное энергопотребление цеха метанола снизилось более чем на 40%, что привело к снижению себестоимости как продуктов разделения воздуха, так и другой продукции. Полностью обновлены основные производственные фонды отделения газоразделения цеха метанола, что повысило надежность обеспечения основных технологических цехов продуктами разделения воздуха, взрыво- и пожаробезопасность химического производства. Условно-годовой экономический эффект от реализации данного мероприятия в части потребления энергоресурсов составляет 5,3 млн долларов США (25 тыс. т у.т.).

Большое внимание уделяется реализации энергосберегающих мероприятий в организациях ЖКХ, сельского хозяйства.

### Энергосистема региона

*– Как вы оцениваете работу энергосистемы Гродненской области?*

– Гродненское республиканское унитарное предприятие электроэнергетики «Гродноэнерго» обеспечивает надежное и эффективное электроснабжение всех потребителей области, а также отпускает тепловую энергию потребителям в городах Гродно, Лида и Сморгонь. РУП «Гродноэнерго» – одно из крупнейших производственных предприятий Гродненской области, единый, динамично развивающийся технологический комплекс по производству, передаче и распределению энергии. В соответствии с долгосрочными программами развития, разработанными с учетом проведенных энергетических обследований, предприятие осуществляет планомерную работу по развитию электростанций, котельных и сетей.

Сегодня на балансе энергосистемы находятся теплоэлектроцентрали суммарной установленной электрической мощностью 365 МВт, гидроэлектростанции (около 20 МВт), Новогрудская ветроэлектрическая станция (9 МВт), районные котельные, более 38 тыс. км основных и распределительных электрических сетей напряжением 0,4 – 330 кВ и около 800 км тепловых сетей.

Гродненские энергетики стали пионерами в использовании возобновляемых источников энергии в республике. Первая ветроэнергетическая установка мощностью 1,5 МВт, введенная в 2011 году в Новогрудском районе, наглядно доказала возможность получения электроэнергии в промышленных объемах за счет использования

энергии ветра и стала мощным импульсом для развития ветроэнергетики в Республике Беларусь. В 2016 году РУП «Гродноэнерго» дополнительно ввело еще пять ветроэнергетических установок аналогичной мощности, что позволило создать Новогрудскую ветроэлектрическую станцию установленной мощностью 9 МВт, которая работает в проектных режимах.

В 2012 году была введена в эксплуатацию Гродненская ГЭС на реке Неман установленной мощностью 17 МВт. На момент ввода это была самая мощная ГЭС в Республике Беларусь. Полученный при ее строительстве и эксплуатации опыт оказался весьма полезным при строительстве Полоцкой и Витебской ГЭС.

В текущей пятилетке особое внимание уделяется важнейшему звену, связывающему энергоисточники и потребителей, – тепловым и электрическим сетям. На сегодня уже более 60% тепловых сетей, находящихся на балансе энергосистемы, выполнены из ПИ-труб. Несмотря на это, темпы замены не будут снижаться, что позволит наряду с повышением надежности теплоснабжения снизить технологический расход тепловой энергии на ее транспорт в тепловых сетях.

Ввод Белорусской АЭС привел к значительным изменениям режимов работы Белорусской энергосистемы. С целью обеспечения надежной работы атомной электростанции РУП «Гродноэнерго» был реализован ряд мероприятий, в т.ч. построены и введены в эксплуатацию в 2020 году электрокотлы на Гродненской ТЭЦ-2, Северной мини-ТЭЦ и Лидской ТЭЦ суммарной мощностью 100 МВт. Новое оборудование было успешно освоено, и в настоящее время электрокотлы работают в соответствии с заданием диспетчерской службы ГПО «Белэнерго».

Успешная работа РУП «Гродноэнерго» в области энергосбережения подтверждается победами в республиканском конкурсе на соискание премии по энергоэффективности и ресурсосбережению «Лидер энергоэффективности» на протяжении пяти лет. Но гродненские энергетики не собираются останавливаться на достигнутом. Успешно реализуются планы развития на текущую пятилетку, а также ведется активная работа по определению направлений развития на более длительную перспективу, что позволит своевременно обеспечить надежное и доступное энергоснабжение потребителей.

### Возобновляемые источники энергии

*– Поскольку вы затронули эту тему, каким образом развивается использование возобновляемых источников энергии в Гродненской области?*



◆ **Новогрудская ветроэлектрическая станция**

Фото предоставлено РУП «Гродноэнерго»

– Развивается использование энергии ветра, солнца, воды, биомассы, биогаза. Общая электрогенерирующая мощность установок с использованием ВИЭ составляет 105,3 МВт. Это позволило в 2021 году получить 204 млн кВт·ч «чистой» энергии, что полностью обеспечивает электрической энергией 6 районов области (Дятловский, Ивьевский, Кореличский, Мостовский, Новогрудский и Свислочский).

За последние пять лет за счет создания благоприятных условий для расширения использования возобновляемой энергетики суммарная мощность электрогенерирующих установок в области увеличилась на 59,7 МВт, почти половина из которых – ветроустановки. Интенсивное развитие ВИЭ решает проблемы экологии, повышает уровень энергетической безопасности и независимости страны. Доля выработки электроэнергии с использованием ВИЭ в общем потреблении электроэнергии в области за 2021 год составила 4,6%.

Исходя из природно-климатических условий, одним из приоритетных направлений для Гродненской области является внедрение ветроэнергетических установок. Исследования ветровых нагрузок подтвердили уникальность природно-климатических условий Новогрудской возвышенности. Ее высшая точка – 323 метра над уровнем Балтийского моря. Среднегодовая скорость ветра на высоте 100 м на площадках, примыкающих к населенным пунктам

Грабники, Пуцевичи, Митрополь, Байки и Ловчицы Новогрудского района, превышает 8 м/с.

В Гродненской области установлено в общей сложности 38 ветряков суммарной мощностью 49,8 МВт, или 47,3% от всех электрогенерирующих ВИЭ области. Срок их окупаемости составляет порядка 7 – 8 лет при сроке службы в 25 лет.

В 2018 году к Новогрудскому району, обладающему самым большим ветропарком в стране, присоединился Зельвенский. Там были введены в действие 6 ветряков. Единичные ветряки установлены в Дятловском, Кореличском и Сморгонском районах.

Главным преимуществом энергии ветра является отсутствие влияния на тепловой баланс атмосферы Земли. Площадь, отводимая под строительство ветропарков, невелика, территория в непосредственной близости может быть использована для сельскохозяйственных целей. Ветряки просты и экономны в обслуживании, быстро монтируются, характеризуются низкими затратами на эксплуатацию. Потери при передаче энергии минимальны, поскольку установка ветряков возможна вблизи от потребителя.

Повторю: учитывая природно-климатические условия, общемировые тенденции по использованию энергии ветра, ветроэнергетика для Гродненской области имеет большой потенциал и отличные перспективы дальнейшего развития.



◆ **Котельная в г. Щучин**

### Импортозамещение ТЭР

**– В Гродненской области относительно невелик лесной и древесный потенциал. По каким направлениям идет в регионе работа, направленная на выполнение заданий по замещению импортируемых ТЭР местными?**

– Несмотря на то, что лесистость Гродненской области самая низкая в республике – 36%, – имеющиеся объемы дровяной древесины позволяют успешно вести работу по переводу котельных на использование местных видов топлива. Жидкое топливо не используется котельными ЖКХ с 2012 года. Начиная с 2008 года теплоснабжение потребителей в населенных пунктах с числом жителей до 20 тыс. человек осуществляется с использованием, в основном, местных видов топлива. ▶



◆ Мини-ТЭЦ по ул. С.Панковой, г. Волковыск

Доля местных ТЭР в котельно-печном топливе области увеличилась с 8,5% в 2010 году до 14,3% в 2021 году.

В Гродненской области насчитывается 538 котельных производительностью 0,5 и более Гкал/ч суммарной мощностью 6993 МВт. Из них 158 котельных суммарной мощностью 322,6 МВт и 130 комбинированных котельных суммарной мощностью 294,1 МВт работают на местных ТЭР.

В соответствии с Государственной программой «Энергосбережение» на 2016 – 2020 годы в Гродненской области были введены в эксплуатацию 12 энергоисточников на местных ТЭР (20 котлоагрегатов) суммарной мощностью 43,5 МВт. В том числе в рамках соглашения о займе между Республикой Беларусь и Международным банком реконструкции и развития реализован крупный совместный проект «Использование древесной биомассы для централизованного теплоснабжения». Введены в эксплуатацию два энергоисточника: котельная с мини-ТЭЦ на местных ТЭР по ул. С.Панковой в г. Волковыск и комбинированная котельная на местных ТЭР и природном газе в городе Щучине.

Свою эффективность показала эксплуатация в городе Волковыске, введенного в 2018 году энергоисточника на топливной щепе. Реализация данного проекта позволяет замещать импортный природный газ в размере 11,5 млн м<sup>3</sup> в год. Годовая выработка электроэнергии составляет около 9 млн кВт·ч.

Если сравнивать среднюю себестоимость 1 Гкал, выработанной на газу организациями ЖКХ Гродненской области – 112,53 рубля, с другими способами выработки, то мы увидим, что за 2021 год себестоимость 1 Гкал тепла составила 81,92 рубля. При выработке на газу она обходится в 92,08 рубля, а при использовании щепы – всего 62,86 рубля. Себестоимость выработки 1 кВт·ч составила 14 копеек.

31 декабря 2021 года была введена в эксплуатацию комбинированная котельная в городе Щучине Гродненской области. Реализация данного проекта позволит ежегодно замещать потребление импортного природного газа и увеличивать использование местных видов топлива в объеме порядка 7,5 тыс. т у.т., эффективно использовать энергоресурсы за счет применения энергоэффективного котельного оборудования, а также снизить себестоимость 1 Гкал отпускаемой тепловой энергии с 105,6 руб. до 75,2 руб. с учетом потерь в тепловых сетях.

Следует отметить, что существенно увеличит долю местных ТЭР в котельно-печном топливе области реализованный 26 ноября 2021 года в ОАО «Красносельскстройматериалы» инвестиционный проект «Строительство линии приготовления теплоносителя для теплогазогенератора при производстве клинкера «сухим способом» на филиале №1 «Цементный завод».

Суть проекта заключается в замене газового топлива торфом в системе теплофикации валковой сырьевой мельницы – сушилки цементного сырья. В рамках проекта также реализовано сопутствующее мероприятие по использованию в качестве вторичного энергетического ресурса аспирационного воздуха холодильника печи №5 с температурой порядка 250°C для теплогазогенератора валковой сырьевой мельницы.

Реализация данного проекта позволит предприятию заместить импортное топливо (природный газ) местными видами топлива (торфяная сушенка), а также использовать вторичные энергетические ресурсы с целью экономии топлива. При этом годовое увеличение использования местных видов топлива составляет 33600 т у.т., экономия топливно-энергетических ресурсов за счет использования ВЭР – 4384 т у.т.

Также в ОАО «Красносельскстройматериалы» введена в эксплуатацию техно-

логическая линия по использованию RDF-топлива в производстве клинкера по сухому способу с целью замещения части потребляемого каменного угля.

Организация производства RDF-топлива в Гродненской области планируется на КПУП «Гродненский завод по утилизации и механической сортировке отходов». На сегодняшний день выполнена поставка всего технологического оборудования, завершены работы по его монтажу. В ближайшее время ожидается запуск такого производства.

– Каковы ваши планы на ближайшую перспективу?

– Конечно же, это реализация мероприятий по интеграции Белорусской АЭС в энергосистему республики с повышением использования электроэнергии и замещением потребления импортного углеводородного топлива, энергоэффективное строительство и повышение энергоэффективности старого жилого фонда, в том числе путем реализации Указа Президента Республики Беларусь от 04.09.2019 № 327 «О повышении энергоэффективности многоквартирных жилых домов», реализация планов энергосберегающих мероприятий на промышленных предприятиях с целью достижения целевых показателей энергосбережения, доведенных области, выполнение Государственной программы «Энергосбережение» на 2021–2025 годы.

– Спасибо за интервью! Желаем вам новых успешных шагов на пути энергосбережения и повышения энергоэффективности, которыми сможет гордиться область. ■

Беседовал Д. Станюта



◆ ОАО «Красносельскстройматериалы»

# ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НЕМЕЦКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ В ОБЛАСТИ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ



В начале июня 2020 года правительство Федеративной Республики Германия приняло Национальную водородную стратегию. Данная стратегия во многом отражает имплементацию на национальном уровне «Европейского зеленого курса», принятого в конце 2019 года, который в свою очередь опирается на обязательства Европейского союза в рамках Парижского соглашения по климату.

Принятию германской стратегии предшествовало обсуждение важного вопроса между Министерством экономики и энергетики ФРГ (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, BMWi) и Министерством окружающей среды, охраны природы и ядерной безопасности ФРГ (Bundesministerium für

Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, BMU). Ведомства пытались решить вопрос о том, должна ли Германия ориентироваться в своей стратегии только на поддержку «зеленого водорода» или же возможна поддержка и других способов производства водорода. Сам водород бесцветен вне зави- ▶

К 2050 году годовой денежный оборот водородной отрасли может составить порядка 1 трлн долларов США, пишет специализированное издание «Oilprice». По мере того как мир стремится к более чистой энергии, H<sub>2</sub> становится потенциальным лидером, однако для достижения лидерства объем потребления этого экологичного топлива должен составить не менее 15% мирового энергетического рынка.

«Первый элемент» @H2\_element

Общий спрос на «зеленый» водород в Европе вырастет примерно с 9,9 в 2021 г. до более 620 тыс. тонн в год в 2026 г.

симости от агрегатного состояния, однако для обозначения различных способов производства водорода в зависимости от используемого источника энергии и уровня выбросов углекислого газа при производстве была разработана соответствующая цветовая гамма. При этом в настоящее время «зеленый водород» определяется по-разному.

Министерство экономики и энергетики ФРГ и Министерство образования и научных исследований ФРГ (Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF) считают зеленым только водород, произведенный из возобновляемых источников энергии путем электролиза. В директиве ЕС о поощрении использования энергии из возобновляемых источников 2018/2001 (RED II) в настоящее время также отсутствует четкое определение понятия зеленого водорода. Определена лишь энергия из возобновляемых источников: энергия ветра, солнечная тепловая энергия, фотоэлектрическая энергия, геотермальная энергия, энергия приливов, волн и других океанических источников, гидроэнергия, энергия биомассы, газ со свалок, газ очистных сооружений и биогаз (сн.1).

При определении понятия зеленого водорода немецкое правительство должно придерживаться директивы RED II. Министерство экономики и энергетики ФРГ и Министерство образования и научных исследований ФРГ согласовали следующее определение зеленого водорода: «Зеленый водород производится исключительно путем электролиза воды. При этом электроэнергия, необходимая для электролиза, должна без исключения быть получена из возобновляемых источников энергии» (сн.2).

Сертификационные организации CertifHy и TÜV используют собственные определения. Определение CertifHy четко описывает, что водород, произведенный из возобновляемых источников энергии (не только методом электролиза), может быть назван зеленым водородом. Согласно определению TÜV, водород является зеленым, если он «произведен из возобновляемых источников энергии и/или из отходов, остатков и побочных продуктов в соответствии с их стандартом».

Немецкий энергетический переход (Energiewende) и глобальный энергетический переход сосредотачивается на электроэнергии как таковой, однако все еще не

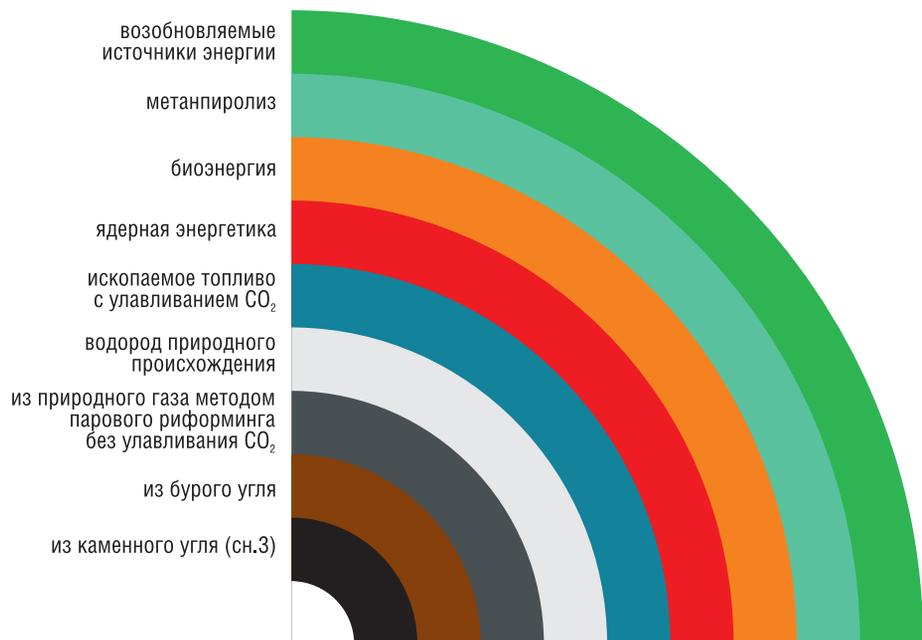


Рис. 1. Расширенная используемая цветовая гамма для обозначения видов водорода в зависимости от способа производства

решил многих технологических вызовов, таких как хранение больших объемов электроэнергии для некоторых отраслей промышленности (химической, сталелитейной, металлургической) и дальнемагистрального транспорта. Существующие технологии позволяют производить, хранить, транспортировать и применять водород в различных областях и для различных целей. Водород может производиться из возобновляемых источников энергии (ВИЭ), биомассы, атома и ископаемых (газ, нефть, уголь). В настоящее время водород рассматривается как ведущая и единственная реалистичная опция для долгосрочного хранения электроэнергии, полученной с помощью ВИЭ.

Текущая экономическая конфигурация не позволяет водороду быть конкурентоспособным по отношению к ископаемым источникам топлива. Соответственно, усилия, как на уровне ЕС, так и на уровне ФРГ направлены в первую очередь на поддержку тех областей экономики, в которых водород условно уже является экономически окупаемым источником энергии, или в тех, где декарбонизация не может быть обеспечена иным способом (металлургическая, химическая промышленность, тяжелый транспорт). В долгосрочной перспективе водород рассматривается как перспективный источник энергии и для рынка теплоэнергетики.

Более того, некоторые секторы, такие как воздушный, морской транспорт и промышленный транспорт невозможно или очень трудно электрифицировать даже в долгосрочной перспективе. Поэтому ископаемые виды топлива предполагается заменить альтернативами на основе возобновляе-

мых источников энергии, в частности топливом, произведенным по технологии PtX-секторного (Power-to-X) соединения и хранения, которая преобразует «зеленую» электроэнергию в водород.

В силу особых физических и химических свойств водорода ставится цель создания системы стандартов и сертификации как на национальном, так и на европейском уровне для обеспечения высокого уровня безопасности при использовании водорода в качестве источника энергии.

В контексте международной торговли водородом важными направлениями для транспортировки водорода являются продукты переработки PtX или LOHC (Liquid Organic Hydrogen Carrier – жидкие органические носители водорода). Жидкий водород, продукты переработки PtL/PtG и LOHC могут легко и безопасно транспортироваться на большие расстояния. Планируется использовать как существующую инфраструктуру, так и создавать новые мощности (трубопроводы, танкеры для перевозки метанола и аммония).

В Германии имеется хорошо развитая газотранспортная инфраструктура, состоящая из плотно разветвленной газовой сети и подключенных к ней газовых хранилищ. Немецкое правительство планирует пересмотреть и разработать нормативную базу и технические требования к газотранспортной инфраструктуре в свете перехода на водород. В частности, оно изучает вопрос о том, можно ли использовать имеющуюся газораспределительную сеть.

Несмотря на то, что рынок водорода в Германии все еще находится на ранней

**Таблица 1. Основные способы производства водорода в зависимости от используемого источника энергии и его экологичности (сн.4)**

Тип водорода	Источник энергии
Зеленый водород	Согласно определению, используемому правительством ФРГ зеленый водород, производится путем электролиза воды, при этом для электролиза используется только электроэнергия из возобновляемых источников. Независимо от выбранной технологии электролиза, производство водорода не содержит CO <sub>2</sub> , так как используемая электроэнергия на 100% поступает из возобновляемых источников и поэтому не содержит CO <sub>2</sub> .
Серый водород	Серый водород получают из ископаемого топлива. Как правило, природный газ преобразуется в водород и CO <sub>2</sub> под воздействием тепла в процессе производства (паровой риформинг). Затем CO <sub>2</sub> выбрасывается в атмосферу без улавливания, усиливая тем самым глобальный парниковый эффект. При производстве одной тонны водорода образуется около 10 тонн CO <sub>2</sub> .
Голубой водород	Голубой водород — это серый водород, CO <sub>2</sub> которого улавливается и хранится в процессе производства (технология Carbon Capture and Storage, CCS). Таким образом, CO <sub>2</sub> , образующийся при производстве водорода, не выбрасывается в атмосферу, и производство водорода можно считать CO <sub>2</sub> -нейтральным.
Бирюзовый водород	Бирюзовый водород — водород, полученный путем термического деления метана (пиролиз метана). Вместо CO <sub>2</sub> в процессе образуется твердый углерод. Предпосылкой для углеродной нейтральности процесса является подача тепла в высокотемпературный реактор из возобновляемых источников энергии.

В Европе к 2026 г. на промышленный сектор будет приходиться почти 2/3 спроса на «зеленый» водород

стадии развития, история государственного финансирования уже давно сложилась. Финансирование Министерства экономики и энергетики ФРГ на исследования и разработки в области технологий топливных элементов и водорода происходит в рамках запущенной в 2006 году «Национальной программы инноваций в области технологий производства водорода и топливных элементов» (NIP). Эта программа продолжается в качестве правительственной программы NIP2 на период 2016-2025 гг. До 2016 года федеральное правительство предоставило финансирование на общую сумму 700 млн евро. В 2016-2026 гг. государственное финансирование составит 1,4 млрд евро.

В июне 2020 года в поддержку своей водородной стратегии немецкое правительство объявило о намерениях инвестировать 9 млрд евро из пакета мер по борьбе с экономическими последствиями пандемии коронавируса общим объемом 180 млрд евро. Из них 7 млрд евро планируется инвестировать в национальный немецкий рынок и 2 млрд предназначаются для поддержки международных проектов со странами-партнерами. Цель – укрепление партнерских отношений в сфере водорода, поскольку в будущем производство «зеленого» водорода может быть экономически целесообразным за пределами Европы. Тем не менее, до 5 ГВт электролизных мощностей планируется построить в Германии к 2030 году, включая находящиеся в открытом море.

**Сноски:**

1. Официальный журнал Европейского союза (2018). Директива (ЕС) 2018/2001 Европейского парламента и Совета о поощрении использования энергии из возобновляемых источников.

URL: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/DE/TXT/?uri=CELEX:32018L2001>

2. Официальный сайт Министерства экономики и энергетики Германии. Что представляет собой зеленый водород?

URL: <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2020/07/Meldung/direkt-erklaert.html>

Официальный сайт Министерства образования и научных исследований. Что нужно знать о зеленом водороде.

URL: <https://www.bmbf.de/de/wissenswertes-zu-gruenem-wasserstoff-11763.html>

3. Белый водород обнаружен в Мали во время бурения нефтяных и газовых скважин. Согласно оценкам, стоимость его извлечения ниже, чем производство водорода из ископаемого топлива или методом электролиза.

4. Официальный сайт Министерства экономики и энергетики Германии. Классификация водорода по цветам.

URL: <https://www.bmbf.de/de/eine-kleine-wasserstoff-farbenlehre-10879.html>

5. В различных официальных документах и аналитических материалах используется оценка объемов водорода как в килограммах и тоннах, так и в кВт·ч и ТВт·ч. В выражении выработки электрической энергии 1 кг водорода соответствует примерно 33,6 кВт·ч полезной энергии. Для сравнения 1 кг дизельного топлива эквивалентен 12-14 кВт·ч. Это означает, что 1 кг водорода, используемого в топливном элементе для питания электродвигателя, со-

**Немецкая Национальная водородная стратегия. Основные параметры:**

1. Общее финансирование: в размере 9 млрд евро:

1.1. для немецких национальных проектов – 7 млрд евро;

1.2. для проектов в странах-партнерах – 2 млрд евро;

2. Стратегия охватывает полностью производственную цепочку водорода, включая поддержку автомобильной, сталелитейной, энергетической промышленности и сельского хозяйства.

3. В общей сложности производство водорода в Германии в 2015 году составило 57 ТВт·ч – из нефти (45%), газа (33%), угля (15%), методом электролиза (7%).

4. Поставленная цель – объем производства водорода к 2050 году на уровне 1800-2500 ТВт·ч. Последняя цифра равна общему объему энергопотребления в 2018 году и почти в 5 раз больше общего объема производства электричества в Германии в 2019 году (511 ТВт·ч) (сн.5).

5. Увеличение производства «зеленого» водорода методом электролиза до 5 ГВт к 2030 году, 10 ГВт к 2035 году и 15 ГВт к 2040 году.

держит примерно столько же энергии, сколько чуть меньше 4 литров дизельного топлива. ■

*(Продолжение читайте в следующем номере)*

*Материал подготовлен на основе аналитической информации Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, предоставленной торговыми представительствами РФ о развитии водородной энергетики в зарубежных странах*

## Гомельская область наращивает производство топливных пеллет

К уже построенным и введенным в эксплуатацию в 2020 году пеллетным производствам в Мозырском и Житковичском лесхозах в нынешнем году в области добавился еще один пеллетный завод. 15 апреля 2022 года в Гомельском опытном лесхозе состоялось торжественное открытие цеха по производству пеллет. Новый объект оснащен высокотехнологичным оборудованием и предназначен для выпуска экологичной и востребованной топливной продукции. Проектная мощность цеха, построенного на базе Калининского лесничества, составляет свыше 20 тыс. тонн топливных пеллет в год. Таким образом, суммарная мощность пеллетного производства в Гомельской области в настоящее время составляет уже порядка 80 тыс. тонн пеллет в год.

К возведению предприятия по выпуску пеллет приступили в августе 2021 года. При нормативных сроках строительства в 11 месяцев его сдали под ключ за семь. Ввод данного объекта в эксплуатацию позволит Гомель-

*Потребность в щепе для обеспечения производственной программы в Гомельском опытном лесхозе*

Сырье	Объемы использования, не менее	
	Тонн/год	Тонн/час
Сырая щепка (до 60% влажности)		
на производство пеллет	47250,0	6,56
на сжигание в теплогенераторе	24751,5	3,44
Всего:	72001,5	10,0

скому опытному лесхозу увеличить объемы производства, расширить ассортимент продукции и повысить конкурентоспособность организации с целью ее выхода на новые рынки сбыта и увеличения прибыли.

Производительность пеллетной линии в Гомельском опытном лесхозе составляет не менее 2,9 т/ч. Производственная линия может выпускать топливные пеллеты из сырья с первоначальной влажностью до 60%. В качестве сырья используются отходы деревообработки, дрова, опилки, щепка древесины хвойных и лиственных пород. На производстве налажен постоянный радиометрический контроль древесины. Для сушки сырья и прессования гранул установлен теплогенератор, работаю-

щий на древесном топливе (отходы производства).

На предприятии предусмотрен выпуск 3-х видов продукции влажностью менее 10%:

- гранула ГДТ 1.1-8х40. Кр СТБ2027-2010;
- «белые пеллеты», соответствующие классу А-EN Plus;
- индустриальные пеллеты, соответствующие классу В-EN Plus.

Создание пеллетного производства не только дает экономические преимущества, но и связано с реализацией задач, определенных подпрограммой 2 ГП «Энергосбережение» на 2021-2025 годы, а также межотраслевым комплексом мер по увеличению потребления электроэнергии до 2025 года. Согласно этим документам, увеличение использования местных



видов топлива и ВИЭ для целей сушки сырья составит порядка 8,5 тыс. т.у.т. в год, потребление электроэнергии – 6,2 млн кВт·ч в год.

Благодаря новому пеллетному цеху в Гомельском опытном лесхозе созданы 22 дополнительных рабочих места. ■

**Заместитель начальника  
ПТО Гомельского областного  
управления по надзору  
за рациональным  
использованием ТЭР  
Алексей Дух**

## «Слониммебель» в 2022 году внедрило энергоэффективный котлоагрегат малой мощности

Открытым акционерным обществом «Слониммебель» в 2022 году внедрен энергоэффективный водогрейный котел UNICONFORT EOS 100 теплопроизводительностью 0,86 Гкал/ч, КПД (брутто) 87,0% и удельным расходом топлива 164,2 кг у.т./Гкал. Экономический эффект от внедрения котла достигается за счет высокого коэффициента полезного действия при работе на номинальной нагрузке.

Водогрейный котел UNICONFORT EOS 100 оборудован автоматической системой самоочистки и автоматическим розжигом, что в совокупности обеспечивает высокую продуктивность и значительное снижение простоев, позволяет оптимизировать подачу топлива и количество выбросов.

В качестве топлива обществом используются отходы собственного производства, такие как опилки и отходы деревообработки. На территории предприятия оборудован силос для сбора и хранения опилок объемом 1000 м<sup>3</sup>, которые дозированно и в автоматическом режиме по пневматической системе

загрузки топлива подаются в котел. Данного запаса топлива достаточно для непрерывной работы котла в отопительный период в течении двух месяцев, а в межотопитель-



ный – до полугода. Обрезки древесины, в свою очередь, измельчаются собственными дробилками в накопитель и автоматически, шнеком подаются в топку котла. Таким образом, вместе с энергоэффективным производством тепловой энергии предприятием организовано и безотходное производство продукции, что вносит существенный вклад в развитие возобновляемых источников энергии.

Экономия топливно-энергетических ресурсов от внедрения данного мероприятия составляет 57,9 т.у.т. при сроке окупаемости в 6,6 лет.

Открытое акционерное общество «Слониммебель» и в дальнейшем планирует уделять значительное внимание энергосбережению, снижать энергоемкость выпускаемой продукции, тем самым и ее себестоимость. ■

**Главный специалист ИЭО Гродненского  
областного управления по надзору за  
рациональным использованием ТЭР  
С.П. Севрюков**

## Адреса энергосбережения: Могилевская область

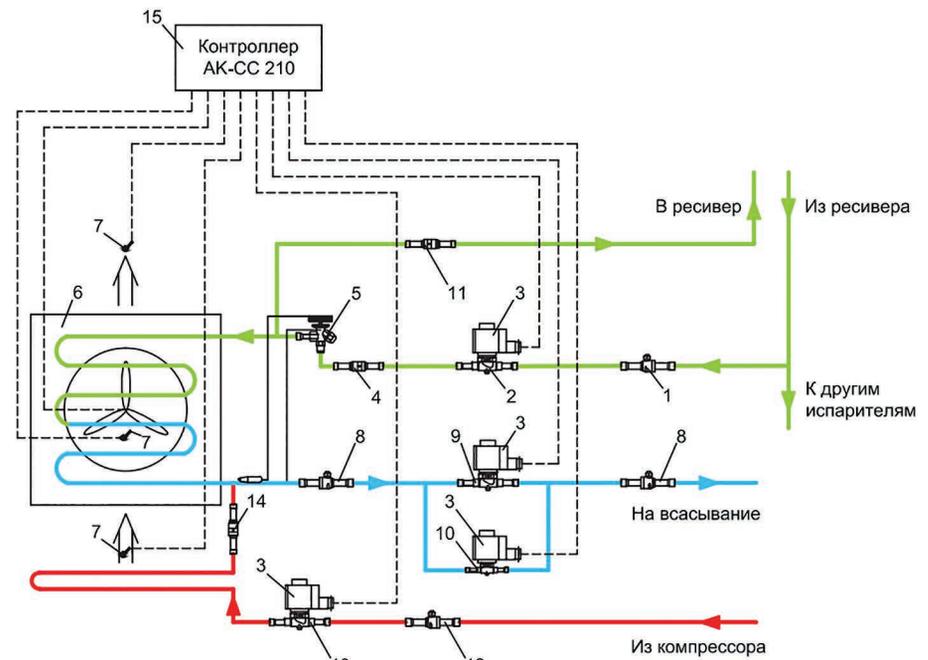
Сегодня более половины затрат современного супермаркета или магазина приходится на эксплуатацию холодильного оборудования. Время диктует жесткие условия конкуренции, поэтому технические решения, которые позволят снизить эти расходы, становятся все более актуальными.

В стандартном супермаркете в процессе работы центральной холодильной установки нагрузка на компрессоры постоянно меняется, поскольку в магазине масса потребителей, работающих каждый на свой объем. Для обеспечения стабильной работы компрессоров холодоснабжения, а также, чтобы не возникало излишков мощности при минимальной нагрузке (например, работа 10 витрин из 60) целесообразно холодоснабжение рассредоточенных по значительной территории потребителей осуществлять децентрализованным способом, не требующим начальных затрат.

Так в 2021 году специалистами филиала ООО «Евроторг» г. Могилева на торговых объектах по ул. Челюскинцев, 156 и ул. Мовчанского, 40 проведены энергоэффективные мероприятия по замене потребителей холода с централи на автономное холодильное оборудование. Условно-годовой эффект от двух мероприятий составляет около 82 т у.т. Срок окупаемости – от 6 месяцев до года.

Энергосберегающий эффект от внедрения данных мероприятий достигается благодаря отключению старых холодильных шкафов от централи и установки автономных ларей, а также за счет уменьшения расхода электрической энергии в режиме оттайки за счет изменения способа оттайки ТЭНами на оттайку горячим газом.

Существуют несколько основных способов оттайки воздухоохладителей. Самым простым и дешевым является естественная оттайка воздухом, но этот способ имеет самую большую продолжительность по времени, что может привести к простоям оборудования и размораживанию продукции. Второй и самый распространенный вид – оттайка ТЭНами. Однако этот способ сопровождается значительными эксплуатационными издержками. Третьим и наиболее экономически выгодным решением является оттайка воздухоохладителей горячим газом, при которой часть горячего газа с линии нагнетания холодильной установки вместо конденсатора направляется в воздухоохладитель. В этом случае не требуется дополнительная электроэнергия на нагрев ТЭНов и других внешних источников тепла. Так как нагрев воздухоохладителя происходит равномерно внутри во всех его трубках, время оттайки значительно уменьшается по срав-



◆ **Рис. 1. Принципиальная схема оттайки воздухоохладителя горячим газом.**

- 1 – кран шаровой запорный GBC;
- 2 – клапан соленоидный EVR;
- 3 – катушка электромагнитная Danfoss;
- 4 – клапан обратный NRV;
- 5 – клапан терморегулирующий TE;
- 6 – воздухоохладитель;
- 7 – датчик температуры воздуха EKS/AKS;
- 8 – кран шаровой запорный GBC;

- 9 – клапан соленоидный EVR;
- 10 – клапан соленоидный EVR;
- 11 – клапан обратный NRV;
- 12 – кран шаровой запорный GBC;
- 13 – клапан соленоидный EVR;
- 14 – клапан обратный NRV;
- 15 – контроллер АК-СС 210



нению с оттайкой ТЭНами, когда нагрев происходит только в местах заложения нагревательных элементов и значительная часть потребляемой энергии расходуется на нагрев окружающего воздуха, а не трубок и ребер теплообменного аппарата. Сокращение времени оттайки приводит к увеличению продолжительности работы холодильной установки в режиме охлаждения и увеличению сохранности продукции. Помимо этого, при оттайке горячим газом уменьшается стоимость воздухоохладителя (т.к. нет ТЭНов) и стоимость подключения системы холодоснабжения к электросетям.

На рисунке 1 показана принципиальная схема оттайки воздухоохладителя горячим

газом. Предлагаемая схема подходит для испарителей с холодопроизводительностью не более 20 кВт.

За счет внедрения в 4 квартале 2021 года двух мероприятий по изменению схем холодоснабжения и режима оттайки воздухоохладителей компрессоров на объектах филиала «Евроторга» в городе Могилеве экономия электроэнергии составила 21 т у.т., или 65,2 тыс. кВтч. В 2022 году планируется получить экономический эффект не менее 61 т у.т. ■

**Заведующий сектором ИЗО Могилевского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР Александр Барсуков**

# ИГРА «ЭНЕРГОЛЭНД»: ОТ ШКОЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ – К ОБЩЕГОРОДСКОЙ

Каждый из нас хотя бы раз задумывался, откуда берутся электроны в электрической лампочке, как вода связана с кубометрами? Все знают – электричество вырабатывается на ГЭС, ТЭЦ, АЭС, воду получают из скважин, а газ добывают на месторождениях. И совсем мало кто в курсе, как, оказывается, сложно управлять всем этим. В чем сложность? В двух словах не объяснить. А знать стоит, потому что именно из этих знаний складывается самая волнующая интрига – цена за киловатт и кубометр. А где с этой информацией можно ознакомиться? В каком пособии можно прочитать все о работе предприятий Витебска, связанной с энергосбережением, а тем более увидеть? Опять проблема. Ее и взялись решить учащиеся одной из школ города.

Во время декады энергосбережения в средней школе № 12 г. Витебска была сформирована инициативная группа для сбора информации о предприятиях г. Витебска, работающих в энергетике (РУП «Витебскэнерго», Витебские тепловые сети, мини- ТЭЦ «Восточная», УП «Витебскводоканал», водозабор №3 «Витьба», УП «Витебскгаз»), в которую вошли учащиеся Анастасия Кундир и Анастасия Лосева из 11 «Б» класса, учитель Инна Васильевна Толкачева. Был разработан маршрут и план-конспект экскурсий. По результатам изучения работы предприятий были созданы обучающие видеоролики о них (РУП «Витебскэнерго» – видеоролик «Да будет свет!»; УП «Витебскгаз» – видеоролик «А у нас в квартире газ!»; УП «Витебскводоканал»,



♦ Работа с QR-кодами на игровом поле



♦ Игровое поле с QR-кодами

водозабор №3 «Витьба» – видеоролик «Вечная слава воде!»; Витебские тепловые сети, мини- ТЭЦ «Восточная» – видеоролик «Все о тепловой энергии – от А до Я»). Просмотр видеороликов доступен с применением QR-кода, а также на тематическом сайте школы «Придвинская академия энергосбережения».

На основе полученных знаний была разработана настольная игра «ЭнергоЛэнд», базой для разработки которой стала игра «Монополия». Она направлена на повышение осведомленности учащихся в вопросах путей прихода в наши квартиры электричества, газа, тепла и воды на основе информации, полученной при посещении предприятий г. Витебска. Она знакомит со способами энергоресурсосбереже-

ния в школе и дома. Играть в нее можно как вдвоем, так и небольшой группой. Игра очень познавательна, подходит для использования на учебных занятиях в школе по ознакомлению с основами энергосбережения, в самостоятельной деятельности или дома. Учащиеся работают в командах, выполняя увлекательные задания и соревнуясь между собой. Команда, набравшая к концу игры наибольшее число баллов («гринусов»), становится победителем.

Прежде чем начать игру учащиеся должны ознакомиться с информацией о предприятиях г. Витебска в каждой отрасли, просмотреть видеоролики, применив QR-код (он находится на каждой из 4-х частей поля).

Затем участники собирают игровое поле из пазлов.



♦ Апробирование образовательной настольной игры

Поле разбито на 4 части: свет, газ, вода и тепло. Каждой части поля и карточкам соответствует свой цвет: свет – оранжевый, газ – желтый, вода – синий, тепло – красный. В каждой части поля имеются специально отведенные места для колоды карточек «Вопрос», «Письмо» и «Банк». Игроки раскладывают карточки в зависимости от отрасли энергетике.

Очередность вступления команд в игру определяется путем жребия. Для этого ведущий задает тематический вопрос по энергосбережению. Игрок бросает кубик и перемещает фишку по стрелке на то количество полей, которое выпало на кубике. Далее команда/игрок берет карточку «Вопрос», на которой даны задания для нее и остальных команд для выполнения и дальнейшего хода. Игра продолжается до тех пор, пока одна из команд не достигнет клетки ЭНЕРГОФИНИШ. Ей и вручается приз за скорость, 2 другие команды продолжают играть до достижения последней клетки каждого уровня.

## Выход в город

Как сделать настольную игру «ЭнергоЛэнд» достоянием родного Витебска, который в 2018 году вступил в глобальную сеть обучающихся городов

ЮНЕСКО? Для этого настольная игра была перенесена в формат, подходящий для городских парков, площадок, территорий образовательных учреждений. На масштабированном игровом поле с помощью QR-кодов представлены правила игры и зашифрованы задания. Каждый житель города, имея только смартфон, может пройти увлекательный квест, пополнив свои знания по энергосбережению.

На игровом поле все клетки с QR-кодами. Интерактивное задание выполняется, после перехода по ссылке на интернет ресурс. С помощью QR-кода надо прочитать выпавшее задание. Если это вопрос, то ответить на него вслух, далее прочитать ответ. Если необходимо, надо выполнить задание на сообразительность или проявить творчество.

Твистер позволит организовать активный отдых на свежем воздухе, получить живое общение и навыки командной работы, а главное – актуальную информацию в сфере энергосберегающих технологий.

Использование интерактивного образовательного комплекса «ЭнергоЛэнд» позволяет учащимся повысить культуру энергоэффективного поведения. В ходе ее дети знакомятся с основными энергосберегающими процессами, приобретают опыт принятия решений по реальному вкладу в изучение и охрану местных экосистем, узнают о перспективах развития энергетики нашей страны. Они, получив знания по данной теме черз



◆ Энергосберегающий твистер



игру, могут пропагандировать экологические и энергосберегающие идеи среди сверстников, взрослых, старших товарищей. Это дает им возможность почувствовать свою значимость для нашего общества и страны в целом.

В 2022 году интерактивный игровой образовательный комплекс «ЭнергоЛэнд» по результатам онлайн-голосования признан победителем в номинации «Экология (рациональное энергопользование и глубокая переработка природных ресурсов)» республиканского молодежного инновационного проекта «100 идей для Беларуси».

А решением жюри областного этапа республиканского конкурса «Энергомарафон» в областной номинации «Геймификация в энергосбережении» игра заняла I место.

Нужно отметить, что вопросы энергосбережения довольно сложные для детского восприятия и зачастую дети запоминают только то, что им интересно и понятно. В связи с этим материалы, предоставляемые детям, должны быть доступными, динамичными, позитивными, интересными, зрелищными и запоминающимися. И это не только игры. Это и интерактивные мотивационные стенды по энергосбережению, которые могут стать своеобразным путеводителем в вопросах альтернативной энергетики и рационального природопользования. Первые появившиеся в школе №12 г. Витебска стенды были посвящены экономии воды и электроэнергии. Учитывая актуальность достижения Цели №7 «Недорогая и чистая энергия», с целью продвижения инициативы «Мотивационные стен-

ды как источник формирования культуры энергосбережения», из вторичных ресурсов изготовлены новые стенды по альтернативной энергетике: «Энергия солнца», «Энергия воды», «Энергия ветра» и «Биоэнергетика» и разработан проект «Чистая энергия». Для реализации проекта через проведение цикла мероприятий с партнерскими организациями из числа волонтеров-экскурсоводов сформирована мобильная лаборатория «Будущее со знаком «+».

**Инна Толкачева, учитель**  
**ГУО «Средняя школа №12 г. Витебска имени Л.Н. Филипенко»,**  
**Виктор Вайтулянец,**  
**заместитель начальника**  
**Витебского областного**  
**управления по надзору**  
**за рациональным**  
**использованием топливно-**  
**энергетических ресурсов**

## Экономия ТЭР

## Экономия ТЭР за январь – март 2022 года

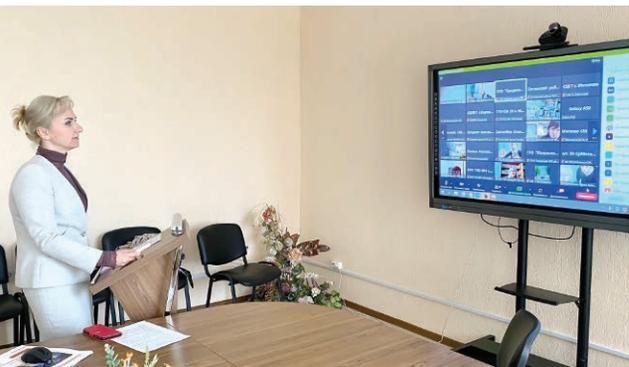
В соответствии с данными государственной статистической отчетности по форме 4-энергосбережение (Госстандарт) за январь – март 2022 г. в целом по республике экономия ТЭР за счет реализации энергоэффективных мероприятий составила 165,5 тыс. т.у.т. (27,6 % от годового задания).

Вышеуказанный объем был достигнут в основном в результате реализации заказчиками Госпрограммы основных направлений энергосбережения:

- внедрение в производство современных энергоэффективных и повышение энергоэффективности действующих технологий, процессов, оборудования и материалов в производстве – 62,4 тыс. т.у.т.;
- оптимизация схем теплоснабжения – 24,7 тыс. т.у.т.;
- внедрение автоматических систем управления освещением и энергоэффективных осветительных устройств, секционного разделения освещения – 14,7 тыс. т.у.т.;

- повышение эффективности работы котельных и технологических печей – 9,6 тыс. т.у.т.;
  - термомодернизация ограждающих конструкций зданий, сооружений, жилфонда и замена оконных блоков (входных групп) с установкой стеклопакетов – 9,1 тыс. т.у.т.;
  - передача тепловых нагрузок от ведомственных котельных на ТЭЦ – 8,1 тыс. т.у.т.
- [energoeffekt.gov.by](http://energoeffekt.gov.by)

# ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ОБРАЗОВАНИЕ



«Энергомарафон» – площадка для формирования у подрастающего поколения активной социальной позиции по отношению к рациональному использованию энергоресурсов и бережному отношению к окружающей среде, повышения культуры обращения с энергоресурсами. Номинацию «Система образовательного процесса и информационно-пропагандистской работы в сфере энергосбережения в учреждении образования» можно назвать одной из самых трудоемких номинаций конкурса.

С момента проведения самых первых этапов педагогические работники Могилевской области принимали участие в конкурсе в данной номинации. За 15 лет участия на счету учреждений образования области 10 призовых мест: по одному первому и второму, пять третьих и три специальных приза. Отличный результат и один из приятных моментов – получение учреждениями образования денежных призов на внедрение энергоэффективных мероприятий, реализация которых из года в год сопровождается дефицитом финансирования. В то же время, представителям области есть куда стремиться и совершенствоваться.

Для обмена опытом, обсуждения проблем и выработки перспективных направлений развития на базе Учреждения образования «Могилевский государственный областной институт развития образования» 21 апреля был проведен тематический семинар для педагогических работников учреждений дошкольного, общего среднего и профессионального образования по теме «Система образовательного процесса и информационно – пропагандистской работы в сфере энергосбережения в учреждении образования: опыт, проблемы, перспективы». Заместитель начальника Могилевского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР Светлана Заграбенец приняла участие в онлайн – семинаре, как член жюри областного этапа

конкурса и профильный специалист, и поделилась с участниками анализом представляемых на конкурс работ.

Была отмечена важная каждодневная задача педагогов – создание непрерывной системы воспитания нового поколения. Ведь сегодня все более очевидно, что никакие технические средства сами по себе не улучшат состояние окружающей среды, если люди не готовы к использованию энерго-сберегающих технологий, не стремятся сознательно соблюдать требования экологических ограничений и принимать активное участие в решении проблем окружающей среды.

Представители 81 учреждения образования приняли участие в семинаре посредством подключения к конференции Zoom. А пять представителей – призеров конкурса в разные периоды (Кольцов Сергей Александрович, учитель информатики государственного учреждения образования «Гимназия г. Мстиславля»; Кавцевич Мария Геннадьевна, методист ГУО «Могилевский профессиональный электротехнический колледж»); Парукова Анна Владимировна, заместитель директора по учебной работе государственного учреждения образования «Средняя школа № 8 г. Кричева»; Зайцева Светлана Владимировна, учитель химии и биологии государственного учреждения образования «Средняя школа № 3 г. Осиповичи»; Максимова Антонина Ивановна, директор учреждения образования «Ко-

стюковичская районная государственная гимназия») поделились опытом создания систем образовательного процесса и информационно-пропагандистской работы в сфере энергосбережения в своих учреждениях образования.

В ходе докладов обсуждались эффективные инструменты в воспитании культуры энергосбережения участников школьного сообщества, использование информационных технологий, взаимодействие с общественными организациями и местным сообществом, формирование энергосберегающих компетенций учащихся через техническое творчество и учебно-исследовательскую деятельность.

Отдельно, всеми участниками, была выражена благодарность и отмечена методическо-консультационная деятельность при подготовке и проведении областных этапов конкурса «Энергомарафон» отдела педагогических инноваций учреждения образования «Могилевский государственный областной институт развития образования», а также сопровождение и курирование при подготовке работ к областному и республиканскому этапам конкурса методиста отдела Лустенковой Дины Владимировны, в том числе сопровождение проектов на всех этапах, и в ходе работы выставок на республиканских семинарах «Современные технологии энергосбережения: опыт, инновации, перспективы».

Все участники положительно оценили опыт участия в семинаре, а организатором семинара выражено пожелание участникам по совершенствованию работ и стремлению стать постоянными призерами республиканских этапов «Энергомарафона» и завоевывать в копилку области награды высшей степени. ■

**Заместитель начальника Могилевского областного управления по надзору за рациональным использованием ТЭР  
Светлана Заграбенец**

**Наталья Захаренко,**  
заведующий лабораторией по энергосбережению ГУО «Гомельский  
областной центр технического творчества детей и молодежи»

## ПО ДОРОГЕ ЕДИНСТВА – В «ЭНЕРГОБЕЛАРУСЬ»

Стабильно выступает в конкурсе команда Гомельской области, показывая хорошие результаты. В этом году гомельчане победили с программой «По дороге единства в «Энергобеларусь», заняли призовые места с интересным проектом практических мероприятий «Стул PowerBank» и уникальной листовкой «Азбука сбережения», получили специальные призы жюри за рисунок «Наш энергокурс» и проект «Формирование основ энергосбережения в условиях дошкольного образования» ГУО «Ясли-сад №1 г. Житковичи».

Миссию учиться и обучать экономному расходованию энергоресурсов взяла на себя педагогическая общественность области. Обучение проводит учебно-практический центр по энергосбережению Гомельского областного центра технического творчества детей и молодежи, который является демонстрационным объектом энергосберегающих технологий и образовательной платформой.

На базе центра систематизируется лучший опыт по энергосбережению учащихся и педагогов области, проходит отборочный этап конкурса «Энергомарафон», ведется летопись побед в республиканском конкурсе. Лучшие наработки пополняют «Энергокейс», которым пользуются педагоги, делающие первые шаги в энергосбережении.

Большую помощь в организации семинаров и диалоговых площадок педагогам оказывает Гомельское областное управление по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов. Ежеквартально специалисты управления встречаются с педагогической общественностью области. Такие мероприятия – повод поделиться новыми идеями с опытными специалистами, обсудить планируемую деятельность по повышению энергоэффективности использования энергоресурсов в учреждениях образования. Ежегодно учреждения области, победители двух номинаций конкурса, получают сертификаты на выделение средств республиканского бюджета для внедрения энергоэффективных проектов. За последние три года такие учреждения образования заработали более 1 млн рублей для реализации мероприятий по повышению энергоэффективности.

Учебно-практический центр по энергосбережению является структурным подразделением Гомельского областного центра технического творчества детей и молодежи, ведет свою деятельность уже в течение пяти лет. Более 25 тысяч посетителей из разных регионов страны прошли обучение в нашем центре.



А началось все 15 лет назад с музея энергосбережения.

Идея открыть музей принадлежала областному управлению образования. Актуальность идеи была определена в Директиве Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 года №3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства». В 2008 году было принято решение – внедрить в образовательный процесс обучение навыкам экономии и бережливости. И педагогическая общественность взяла на себя миссию научить, каким образом можно сделать энергосбережение осознанным выбором.

Первым опытом были творческие конкурсы, акции. По итогам этих мероприятий стало понятно, что через систему учреждений образования можно доносить идеи энергосбережения. Но прививать навыки бережливости необходимо через практические действия. Возникла необходимость создания центра, где будут собраны и систематизированы все накопленные методические, учебные, информационные материалы.

Наметили цель – создать модель образовательного пространства для формирования



у молодежи навыков бережного и рационального отношения к природным энергоресурсам. Определили задачи.

В 2017 году учебно-практический центр разместили в историческом здании Гомельского областного лицея и оснастили современным оборудованием для организации занятий в различных форматах, в т.ч. и в форме дистанционного обучения. В настоящее время на базе центра проводятся встречи, семинары, консультации, акции, тематические конкурсы, онлайн-мероприятия, эта деятельность освещается в СМИ.

Центр имеет лабораторию для проведения интерактивных занятий. Обеспечение лаборатории позволяет связать в единую систему обучение, моделирование, тестирование, мультимедийные компоненты для эффективного использования в учебном процессе.

С помощью модельного стенда «Много света за небольшие деньги» обучаем правильному выбору электроприборов. На стенде «Теплые стены» можно смоделировать возведение энергоэффективных зданий или собственного дома. Панель «Драгоценная вода» помогает определить, как можно экономить воду. Установка «Трудно ли быть ►

электростанцией» позволяет в увлекательной форме, наглядно и легко оценить не только развиваемую человеком мощность и энергию, но и спрогнозировать время для выработки 1 киловатт-часа электроэнергии.

Стремительное развитие информационных технологий привело к разработке образовательного модуля «Workshop «Энергия будущего», своеобразной мастерской, в которой приобретаются навыки по экономии и бережливости через практические действия. Данная система мобильная, позволяет осваивать темы из разных областей науки, экономики, культуры, образования. Это образовательная среда, которая уже сейчас может способствовать формированию ответственного отношения личности и общества к природе, материальным и духовным ценностям.

Особенности модуля: переменный состав учащихся, небольшой и мобильный по содержанию объем информации, логическая последовательность. Учащиеся получают знания об истории развития источников света, исчерпаемости природных ресурсов, принципах работы возобновляемых источников энергии, о необходимости внедрения энергоэффективных проектов не только на бытовом уровне, но и в условиях своего региона, страны, мира.

Мы убедились, что постичь науку бережливости и начать применять ее на практике могут все. Созданное образовательное пространство обеспечивает организацию разноуровневого обучения. Деятельность осуществляется системно. Занятия для учреждений общего среднего, специального и профессионального образования проходят по ежедневному расписанию. Двухчасовой комплекс объединяет в себе теорию, лабораторные работы, интерактивные занятия, тестирование, практические задания и собственный вывод на интерактивной доске со стикерами. Оценка усвоенного материала проводится через тестирование и моделирование, нам важен не только результат на занятии, но и перспектива: результативное участия в конкурсах, а главное – понимание ответственности за экологическое будущее планеты.

Занятия по программе «Workshop «Энергия будущего» проводятся не только с учащимися, но и со студентами, педагогами. Совместные занятия-диалоги призваны вывести на рассуждения о том, как можно способствовать развитию энергетики и экономики, не нарушая гармонии окружающей среды.

Цифровизация энергопотребления как одна из инновационных технологий тоже включена в программу. В центре установлены интерактивные стенды «Энергетика мира», «Чистая энергия Беларуси», счетчик



учета посетителей, бегущая информационная строка, QR-коды. Все это концентрирует внимание, помогает анализировать, сопоставлять, делать собственные выводы. И конечно, яркие стенды – это удачное место для фотосессий.

Для более широкой пропаганды идей энергосбережения разработано несколько программ и создан виртуальный тур по Центру энергосбережения <http://d29338gp.beget.tech/> Ежегодно дополнительные знания по вопросам энергосбережения и энергоэффективности, преимуществ «зеленой» энергетики получают около шести тысяч человек.

Мы расширяем круг участников и формы работы, чтобы бережное отношение к природе, экономное расходование энергоресурсов стало нормой жизни для каждого человека. В Workshop вписались принципы инклюзивного образования. Азы экономии и бережливости осваивают дети-инвалиды из специализированных школ Гомеля и Речицы. Проявляют интерес к методике обучения педагоги и студенты из разных стран, прибывающие на обучение в Гомель. Студенты вузов стали не только активными участниками воркшопа, но и приобщились к акции «Подарок музею

энергосбережения».

Сегодня в центре создан каталог, в котором описано 377 экспонатов, представленных в экспозиции. Этот каталог позволяет детально представлять развитие энергетической области деятельности человечества от примитивного факела до замечательного светодиода. Более 100 экспонатов – это идеи и разработки учащихся – победителей конкурсов по энергосбережению.

Республиканский конкурс «Энергомарафон» – это тоже часть воркшопа. Ежегодно на базе центра проходит чествование победителей областного этапа. В центре ведется летопись побед в республиканском конкурсе «Энергомарафон», собираются разра-



ботки призеров конкурса. Это своеобразный «энергокейс», которым пользуются учащиеся и педагоги, делающие первые шаги по дороге энергосбережения.

В прошлом году представители Гомельщины стали победителями на заключительном этапе конкурса в четырех номинациях и дополнительно получили спецприз от Департамента по энергоэффективности.

Опыт организации деятельности по энергосбережению распространен за пределами Республики Беларусь: в Чехии, России, Словакии, Азербайджане, Арабских Эмиратах, везде, где выступали наши учащиеся. Участники конкурса «Вместе ярче» встречались со сверстниками во Всероссийском центре «Орленок». Проект «Энергорандеву в Беларуси» стал финалистом Международного конкурса имени Шейха Зайеда в ОАЭ. В рамках международного форума «Российская энергетическая неделя 2019» состоялась презентация проекта «Энергосбережение без границ!» в Москве.

Программа учебно-практического модуля Workshop «Энергия будущего» отмечена дипломом Министерства образования Республики Беларусь на XIX выставке научно-методической литературы и педагогического опыта в 2021 году.

Эффективность работы в области энерго- и ресурсосбережения зависит и от взаимодействия с государственными и общественными организациями. Центр имеет надежных партнеров в реализации различных проектов

Мы расширяем круг участников и формы работы, чтобы бережное отношение к природе, экономное расходование энергоресурсов стало нормой жизни для каждого человека

и инициатив. Ежегодно при поддержке партнеров проходят неделя энергосбережения, Час земли. Сотрудники центра реализуют образовательные маршруты с посещением предприятий области, которые пропагандируют стратегию перехода к «более чистому производству», технологические процессы без вреда окружающей среде. Это фабрика «Спартак», предприятия молочной промышленности, Добрушский фарфоровый завод, гомельские ТЭЦ.

Многие делегации, прибывающие в Гомель с официальным визитом, посещают наш центр. Представители Всемирного банка поддержали идею модернизации образовательного пространства. За счет целевого финансирования построена солнечная электростанция, рекуператор тепла.

Помощь Департамента по энергоэффективности – это интерактивные стенды, печатная продукция. Центр получил возможность показать молодежи цифровизацию энергопотребления. В режиме реального времени можно наблюдать расход энергии при использовании энергосберегающих ламп, действующей гелиосистемы, анализировать экономию по отоплению.

Центр проводит профориентационную деятельность. Основным содержательным направлением стало оказание учащимся помощи в выборе будущей профессии. Для этих целей нами разработан образовательный маршрут «От лучины до зеленой энергетике».

Актуальной задачей остается активизация воспитательной деятельности семьи, а также повышение эффективности взаимодействия семьи и учреждения образо-

вания. В центре проводятся Дни семейных традиций, родительские субботы, праздничные мероприятия с участием родителей. Многие родители, уже как руководители проектов собственных детей, заявили себя в конкурсной деятельности. Рождение гимна энергосбережению для нашего центра – это удачный результат поэтического поиска родителей и детей детсада «Атиква». Опыт работы показал, что даже в дошкольных учреждениях дети с интересом воспринимают идеи экономии и бережливости.

В период зимних каникул был дан старт новому формату для семейного досуга «Энергоповорот под Новый год», в котором приняли участие родители и дети, бабушки, дедушки, внуки. Для семейного посетителя проведены увлекательные игровые программы с включением образовательных блоков. Некоторые родители регистрировались по онлайн-записи, а многие пришли, узнав о необычных обучающих мероприятиях от знакомых или родственников. Среди участников новогодних встреч своей любознательностью и эрудицией выделялись одаренные дети. Родителей с детьми из многодетных семей привлекали мастер-классы с участием сказочных персонажей. Организаторы мероприятий особое внимание уделяли сложным подросткам, увлекая их в мир интересных открытий и изобретений разных веков. В центре разработан цикл встреч для семейного посетителя, которые организуются после рабочего дня и по выходным.

Образовательная среда должна постоянно находиться в стадии обновления. Развитие «зеленой» энергетики будет темой нашей долгосрочной деятельности на перспективу.



Мы обозначили свою миссию – объединить опыт и инновации, традиции и альтернативу, чтобы создать условия, позволяющие подрастающему поколению открывать для себя новые перспективы для самореализации и развития.

Координатором деятельности учебно-практического центра является Гомельский областной центр технического творчества детей и молодежи, он продолжает формировать экспозиционный фонд, информационную и методическую базу по продвижению новых образовательных технологий, цифровых решений и инновации для того, чтобы бережное отношение к природе, экономное расходование тепла, электроэнергии, природного газа, воды и других ресурсов стало нормой жизни для каждого человека.

Мы открыты к общению. Приглашаем всех желающих к сотрудничеству. ■

## Энергосмесь

### РУП «Могилевэнерго»: В регионе начали устанавливать экспериментальные птицевозащитные устройства

Энергетики приступили к установке в области экспериментальных птицевозащитных устройств ПЗУ-Н гнездообразующего типа. Первая такая конструкция появилась в апреле вблизи деревни Большая Лотва Шкловского р-на. Она выполнена в виде гнезда на отдельно стоящей бетонной опоре. Устройства будут привлекать птиц, а опоры ЛЭП при этом останутся нетронутыми, что позволит уменьшить число аварийных отключений электросетей из-за пернатых и предотвратит их гибель.

На предприятии отметили, что если новое устройство летом этого года зарекомендует себя положительно, то установка таких конструкций войдет в дальнейшие планы РУП «Могилевэнерго».

Также в этом году в регионе установят около 4 тыс. противоптичьих заградительных устройств на траверсах опор ЛЭП 35-330 кВ. Это даст возможность обеспечить максимальную защиту птиц от воздействия электротока, сведет к минимуму нарушения в электроснабжении потребителей электроэнергией и повысит надежность ЛЭП. ■

БелТА

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

**ista**

- Система индивидуального (поквартирного) учета тепловой энергии на базе распределителей тепла «Экземпер», «Допримо III радио»: от монтажа приборов до абонентских расчетов для десятков тысяч потребителей.
- Оборудование «Данфосс», «Петтинароли» для энергосбережения: радиаторные термостаты, системы автоматического регулирования отопления зданий, арматура.
- Приборы учета тепловой энергии «Сенсоник» 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

**Ю.А. Башко,**  
заведующий отделом  
жилищного хозяйства

**Н.В. Вратил,**  
ведущий инженер

**Д.Ю. Башко,**  
младший научный сотрудник  
ГНУ «Научно-исследовательский  
экономический институт  
Министерства экономики  
Республики Беларусь»

**В.Н. Кецо,**  
старший преподаватель  
УО «Белорусский  
государственный  
аграрный технический  
университет»

ГНУ «Институт жилищно-коммунального  
хозяйства Национальной академии  
наук Беларуси»

# АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО СЕКТОРА МАЛЫХ ГОРОДОВ И АГРОГОРОДКОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УДК 697.34

## Аннотация

В статье определен ряд факторов, способствующих переходу жилищно-коммунального сектора малых городов и агрогородков Республики Беларусь на использование местных топливно-энергетических ресурсов, возобновляемых источников энергии и электроэнергии для целей отопления и горячего водоснабжения, рассмотрены основные направления повышения эффективности теплоснабжения объектов ЖКХ малых городов и агрогородков, отражены вопросы модернизации и отмечены экономические предпосылки к усовершенствованию систем отопления и горячего водоснабжения объектов ЖКХ малых городов и агрогородков в условиях увеличения объемов использования местных топливно-энергетических ресурсов, электрической энергии и возобновляемых источников энергии.

ANALYSIS OF THE STATE AND MAIN DIRECTIONS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF HEAT SUPPLY TO THE HOUSING AND COMMUNAL SECTOR OF SMALL TOWNS AND AGRO-TOWNS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Yu.A. Bashko, Head of the Housing Management Department<sup>1</sup>,  
N.V. Uratsil, Leading engineer<sup>1</sup>  
D.Y. Bashko, Junior Researcher<sup>2</sup>  
V.N. Ketsko, Senior lecturer<sup>3</sup>

## Annotation

The article identifies a number of factors contributing to the transition of the housing and communal sector of small towns and agro-towns of the Republic of Belarus to the use of local fuel and energy resources, renewables and electricity for heating and hot water supply, discusses the main directions of improving the efficiency of heat supply of housing and communal services of small towns and agro-towns, reflects the issues of modernization and economic prerequisites are noted to improve the heating and hot water supply systems of housing and communal services of small towns and agro-towns in the conditions of increasing the use of local fuel and energy resources, electric energy and renewables.

## Введение

В настоящее время в Республике Беларусь эксплуатируется порядка 264,4 млн кв. м жилья, из них примерно 70% составляет городской жилищный фонд и около 30% – сельский [1]. При этом в отношении эксплуатации жилищного фонда независимо от форм собственности организаций ЖКХ ведется единая политика создания благоприятной среды и комфортных условий проживания для человека независимо от места жительства.

Следует отметить, что большая часть многоквартирных жилых домов городско-

го жилищного фонда, а также зданий сельского жилищного фонда построены до 1996 года, когда нормативные требования теплозащиты оболочки зданий были значительно ниже существующих, с показателем удельного потребления тепловой энергии в 2 раза и более выше, чем у зданий современной постройки.

С учетом этого основным потребителем тепловой энергии в Республике Беларусь является население [2]. На его долю приходится 58,2% потребления, а спрос промышленных предприятий составляет всего 26,2%.

Принимая во внимание тот факт, что для производства тепловой энергии в основной массе используются импортные углеводороды, в жилищном секторе сосредоточен значительный потенциал снижения их потребления, увеличения использования местных топливно-энергетических ресурсов, электрической энергии и возобновляемых источников энергии для целей теплоснабжения. Следует отметить ряд факторов, способствующих развитию этого направления в жилищно-коммунальном секторе малых городов и агрогородков Республики Беларусь.

<sup>1</sup>State Scientific Institution "Institute of Housing and Communal Services of the National Academy of Sciences of Belarus", Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>State Scientific Institution "Scientific Research Economic Institute of the Ministry of Economy of the Republic of Belarus", Minsk, Republic of Belarus

<sup>3</sup>Educational institution "Belarusian State Agrarian Technical University", Minsk, Republic of Belarus

С одной стороны, валютная зависимость от поставок углеводородов в условиях постоянного удорожания энергоресурсов коснулась и сектора теплоэнергетики ЖКХ, оказывающего услуги по обеспечению теплом, что сказывается на соотношении «цена – качество» оказываемых услуг и требует значительной поддержки со стороны государства. Снижение стоимости ЖКУ при создании благоприятных условий проживания людей независимо от удаленности построек от систем централизованного теплоснабжения является важной социально-экономической предпосылкой использования местных топливно-энергетических ресурсов и возобновляемых источников энергии для теплоснабжения.

С другой стороны, около 30% биологических возобновляемых энергоресурсов в виде порубочных остатков, отходов лесохозяйственной деятельности (опилки, щепа, горбыль, кора, ветки, пни и т.п.), ТКО находятся «в шаговой доступности», особенно для малых городов и агрогородков. Для целей теплоснабжения их можно использовать как напрямую, так и после переработки, получив на их основе высококачественный продукт (пеллеты, брикеты и т.п.) с более высокой добавочной стоимостью. Использованию в энергетических целях также подлежат отходы сельскохозяйственного производства и переработки сельскохозяйственной продукции (солома, лузга, костра и т.п.).

Кроме того, на территориях малых городов и агрогородков республики располагаются естественные и искусственные водоемы, в ЖКХ функционирует значительное количество объектов водно-канализационного хозяйства, которые обладают стабильными, постоянными низкотемпературными тепловыми потоками, рассеиваемыми в окружающей среде. Однако низкая температура упомянутых потоков не позволяет их использование и требует дополнительных затрат электроэнергии для широкомасштабного применения в технологиях ЖКХ тепловых насосов, гелиоколлекторов для отопления и горячего водоснабжения зданий.

Нарастает производство электрической энергии Белорусской АЭС, что влечет за собой новые подходы к замещению углеводородных энергоресурсов в целом по стране, включая жилищно-коммунальный сектор, направленные на прямое преобразование электрической энергии в тепловую [3].

С учетом этого, все большую актуальность в стране приобретает вопрос повышения эффективности отопления и горячего водоснабжения объектов ЖКХ малых городов и агрогородков путем снижения потребления, сокращения импорта углеводородных ТЭР и перехода на инновационные, комбинированные и гибридные системы те-

плоснабжения с использованием местных топливно-энергетических ресурсов, электрической энергии и возобновляемых источников энергии.

### Основная часть

Основными производителями тепловой энергии в республике, в том числе для потребностей жилищно-коммунального сектора, являются энергоснабжающие организации, входящие в состав ГПО электроэнергетики «Белэнерго», и организации жилищно-коммунального хозяйства. При этом производство тепловой энергии электростанциями и теплоэлектроцентралями составляет около 55,2%, котельными установками – около 35,7% и теплоутилизационными установками – примерно 9,1%.

По данным исследований [4] Беларусь является одним из мировых лидеров по степени развития теплофикации (более 50% тепловой энергии вырабатывается в рамках комбинированного производства электрической и тепловой энергии). Централизация производства теплоты в областных городах практически достигла своего предела.

Сегодня повсеместное обеспечение выполнения нормативов социальных стандартов по отоплению и горячему водоснабжению может быть достигнуто не только повышением эффективности коммунальной теплоэнергетики путем оптимизации схем теплоснабжения малых городов, районных и сельских населенных пунктов, замены котельного оборудования, снижения потерь при транспортировке тепловой энергии, но и тепловой модернизацией зданий с повышением их термосопротивления.

В жилищно-коммунальном секторе малых городов и агрогородков Республики Беларусь преобладают две основных схемы теплоснабжения, базирующиеся на системах водяного централизованного и децентрализованного (индивидуального) отопления и горячего водоснабжения зданий.

Централизованные системы теплоснабжения предназначены для отопления и горячего водоснабжения значительной группы зданий, как правило, от одного источника или теплового пункта. Основными источниками централизованного теплоснабжения жилищно-коммунального сектора агрогородков и малых городов республики служат 3824 коммунальные котельные. Они генерируют тепловую энергию путем сжигания ископаемых видов топлива с последующей транспортировкой потребителю через горячую воду под давлением в качестве теплоносителя. В последние годы в «малой» энергетике широко используются местные топливно-энергетические ресурсы и электрическая энергия.

Относительно невысокий КПД централизованных систем теплоснабжения, высокая

степень физического износа парка котельного оборудования и теплосетей требуют в процессе модернизации решения ряда системных задач по определению рациональной структуры систем теплоснабжения и источников теплоты в зависимости от потребности в тепло- и электропотреблении малых городов и сельских поселений в регионах страны, оптимизации режимов использования источников теплоты разных типов с учетом повышения надежности теплоснабжения потребителей.

Поэтому при выборе путей повышения эффективности теплоснабжения объектов ЖКХ малых городов и агрогородков с целью снижения расхода традиционных энергоресурсов необходимо принимать во внимание следующие производственно-технологические особенности существующих систем теплоснабжения:

- различная балансовая принадлежность элементов систем теплоснабжения: практически все крупные потребители в малых городах обслуживаются теплоисточниками Минэнерго; на балансе коммунальной энергетике чаще всего числятся мелкие обособленные объекты с низкой подключенной нагрузкой (из общей протяженности примерно 22625,4 км теплосетей в республике 67% принадлежит системе жилищно-коммунального хозяйства), ведомственная зависимость в пределах одной территориальной единицы не позволяет оптимизировать процесс теплоснабжения потребителей и стоимость оказываемой услуги;

- значительная разветвленность тепловых сетей от одного теплоисточника и высокие потери теплоты в них из-за наличия больших емкостных и транспортных запаздываний по сетевым каналам передачи энергии, что вызывает перетопы для одних потребителей и недополучение тепла для других, увеличивает расходы на предоставление одной из самых дорогих услуг – отопления и снижает качество предоставляемой услуги;

- разобщенность систем управления технологическими процессами теплоснабжения и теплопотребления не позволяет оптимизировать процессы теплоснабжения непосредственных потребителей; для повышения эффективности процессов целесообразно обеспечение пиковой нагрузки с помощью автономных источников теплоты (например, котлы на местных топливно-энергетических ресурсах, электродкотлы), установленных непосредственно у абонентов, что позволит снизить тепловые потери, повысить качество оказываемой услуги и оптимизировать потребление тепловой энергии.

Децентрализованные (индивидуальные) системы отопления применяются для отопления одного (нескольких) зданий или одного (нескольких) помещений. ▶

Децентрализованное (индивидуальное) теплоснабжение зданий (помещений) осуществляется посредством водяных котлов на жидком, газообразном, твердом топливе или печного отопления; также в последние годы актуальным для республики становится вопрос использования местных топливно-энергетических ресурсов, электрической энергии и возобновляемых источников энергии для целей отопления и горячего водоснабжения.

Применение децентрализованного теплоснабжения дает возможность самостоятельного регулирования температурного режима в зданиях (помещениях), обеспечения отопления в переходные периоды (осень – зима, зима – весна), снижения затрат на устройство теплоцентралей и поквартирных теплосетей, исключения потерь тепловой энергии в теплоцентралях и теплосетях, индивидуального учета потребляемых энергоресурсов и более широкого использования возобновляемых источников энергии (энергии грунта, солнечной и ветровой энергии, биогаза) [5].

Учитывая, что не только в малых городах, но и в сельской местности жилой фонд имеет высокий уровень централизованного теплоснабжения, индивидуального отопления и горячего водоснабжения зданий, применение местных топливно-энергетических ресурсов, электрической энергии и возобновляемых источников энергии с целью замещения традиционных видов энергоресурсов может обеспечить значительный эффект.

В современных условиях хозяйствования системы теплоснабжения малых городов и агрогородков с использованием местных топливно-энергетических ресурсов, вторичных энергетических ресурсов, возобновляемых источников энергии и электроэнергии должны соответствовать требованиям экологической безопасности, иметь возможность интегрирования низкотемпературных источников тепловой энергии, автоматизации и оптимизации процессов отопления в рамках информационно-коммуникационных технологий и обеспечивать:

- индивидуальный подход при минимальных сетевых потерях тепловой энергии;
- взаимодействие с интеллектуальными энергетическими системами;
- взаимодействие с возобновляемыми источниками тепла (интеграция посредством интеллектуальных информационно-коммуникационных систем управления);
- участие в цифровых процессах на основе информационно-коммуникационных технологий.

Следует отметить, что единообразных решений задач, связанных с оптимизацией систем теплоснабжения объектов ЖКХ малых городов и агрогородков, в принципе не может быть. Для выбора решения, направленного на повышение эффективности систем теплоснабжения, в каждом конкретном случае необходим индивидуальный подход при со-



◆ **Рис. 1.** Основные направления повышения эффективности теплоснабжения объектов ЖКХ малых городов и агрогородков [6]

хранении единой стратегии перехода на использование местных топливно-энергетических ресурсов, вторичных энергетических ресурсов, возобновляемых источников энергии и электроэнергии для целей отопления и горячего водоснабжения [6].

Основные направления повышения эффективности теплоснабжения объектов ЖКХ малых городов и агрогородков с учетом современных требований представлены на рисунке 1.

К задачам краткосрочной перспективы в реализации направлений повышения эффективности теплоснабжения объектов ЖКХ малых городов и агрогородков следует отнести модернизацию и повышение энергоэффективности тепловых сетей и объектов ЖКХ, оптимизацию схем централизованного теплоснабжения, децентрализацию систем теплоснабжения объектов ЖКХ и использование местных топливно-энергетических ресурсов, а в среднесрочной перспективе – модернизацию систем централизованного теплоснабжения и котельных ЖКХ на основе комплексного использования местных топливно-энергетических ресурсов, возобновляемых источников энергии и электроэнергии.

В настоящее время в республике уже имеются реализованные проекты инновационных технологических и технических решений по повышению эффективности теплоснабжения объектов ЖКХ малых городов и агрогородков.

Первоочередной задачей на данном этапе является модернизация и повышение энергоэффективности существующих тепловых сетей и объектов теплоснабжения ЖКХ.

Практика показывает, что в старых теплотрассах потери тепловой энергии при транспортировке могут достигать в отдельных случаях порядка 20%, а применение пред-

варительно изолированных труб позволяет в 3 и более раза сократить потери.

В настоящее время в республике ведется системная работа по реконструкции тепловых сетей ЖКХ с использованием ПИ-труб, которая позволила снизить потери тепловой энергии при транспортировке до 9% в 2021 году [7] (для сравнения, уровень Финляндии – 9–10% [8]). В соответствии с программными документами необходимо снизить необоснованные потери тепловой энергии собственного производства к 2025 году до 9%.

Вторым важнейшим направлением повышения эффективности систем теплоснабжения объектов ЖКХ малых городов и агрогородков является оптимизация схем централизованного теплоснабжения на основе индивидуального подхода к оценке состояния каждой из систем централизованного теплоснабжения. Там, где замена старых или прокладка новых теплосетей экономически нецелесообразна, следует вывести из эксплуатации тепловые сети с низкой подключенной нагрузкой и осуществлять децентрализацию систем теплоснабжения объектов жилищно-коммунального хозяйства на принципах максимальной приближенности теплоисточника к потребителю, с применением модульных котельных на местных видах топлива или электрической энергии, расположенных в непосредственной близости от потребителей.

В республике существуют технически и экономически обоснованные решения теплоснабжения объектов ЖКХ посредством модульных котельных. Так, в г. Орша от ближайшей к 12-квартирному дому по ул. Новой котельной было проложено более 1 км тепловых сетей. Физический износ данного участка теплотрассы способствовал неизбежным



◆ **Рис. 2.** Вид на модульную котельную по ул. Новой в г. Орша [9]

значительным потерям тепловой энергии при транспортировке, что приводило к росту себестоимости гигакалории, снижению качества оказания услуг отопления и горячего водоснабжения при увеличении их себестоимости, росту расхода газа на производство теплоты котельной. Наилучшим решением сразу двух проблем (отказ от использования дорогого импортируемого топлива и ликвидация неэкономичного участка трассы) стало строительство непосредственно возле дома небольшой модульной котельной, работающей в автоматическом режиме (рисунок 2). Окупаемость этого проекта, по расчетам КУП «Оршатеплосети», может составить от четырех до пяти лет [9].

Одним из необходимых условий снижения себестоимости теплоснабжения остается реконструкция теплоисточников с низкой подключенной нагрузкой с переводом их в автоматический режим работы. В этом случае наиболее приемлемым вариантом топлива остаются пеллеты.

Так, в агрогородке Сейловичи Несвижского района котельная отапливает всего два здания – школу и библиотеку. При работе на дровах поддерживать необходимый температурный режим приходилось посменно четырем операторам.

Сократить трудозатраты позволила установка двух пеллетных котлов с системой автоматического управления (рисунок 3). Это дало возможность стабилизировать температурный режим и сократить количество операторов до одного. При этом не требуется его постоянное присутствие.

Практика показала, что наиболее экономичным и надежным вариантом реконструк-



◆ **Рис. 3.** Вид на пеллетную котельную



◆ **Рис. 4.** Вид на гелиоводонагревательную установку и котельную на пеллетах, детский сад №9, г. Орша

**Таблица 1.** Технико-экономические показатели работы гелиоустановки в составе комбинированной системы теплоснабжения по адресу: г. Орша, пер. Горецкий, 2Б, детский сад-ясли №9

Наименование показателей	Значение
Тепловая мощность, кВт	13,048
Период использования ВИЭ	межотопительный период
Состав комплексной системы	МВТ + гелио
Место установки	административное здание
Обеспечивает потребности	ГВС
Выработка тепловой энергии, Гкал/год	2,210
Экономия топлива, т у.т./год	0,17
Тип гелиоколлекторов (2 шт.)	Вакуумный, состоит из 7 панелей по 30 вакуумных трубок и емкостного водонагревателя косвенного нагрева с двумя гладкотрубными теплообменниками объемом 1000 литров
Срок службы, лет	20
Срок окупаемости, лет	9,9

ции малых котельных остается установка пеллетного котла с сохранением одного дровяного котла.

При переходе на пеллеты сельских теплоисточников, как правило, себестоимость гигакалории может быть снижена не менее чем на 20%. В настоящее время средняя себестоимость произведенной на пеллетах гигакалории в Несвижском ЖКХ составляет 160 рублей. При этом следует учитывать, что цена топливных гранул пока остается довольно высокой – около 230–250 руб. без НДС за тонну. С другой стороны, учитывая увеличивающееся число производителей данного вида топлива и растущую конкуренцию на рынке, можно надеяться на снижение цены. Реализованные в этой сфере проекты окупаются достаточно быстро и остаются примером для тиражирования [10].

Технические возможности современного отопительного оборудования и автоматизации позволяют осуществлять децентрализацию систем теплоснабжения объектов ЖКХ на принципах максимальной приближенности теплоисточника к потребителю, располагать оборудование прямо на крыше отапливаемого здания, оборудовать котельные на местных видах топлива и электродотельные в свободных технических помещениях или рядом со зданием. Это дает возможность создания автоматизированных систем на основе



использования местных топливно-энергетических ресурсов и возобновляемых источников энергии в составе комбинированных систем теплоснабжения.

Так, для нужд горячего водоснабжения детского сада №9 г. Орша, Горецкий пер., 2, используются гелиоводонагревательная установка в комплексе с котельной на пеллетах, рисунок 4.

Такие системы теплоснабжения работают полностью в автоматическом режиме; их КПД может достигать порядка 85%, срок окупаемости – до 10 лет при сроке эксплуатации в 20 лет.

Технико-экономические показатели работы гелиоустановки в составе комплексной системы теплоснабжения по данным КУП «Оршатеплосети» представлены в таблице 1.

В настоящее время важнейшим из основных направлений повышения эффективности теплоснабжения малых городов и агрогородков является перевод котлов на местные виды топлива с автоматизированной загрузкой, созданием комбинированных котельных и комплексных систем.

Практика теплоснабжения малых городов и агрогородков показывает, что эффективность использования неликвидной древесины, отходов лесозаготовки и деревообработки для целей отопления и ГВС повышается после трансформации ее в щепу. ▶



◆ **Рис. 5.** Вид на котлоагрегат и систему загрузки котельной на щепе в аг. Бабиничи Оршанского района Витебской обл.

Централизованное теплоснабжение небольших жилых кварталов из зданий малой этажности и коттеджей, а также отдельно стоящих жилых и административных зданий агрогородков в настоящее время обеспечивается в основном доставшимися с советских времен котельным оборудованием и теплосетями, обладающими значительными теплопотерями. На современном этапе котельные ЖКХ реконструируются, оснащаются автоматизированными котлоагрегатами на местных видах топлива с системами автоматической загрузки и другим инновационным оборудованием, что позволяет экономить энергию путем выбора режима работы установки в зависимости от температуры наружного воздуха, снизить затраты труда, необоснованные теплопотери и повысить КПД системы (рисунок 5).

Так, апробация преобразования убыточных котельных промышленных предприятий малых городов в мини-ТЭЦ показала на примере г. Волковыска, что перевод объекта теплоснабжения на использование местных топливно-энергетических ресурсов и установка паровой турбины SST-60 мощностью 1,35 МВт позволили снизить удельные затраты на производство тепловой энергии, повысить эффективность и качество оказания самых дорогих жилищно-коммунальных услуг – теплоснабжения и горячего водоснабжения [11].

Практика показывает, что средний срок окупаемости мероприятий по энергосбережению, направленных на перевод котлов на использование местных топливно-энергетических ресурсов, а также на преобразование котельных в мини-ТЭЦ, составляет от 8 до 10 лет.

Кроме того, ведется реконструкция тепловых сетей малых городов и агрогородков, замена трубопроводов, оптимизация теплотрасс. При правильно спроектированной

и гидравлически налаженной системе теплотрасс малых населенных пунктов, если удаление конечного потребителя от котельной составляет не более 1,5–2 км, общая величина потерь обычно не превышает 9%.

Одним из способов, позволяющих значительно сократить потери тепловой энергии, является производство горячей воды прямо в тепловых пунктах зданий-потребителей, а в межотопительный период – использование гелиоколлекторных водонагревателей.

Опыт применения комплексных систем централизованного теплоснабжения малоэтажных жилых зданий с использованием местных топливно-энергетических ресурсов и солнечной энергии на примере модернизации системы горячего водоснабжения с установкой гелиоводонагревателей (рисунки 6, 7) показывает, что гелиоколлекторы могут позволить жильцам сэкономить до 50% средств, направляемых на оплату горячего водоснабжения, а срок окупаемости гелиоколлекторных систем может составлять до 8 лет при сроке эксплуатации до 20 лет.

Технико-экономические показатели работы гелиоустановок в составе комплексных систем теплоснабжения по данным КУП «Оршатеплосети» представлены в таблице 2.

Несмотря на климатические условия северной области Республики Беларусь, повышение эффективности теплоснабжения малоэтажных жилых зданий агрогородков путем модернизации системы горячего водоснабжения с установкой гелиоводонагревателя позволяет не только снизить затраты на энергоресурсы, но и существенно улучшить качество предоставления услуг горячего водоснабжения в сельской местности в межотопительный период.

Кроме того, результаты мониторинга комбинированной системы теплоснабжения дома усадебного типа в ОАО «Александрийское» Могилевской области, проведенного институтом энергетики НАН Беларуси, показывают, что современные гелиоколлекторы позволя-



◆ **Рис. 6.** Вид на гелиоколлекторную систему для обеспечения нужд ГВС двух жилых 18-квартирных домов в населенном пункте Звездная Оршанского района Витебской обл. [12]



◆ **Рис. 7.** Вид на модернизированную систему горячего водоснабжения с установкой гелиоколлектора на крыше 5-этажного 60-квартирного жилого дома в деревне Обухово, ул. Связистов, д. 8 Оршанского района Витебской обл. [12]

**Таблица 2.** Техничко-экономические показатели работы гелиоустановок в составе комбинированных систем теплоснабжения

Наименование показателей	Место эксплуатации гелиоустановок	
	д. Обухово ул. Связистов, 8	д. Звездная, ул. Интернациональная, д. 1 и д. 2
Тепловая мощность, кВт	35,1	26
Период использования	межотопительный период	межотопительный период
Состав комплексной системы	МВТ + гелио	МВТ + гелио
Место установки	5-этажный жилой дом	Два 3-этажных жилых дома
Обеспечивает потребности	ГВС	ГВС
Выработка тепловой энергии, Гкал/год	33,850	10,400
Экономия топлива, туг/год	6,57	2,09
Тип гелиоколлекторов	Вакуумный, состоит из 16 панелей по 30 вакуумных трубок и трех баков-аккумуляторов по 1200 литров	Вакуумный, состоит из 24 панелей по 30 вакуумных трубок и емкостных водонагревателей по 1000 л (6 шт.)
Срок службы, лет	20	20
Срок окупаемости, лет	5,6	7,7

ют экономить до 80% средств, направленных на оплату горячего водоснабжения, а в переходный период (весна, осень) полностью обеспечивают отопление дома, что позволяет дополнительно экономить 20–30% природного газа [13].

В целом по республике с апробацией и внедрением инновационных технологических и технических решений за последнюю пятилетку удалось достичь роста доли использования местных топливно-энергетических ресурсов в топливном балансе организаций ЖКХ с 10% до 45,1%. Более 72% коммунальных котельных работают на местных топлив-

но-энергетических ресурсах, и процесс перевода теплоисточников на местные виды топлива продолжается. В рамках реализации Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы предусмотрена модернизация (реконструкция) 174 котельных на местных видах топлива, закрепленных на праве хозяйственного ведения за организациями ЖКХ, с установкой более эффективного оборудования, в том числе котельного [14].

Широкое внедрение тепловых насосов также дает возможность снижения потребления тепловой энергии из централизованных

источников и электроэнергии для целей тепло- и водоснабжения в межотопительный период.

Наиболее широко используемыми для теплоснабжения индивидуальных домов, а также в системах отопления и кондиционирования объектов, для создания стабильного микроклимата без резкого перепада температур являются аэротермальные тепловые насосы, которые захватывают тепло из воздуха. Воздух как источник тепла менее эффективен, в отличие от грунта и воды, но такая система обогрева не требует больших затрат при монтаже и вводе в эксплуатацию.

Опыт эксплуатации показывает, что при правильно выполненной установке период возврата инвестиций варьируется от 3 до 5 лет [15]. С учетом этого, доля воздушных тепловых насосов остается преобладающей в республике. В жилищном секторе малых городов республики широкое распространение получили комбинированные системы централизованного теплоснабжения малоэтажных жилых зданий с интегрированными в них системами использования низкотемпературных источников энергии. При этом, как правило, горячее водоснабжение жилого здания в неотопительный период осуществляется при помощи тепловых насосов типа «воздух – вода» и комплекта накопительных емкостей.

Наиболее эффективным техническим решением для создания комфортного микроклимата и горячего водоснабжения жилых зданий в условиях Республики Беларусь являются геотермальные тепловые насосы с грунтовым (наиболее стабильным, постоянно функционирующим) источником тепла, что находит в последние годы широкое применение при строительстве новых зданий.

Так, на территории индустриального парка «Великий камень» два года назад появился первый жилой комплекс на 156 квартир, разработанный специалистами «Минскгражданпроект» и возведенный китайским подрядчиком (рисунок 8). Горячее водоснабжение в доме обеспечивают геотермальные тепловые насосы, которые берут тепло из недр земли. Для этого во внутреннем дворике пробурена 81 скважина [16].



◆ **Рис. 8.** Вид на внутренний дворик жилого комплекса на территории «Великого камня» [16]

Следует отметить, что реализация проекта с геотермальным тепловым насосом кроме сложений непосредственно в систему теплоснабжения требует значительной величины капитальных затрат (близкой к стоимости самой системы теплоснабжения), привлечения специализированных предприятий, высококвалифицированных специалистов и применения специализированной техники для проведения буровых и строительно-монтажных работ при сооружении. Это является фактором, сдерживающим широкое внедрение геотермальных тепловых насосов.

Исследованиями установлено, что при переходе на ВИЭ и электрообогрев объектов ЖКХ в условиях Беларуси следует сохранять привычную центральную циркуляционную систему отопления и горячего водоснабжения здания, но генерация тепла должна происходить в собственной котельной. Данная схема наиболее оптимальна, так как при необходимости объект может получать и аккумулировать тепловую энергию из любых других источников.

При этом комплексный подход к использованию источников получения тепловой энергии в теплоснабжении жилищно-коммунального сектора малых городов и агрогородков с точки зрения приоритетов должен предполагать в максимальной степени использование местных топливно-энергетических ресурсов и возобновляемых источников энергии, а недостающую энергию предполагается получать от традиционных источников.

## Заключение

Повысить эффективность теплоснабжения объектов ЖКХ малых городов и агрогородков, снизить себестоимость произведенной гигакалории, потребление ископаемых ТЭР, затраты труда позволит переход на местные возобновляемые виды топлива, электроэнергию и возобновляемые источники энергии.

Практика реконструкции сельских теплоисточников с низкой подключенной нагрузкой с переводом их в автоматический режим работы показывает, что при использовании котлов с автоматической загрузкой древесных пеллет себестоимость гигакалории может быть снижена примерно на 20% при сокращении затрат труда в два раза и более.

Опыт апробации оборудования комбинированных систем теплоснабжения, созданных на основе комплексного подхода к использованию традиционных источников, местных топливно-энергетических ресурсов, электрической энергии и возобновляемых источников энергии в условиях жилищно-коммунального

хозяйства, показывает, что срок окупаемости вложенных инвестиций не превышает десяти лет. Полученный опыт может быть широко распространен в сфере жилищно-коммунального хозяйства при модернизации систем отопления и горячего водоснабжения одиночных стоящих зданий, производственных зданий и сооружений коммунального сектора, административных зданий агрогородков, индивидуальных и малоэтажных жилых домов. В ближайшей перспективе необходима разработка и реализация комплексных исследований по применению гибридных систем теплоснабжения.

При реконструкции, проектировании и строительстве новых объектов, групп объектов жилищного сектора наряду с децентрализованным теплоснабжением следует предусматривать использование местных топливно-энергетических ресурсов, электрической энергии и возобновляемых источников энергии в составе гибридных систем отопления и горячего водоснабжения.

## Литература

1. Жилищный фонд. Годовые данные [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/zhilischnye-usloviya/> <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/solialnaya-sfera/zhilischnye-usloviya/>. – Дата доступа: 11.21.2021.
2. Энергетический баланс Республики Беларусь. Статистический сборник. Редакционная коллегия: И.В. Медведева и др. Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск, 2021. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 13.01.2022.
3. Падалко Л.П. Повышение эффективности систем энергоснабжения на основе формирования современной политики на тепловую энергию / Л.П. Падалко, Е.Л. Савчук // Экономика, моделирование, прогнозирование. Выпуск 4.: сб. науч. тр. / НИЭИ Минэкономики РБ; редкол.: М.К. Кравцов [и др.]. – Минск, 2010. – С. 17–27.
4. Седнин В.А. Анализ состояния и основные тенденции развития систем централизованного теплоснабжения в Беларуси / В.А. Седнин, А.В. Седнин // Энергия и менеджмент. – 2016. – №6. – С. 2–10.
5. Проект №00077154. «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь». Проектирование и опыт эксплуатации Энергоэффективных жилых домов с учетом типовых схем теплоснабжения. [Электронный ресурс] – Режим досту-

па: <https://docviewer.yandex.by> – Дата доступа: 25.03.2022.

6. Башко Ю.А. Пути повышения эффективности теплоснабжения объектов ЖКХ малых городов и агрогородков в условиях наращивания производства местных возобновляемых видов топлива и электроэнергии / Башко Ю.А., Вратил Н.В. // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве: сб. тр.: в 2 ч. – Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В.О. Китиков. – Минск: БГТУ, 2021. – Ч. 1. – С. 109–121.

7. В Беларуси в 2021 году заменили почти 450 км теплосетей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.belta.by/economics/view/v-belarusi-v-2021-godu-zamenili-pochti-450-km-teplosetej-484807-2022/>. – Дата доступа: 25.03.2022.

8. Стенников В. Рынок тепла: мировой опыт развития централизованного теплоснабжения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://energypolicy.ru/rynok-teplamirovoj-opyt-razvitiya-czentralizovannogo-teplosnabzheniya/energetika/2021/18/05/>. – Дата доступа: 2.12.2022.

9. Кислый В. На линии прогресса / В. Кислый // Живи как хозяин. – 2021. – №3. – С. 32–35.

10. Воронников А. Местные виды топлива. Выгода плюс эстетика / А. Воронников // Живи как хозяин. – 2021. – №4. – С. 26–29.

11. Бычков В. Математика выгодных решений. / В. Бычков // Живи как хозяин. – 2022. – №2. – С. 20–23.

12. Селезнев В.В. Перспективы использования солнечной энергии (гелиоколлекторов) на районном уровне / В.В. Селезнев // Энергоэффективность. – 2021. – №4. – С. 18–22.

13. Китиков В.О. Анализ условий для широкомасштабного использования возобновляемых источников энергии в жилищном и коммунальном секторах / Китиков В.О. // Энергоэффективность. – №2. – 2021. – С. 10–15.

14. Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы», утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 января 2021 г. №50 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://pravo.by/upload/docs/op/C22100050\\_1612299600.pdf](https://pravo.by/upload/docs/op/C22100050_1612299600.pdf). – Дата доступа: 12.01.2022.

15. Китиков В.О. Энергетические и экономические аспекты применения тепловых насосов для жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь / Китиков В.О., Башко Ю.А., Козорез А.С. // Энергоэффективность. – 2020. – №12. – С. 11–15.

16. Четырехзвездочный отель и ЖК с квартирами «все включено». Посмотрели, как застраивается «Великий камень» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://realt.onliner.by/2022/01/26/kak-zastraivaetsya-velikiy-kamen>. – Дата доступа: 11.02.2022. ■

Статья поступила в редакцию 29.03.2022



**А.Н. Пехота,**  
к.т.н., Белорусский государственный  
университет транспорта, г. Гомель

# ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ: ОСОБЕННОСТИ MSF-ТЕХНОЛОГИИ

УДК 662.7, 628.4  
УДК 662.8

## Аннотация

Изложены основные особенности разработанной инновационной технологии производства брикетированного многокомпонентного твердого топлива с использованием различных горючих отходов. Представлены результаты и анализ проведенных исследований на соответствие брикетированного многокомпонентного твердого топлива качественным показателям с энергетической и экологической составляющими.

**N. Pekhota, candidate of technical sciences, Belarusian State University of Transport, Gomel**  
**EFFICIENT USE OF MUNICIPAL SOLID WASTE FOR ENERGY PURPOSES: TECHNOLOGY FEATURES**

## Annotation

The main features of the developed innovative technology for the production of briquetted multicomponent solid fuel using various combustible wastes are outlined. The results and analysis of the conducted studies on the compliance of briquetted multicomponent solid fuel with quality indicators with energy and environmental components are presented.

## Введение

На протяжении десятилетий основными принципами и приоритетами государственной политики Республики Беларусь являются системный подход к рациональному использованию материальных и вторичных ресурсов, энергосбережению, а также созданию экологически безопасной среды обитания для наших граждан. Роль этих направлений глобальна и многогранна ввиду того, что развитие только этих направлений, позволяет формировать механизмы повышения ресурсной и энергетической безопасности, решая вопросы экологии и продолжительности жизни граждан. Все это создает в масштабах государственной экономики оптимальное развитие и функционирование различных отраслей, направленных на создание действенных бизнес-моделей, обеспечивающих более экологичное ресурсопользование, что в целом способствует достижению принятых Целей устойчивого развития общества.

Для современного топливно-энергетического комплекса многих стран, в условиях растущего повышения спроса на энергоресурсы, всегда основной задачей стоит поиск путей и направлений, обеспечивающих энергосбережение. Одной из главных целей в области энергосбережения является, максимально возможное увеличение доли энергии из возобновляемых источников, местных видов топлива и вторичных ресурсов, с учетом эконо-

мической и экологической целесообразности их вовлечения.

Однако при решении вопросов перевода энергетических установок на местные виды топлива возникает проблема обеспечения их стабильной сырьевой топливной базой. В последнее десятилетие вводимые энергоустановки, преимущественно ориентированы как на традиционные виды топлива (торф, дрова) так и на новые твердые биотоплива – щепы, гранулы и брикеты. Так как денежные затраты на возведение энергоустановок тратятся немалые, а запасы древесного топлива на близлежащих от энергоустановок территориях со временем будут уменьшаться, необходимо иметь резервные источники топлива.

Несмотря на то, что в Республике Беларусь уже давно при проектировании, строительстве и модернизации производственных и коммунальных предприятий преимущественно используются безотходные или малоотходные технологии, образование и экономически эффективное использование, накопленных и образующихся отходов, остается актуальной проблемой.

При этом дополнительно стоит учитывать, что страны Евросоюза декларируют к 2030 г. замещение четвертой части потребляемого топлива за счет применения биотоплив, получение которых будет осуществляться с помощью технологий переработки различных отходов и биомассы.

Одной из перспективных технологий получения топлива, с целью обеспечения стабильной сырьевой базы на долгие годы эксплуатации энергоустановок, может стать внедрение новых технологий брикетирования, позволяющих получать твердое топливо на основе многокомпонентных составов из различных некондиционных отходов, образующихся на близлежащих территориях в ходе осуществления коммунальной и промышленной жизнедеятельности человека. Технология и топливо, полученное предложенным способом, названо автором многокомпонентным твердым топливом (МТТ).

Также, новой мировой тенденцией, в последние годы, является контроль выбросов диоксида углерода и наша республика, как и многие страны, стремится к снижению углеродного следа, что обостряет актуальность решения обозначенных задач. Тема углеродного регулирования обострилась в связи с планами ЕС по введению трансграничного углеродного сбора. При этом для Республики Беларусь, в соответствии с принятыми Национальной стратегией целями устойчивого развития, и подписанными международными соглашениями по климату, необходимо реализовывать принятые обязательства. Несмотря на сложившуюся политическую обстановку и реалии, которые как любые противоречия рано или поздно переходят из острой формы противостояния в конструктивное русло, ▶

в будущем возникнет необходимость в решении данных проблем, особенно учитывая экспортную ориентированность нашей страны. Решение задач по увеличению использования и переработке различных горючих отходов и биомассы, а также снижение углеродного следа и сокращение объемов промышленных и коммунальных отходов для Беларуси тесно связано с другой, не менее актуальной проблемой – необходимостью снижения энергетической составляющей в стоимости услуг и продукции.

### Основная часть

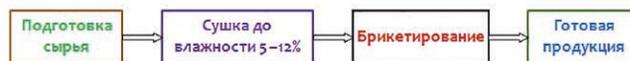
Широкий спектр отходов, образующихся в коммунальном хозяйстве с введением государственных программ, связанных с организацией сбора, обезвреживания и использования отходов, безусловно, дал значительные результаты. Однако, для ряда отходов, накопленных и образующихся, на сегодняшний день нет доступных технологий, позволяющих их в полной мере превратить в предмет монетизации.

Среди таких отходов особое место занимает осадок сточных вод (ОСВ), образующихся в результате очистки хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод. В свою очередь, как показали проведенные исследования, осадок является энергетически насыщенным горючим отходом, состоящим из органических (до 80%) и минеральных (около 20%) веществ, выделенных из воды в результате механической, биологической и физико-химической очистки [1]. В настоящее время ОСВ в основном складываются на территории очистных сооружений, что создает неблагоприятную экологическую ситуацию вблизи городской черты.

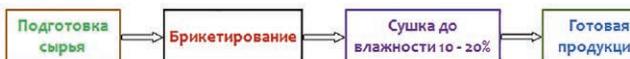
Ежегодно в Республике Беларусь образуется более 50 тыс. тонн осадков сточных вод в пересчете на сухое вещество, т.е. без учета влажности. Соответственно масса и объемы образующегося влажного осадка намного выше, и в среднем составляют около 0,7 млн тонн в год. В ближайшем будущем прогнозируется рост объемов ОСВ вследствие строительства новых очистных сооружений, в т.ч. при выводе из эксплуатации полей фильтрации, а также при увеличении производительности и повышении степени очистки сточных вод на существующих сооружениях [2]. Таким образом, все более актуальным для производственных и коммунальных предприятий становится вопрос выбора технологии его переработки, позволяющей сократить площади для размещения этого отхода или полностью гарантировать его переработку в процессе поступления, что обеспечит отсутствие необходимости его хранения.

Для решения ряда принципиальных вопросов утилизации осадка сточных вод, была рассмотрена возможность его использования для получения твердого топлива с применением технологий брикетирования и гра-

#### Последовательность операций необходимых для получения традиционных видов твердого топлива



#### Последовательность операций для брикетирования многокомпонентного твердого топлива



◆ Рис. 1. Основные отличия в усовершенствовании разработанной технологической схемы производства многокомпонентного твердого топлива (MSF-топлива)

нулирования. Учитывая высокую остаточную влажность ОСВ 70–80%, даже после механического обезвоживания, применение традиционных способов брикетирования для данного отхода нецелесообразно, в связи с чем, было принято обоснованное решение изменить традиционную схему получения брикетов или гранул, и производить брикетирование во влажном состоянии. Усовершенствованная схема для брикетирования некондиционных отходов представлена на рисунке 1.

В рамках проведения исследования теплоэнергетических и физико-химических свойств ОСВ, на КПУП «Гомельводоканал» с одной из карт хранения, была взята партия осадка с влажностью 85–92%. Учитывая необходимость определения оптимального компонентного состава топливных брикетов, с точки зрения теплотехнических и экологических характеристик, были разработаны четыре базовых состава брикетов, на основе которых определялись диапазоны и соотношения химического состава соответствующего оптимальному качеству по энергетическим и экологическим показателям. При этом рассматривался вопрос пригодности сжигания в имеющихся на предприятии твердотопливных котлоагрегатах, применяемых в технологическом цикле КПУП «Гомельводоканал». Разработанные составы были представлены на исследования в следующих соотношениях «Марка-1» – ОСВ-50% и опилки древесные 50%; «Марка-2» – ОСВ-75% и опилки древесные 25%; «Марка-3» – ОСВ-100%; «Марка-4» – ОСВ-33% и опилки древесные 67% [3, 4, 5].

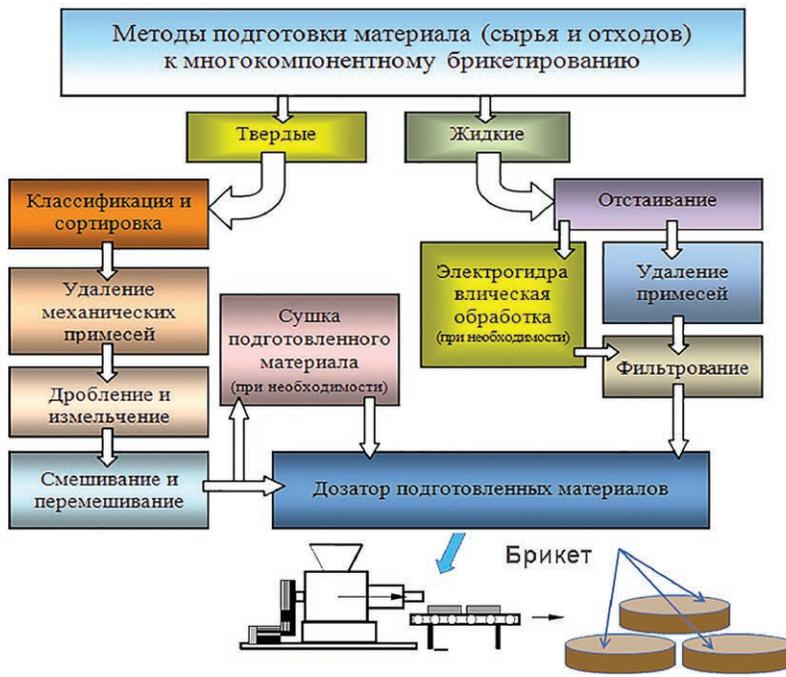
Проведенные исследования показали, что к основным параметрам брикетизируемости представленных составов можно отнести способность смеси к уплотнению, упрочнению и наличию пластичности. В ходе предварительных экспериментов по созданию опытно-промышленной партии установлено, что эти параметры зависят от температуры, влажности, давления и скорости брикетирования. Поэтому важно было определить те их значения,

которые соответствуют минимальным энергетическим затратам и максимальной производительности брикетирования при необходимом качестве брикета.

Разработанная технология производства многокомпонентного твердого топлива (англ. multicomponent solid fuel – MSF) [5, 6], позволяет получать твердое топливо с использованием образующихся на предприятиях различных горючих отходов. Составы подбираются с учетом имеющихся и образующихся на предприятии отходов, а также с учетом перспективного и долгосрочного применения иных видов отходов. Брикетирование осуществляется с применением разработанной технологии влажного многокомпонентного брикетирования, на брикетирующей установке шнекового формования (рис. 2).

В ходе разработки составов нового вида топлива и корректировки технологии его производства учитывались результаты теоретических исследований и имеющегося практического опыта брикетирования отходов со связующими, которые должны компоновать и «склеивать» разобщенные твердые тела, сохраняя их прочный контакт в условиях значительных внешних воздействий. При этом выявлено, что ОСВ при использовании в брикетировании обладает специфическими свойствами, удовлетворяющими следующие требования к получению твердого топлива:

- имеет значительную поверхностную активность, обеспечивая при этом максимально высокое взаимодействие с субстратом добавляемого в состав;
- устойчив к атмосферным воздействиям, нагреву, действию солнечных лучей, окислению и т.п.;
- обладает пластичностью в смеси с другими материалами;
- придает высокую прочность брикету в высушенном виде;
- формирует прочный каркас смеси брикетируемого материала, пригодный для транспортировки к месту сушки, на выходе из формирующей матрицы при влажности в диапазоне 38–45%;



◆ **Рис. 2.** Схема опытно-промышленной установки брикетирования MSF-топлива

- отличается недефицитностью, так как имеется и образуется в больших количествах;
- не оказывает воздействия на износ формующих деталей при брикетировании с влажностью более 36%;
- обеспечивает тепло- и массоустойчивость брикетов при повышенных температурах и их достаточную твердость в условиях разгрузочно-погрузочных работ;
- имеет высокую теплоту сгорания и малый выход летучих веществ самостоятельно и в составе смеси в топливе.

Таким образом, осадок сточных вод по многим показателям соответствует требованиям, обеспечивающим его применение в качестве как связующего компонента, так и энергонасыщенной биомассы.

В результате полученных характеристик и параметров, используемых в составе компонентов, была видоизменена схема подготовки и брикетирования с учетом повышенной влажности ОСВ, отличающаяся от традиционных схем получения брикетированного и гранулированного топлива. Принципиальная схема последовательности технологических операций производства многокомпонентного твердого топлива, представленная на рисунке 3.

В отличие от традиционных технологии брикетирования, например при изготовлении топливных брикетов Pini Kay с использованием древесных опилок, необходимо использовать опилки с пределами влажности 6–12%, при этом качественные показатели брикета достигаются за счет их спекания при температуре 240–280°C. В предложенной технологии производства МТТ методом непрерывного брикетирования отходов с применением шнекового оборудования брикетируется дис-

персная масса смеси отходов с определенными параметрами влажности. Присутствующие в формуемой массе отходы ОСВ выполняют роль связующего компонента за счет высокой степени дисперсности, которая колеблется от 10 до 107 см<sup>-1</sup>, что позволяет рассматривать осадки как коллоиды с повышенной вязкостью. Вязкость неоднородных масс, в частности осадков сточных вод, до сих пор еще не изучена ввиду исключительного разнообразия явлений и сложности вопроса. Однако на основании данных, полученных в результате

проведенного комплекса исследований, можно утверждать, что ОСВ обладает повышенной вязкостью и высокой теплотой сгорания [3, 4].

Также ОСВ отходы выполняют функцию смазки, что способствует безостановочному (непрерывному) прохождению брикета по рабочему каналу брикетирующей установки, однако при влажности до 30% брикетируемая масса не формуется и медленно продвигается по рабочему формующему каналу, выполненному в виде конической матрицы-фильеры.

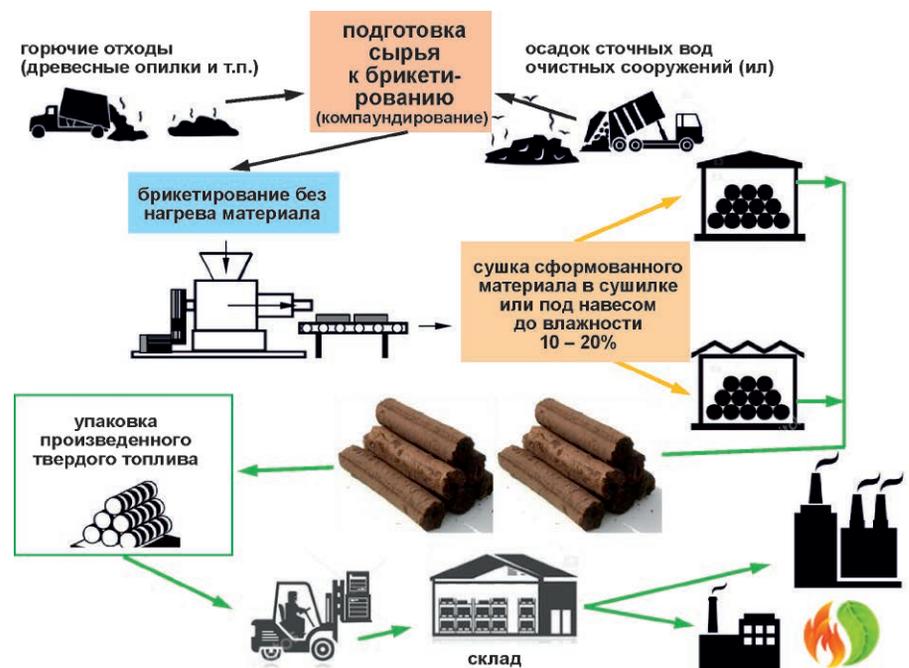
Важное значение при формировании твердого топлива во влажном состоянии имеют технические параметры формующей матрицы (форма, длина, конусность и т.п.). Расчет параметров – ответственная часть технологического процесса, от которого зависит качество поверхности брикетируемых материалов, производительность брикетирующей установки, а также полное формирование уплотненной структуры формируемой в матрице смеси. Расчет длины матричного канала производится в зависимости от формы поперечного сечения. Длина канала определяется из уравнения

$$l = \frac{\ln \frac{p_c}{p_D}}{a}, \quad (1)$$

где  $p_c$  и  $p_D$  – удельные давления, а значением  $p_c$  выбирается в зависимости от  $p_D$ , которое определяется следующим уравнением

$$p_B = p_c e^{aH_2}, \quad (2)$$

где  $H_2$  – высота, которая определяется технологией, однородностью брикета и смесью компонентного состава. ▶



◆ **Рис. 3.** Общая схема последовательности технологических операций действующего производства многокомпонентного твердого топлива

Значение  $a$  в формуле (1) определяется с использованием следующего уравнения

$$a = f \varepsilon \frac{U}{S} c m^{-1}, \quad (3)$$

Коэффициенты трения  $f$  и поперечно-го расширения  $\varepsilon$  меняются в пределах длины матричного канала в зависимости от вида материала и его состояния, температуры, удельного давления брикетирования, но эти изменения оказывают меньшее влияние на величину  $a$ , чем отношение  $U/S$ , тем более что  $f$  и  $\varepsilon$  всегда меньше единицы, а их произведение меньше 0,1–0,2.

Из практики применения формулы (3) известно, что величина  $a$  в значительной степени зависит от отношения  $U/S$ , а периметр  $U$  определяется формой брикета. При этом стоит учитывать, что чем больше периметр, тем меньше длина канала при прочих равных условиях.

Для прямоугольного сечения канала отношения  $U/S$  определяется в следующем виде:

$$\frac{U}{S} = \frac{2(b+h)}{bh} c m^{-1}. \quad (4)$$

Из уравнения (4) следует, что с увеличением площади сечения  $bh$  канала, существенное влияние оказывает отношение  $U/S$ , при котором оно регулируется увеличением ширины  $b$  и уменьшением высоты  $h$ .

Уравнение (4), также можно представить в виде

$$\frac{U}{S} = 2 \left( \frac{1}{b} + \frac{1}{h} \right) c m^{-1}, \quad (5)$$

откуда видно, что при увеличении  $h$  и  $b$  отношение  $U/S$  уменьшается, а длина канала  $l$  при расчетах по формуле 1, соответственно, увеличивается.

Для круглого сплошного сечения канала

$$\frac{U}{S} = \frac{\pi D}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4}{D}. \quad (6)$$

Аналогично можно найти отношение  $U/S$  для других форм брикетов.

Наименьший периметр при известном значении  $S$  получается в канале круглого сечения, поэтому такой канал имеет наибольшую длину  $l$ .

Если подставить в уравнение (1) значение  $a$  и, соответственно, отношение  $U/S$  для различных форм брикетов, получим формулы для расчета длины матричного канала  $l$ :

для прямоугольного сечения канала

$$l = \frac{bh}{2f\varepsilon(b+h)} \ln \frac{p_c}{p_D} c m, \quad (7)$$

для сплошного круглого сечения

$$l = \frac{D}{4f\varepsilon} \ln \frac{p_c}{p_D} c m, \quad (8)$$

Расчет и подбор оптимальных соотношений многокомпонентных составов производится с применением как общепринятой

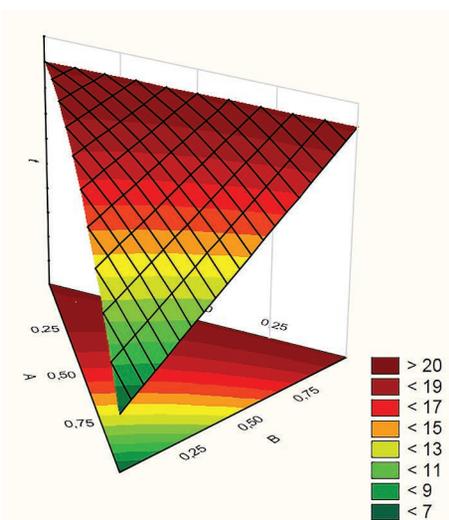


Рис. 4. Зависимость влияния процентного содержания влажности смеси (A), осадка сточных вод (B) и нефтешлама (D) на время (кг/мин) получения брикета

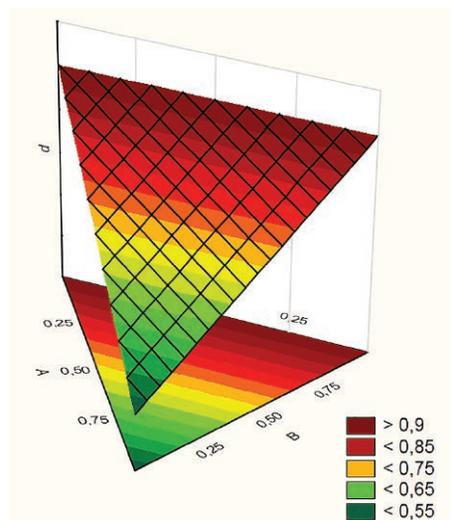


Рис. 5. Зависимость влияния процентного содержания влажности смеси (A), осадка сточных вод (B) и нефтешлама (D) на плотность (т/м³) брикета

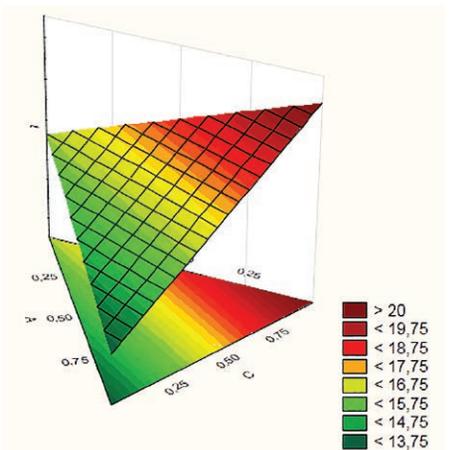


Рис. 6. Зависимость влияния процентного содержания влажности смеси (A), осадка сточных вод (B) и древесных отходов (C), на время (кг/мин) получения брикета

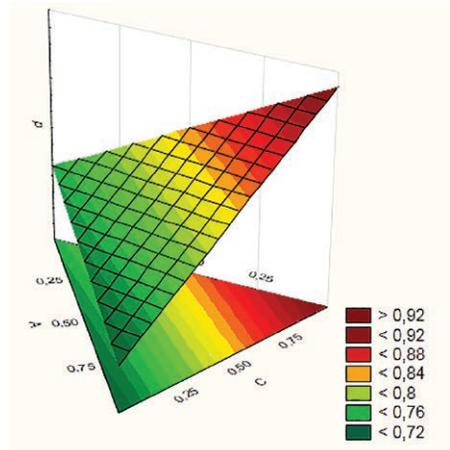


Рис. 7. Зависимость влияния процентного содержания влажности смеси (A), осадка сточных вод (B) и древесных отходов (C), на плотность (т/м³) брикета

теории построения эксперимента, так и с применением тщательно проработанных и проверенных временем систем автоматизации математических расчетов MathCAD и MatLab, построенных на расширенном представлении и применении матричных операций, а также с использованием современных математических инструментов в виде программы STATISTICA 7, которая позволяет, например, с помощью модуля расчета смесей в разделе «промышленная статистика» получать и обрабатывать результаты и прогнозировать получаемые в ходе эксперимента факторные зависимости и определенные показатели качества брикетов с учетом их относительной ошибки. Так в результате исследования составов топлива, полученных с учетом влажности смеси (A), а также различных соотношений компонентного состава, таких как осадок

сточных вод (B), измельченные древесные отходы (C) и нефтешламы (D), были получены адекватные уравнения регрессии, характеризующие степень влияния каждого компонента и их попарное влияние на показатели производительности брикетирования и плотность получаемого топлива. С использованием полученных уравнений регрессии были построены поверхности отклика с применением метода Гиббса–Розебома а также определены оптимальные пределы желаемости качества, позволяющие обеспечить высокие параметры соответствия твердого брикетированного топлива. Визуализация полученных моделей осуществлена с использованием функций электронных таблиц MS Excel и лицензионной программы STATISTICA 7. На рисунках 4–7 представлены зависимости влияния процентного содержания компонентов

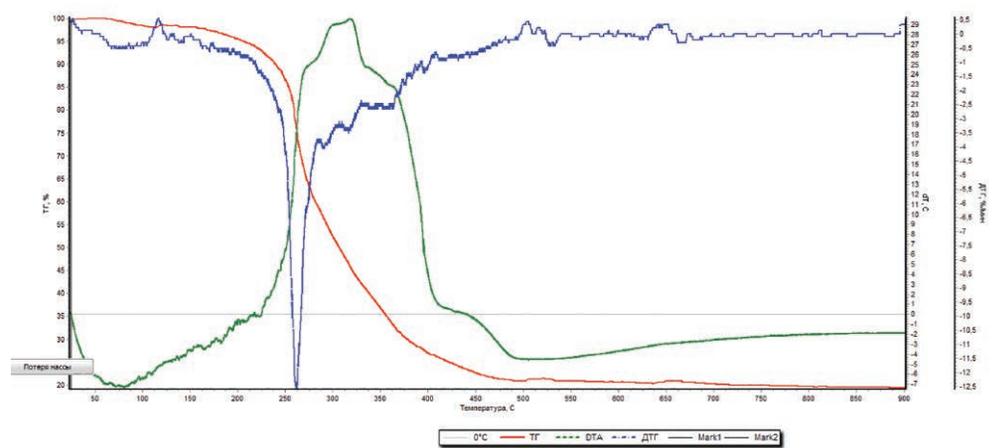
на изменения производительности и плотности брикетирования с применением шнековой установки.

Производительность и плотность в технологиях брикетирования и гранулирования являются, пожалуй, основными факторами с точки зрения бизнес-технологий создания производств и получения конечного качественного твердого топлива. Эти основные факторы определяют энергопотребление процессов. Плотность топлива напрямую влияет на энергетические характеристики топлива и возможность его применения в тех или иных установках, а также опосредовано на прочность каркаса топлива, гидрофобность и другие эксплуатационные характеристики. Производительность – обеспечивает определенные объемы переработки отходов и получение топлива, что в первую очередь существенно влияет на экономические аспекты внедрения и окупаемости той или иной технологии.

С целью определения качества полученных многокомпонентных топливных брикетов проведены исследования топлива с использованием современного лабораторного оборудования, имеющегося в УО «БелГУТ», на соответствие действующим стандартам на твердое топливо: СТБ 2055-2010, СТБ 1867-2009, ГОСТ 32975.2-2014, ГОСТ 32985-2014, ГОСТ 32988-2014; ГОСТ 32977-2014, ГОСТ 33106-2014 ГОСТ 27313-2015; ГОСТ 33255-2015, ГОСТ 33256-2015, ГОСТ 33103.3 -2017, ГОСТ 33103.6-2017, ГОСТ 33103.7-2017. Вместе с тем учитывая не изученность вопросов применения ОСВ в многокомпонентных составах в качестве топлива, было проведено ряд дополнительных исследований с применением: атомно-абсорбционного спектрометра марки «МГА-915М», по методике МВИ. МН 33-69-2010, разработанной РУП «ЦНИИКИВР (БелГУТ); дериватографа MOM-1500 (Венгрия), методом дифференциально-термического анализа (ИТиТМ им. А.В. Лыкова» НАН Беларуси); ИК-спектрометрии («ИММПС им. В.А. Белого» НАН Беларуси) [7, 8].

Проведенные исследования и испытания подтвердили качественные характеристики различных топливных соотношений многокомпонентных составов твердого топлива, а также позволили выявить соотношения смесей, требующих включения катализаторов горения в составы, для изменения скорости и полноты сгорания топлива. При этом в ряде случаев, например экологичность достигается нивелировкой соотношений компонентов в составе топлива в сторону увеличения доли содержания более экологически «чистых» (например, древесных, сельскохозяйственных и т.п.) отходов.

Также, для всесторонней оценки и исключения любых ошибок, дополнительно проведены исследования в НИИ физико-химических проблем» БГУ, где полученные многокомпонентные составы топлива с ис-



◆ **Рис. 8.** Дериватограмма многокомпонентного твердого топлива марки МКУ 3-1

пользованием ОСВ прошли полный комплекс лабораторных исследований химического состава, теплотехнических, физико-механических характеристик. При этом лабораторным исследованиям подверглись не только брикетированные многокомпонентные составы, но и зола, образующаяся от их сжигания.

Так, например дифференциально-термический анализ (ДТА) позволил выявить фазовые превращения и химические реакции, протекающие в многокомпонентном топливе при нагревании по термическим эффектам, сопровождающим эти изменения. Также с помощью ДТА легко установить динамику энтальпии, связанную с химическими реакциями, происходящими в материале под влиянием теплоты, изменение состояния и превращение фаз в исследуемых образцах. На основании кривой термографии можно производить стехиометрические расчеты или вычислять процентное содержание веществ в составе топлива.

Данные анализы, выполненные на дериватографе MOM-1500 (Венгрия), позволили определить с высокой точностью энергетическое состояние многокомпонентного топлива и его компонентов, а также характер протекающих физических или химических превращений. Такие исследования позволяют эффективно подбирать компоненты смесей требуемого качества, а также определять эффективность катализирующих и связующих добавок в составе топлива.

Результаты термического анализа многокомпонентного твердого топлива представлены на рисунке 8.

Терморазложение многокомпонентного твердого топлива типа МКУ, изготовленного согласно ТУ ВУ 490319372.002-2021 «Топлива твердые многокомпонентные котельно-печные», которые прошли государственную регистрацию в научно-производственном РУП «БелГИСС» за №063905 от 20.12.2021. Исследуемое топливо марки МКУ 3-1с, в составе которого долевое соотношение смеси состоит из древесных опилок – 33%, осадков сточных вод очистных сооружений – 60%

и нефтешламов – 7%, согласно полученной дериватограмме (рисунок 8) начинается с испарения свободной влаги, которая в среднем составила 3%, что заметно по потере массы при достижении максимальной температуры в 73°C на этом участке. В интервале температуры 220–250°C начинается интенсивная деградация основных компонентов топлива и отмечается эндотермический пик горения, соответствующий достигнутой температуре в 327°C. Далее в результате термохимической реакции образуется ступенчатый пик в интервале 260–330°C, сопровождаемый выделением основной массы летучих веществ с потерей 75% массы топлива. При этом больше эндотермических пиков горения не наблюдается, что говорит о полном дожде данного многокомпонентного топлива и о высоких показателях качества. Зольность топлива составила 20%, что ожидаемо, учитывая сложный состав ОСВ и неизбежное наличие в его составе минеральных веществ.

Для большей наглядности, анализа и оценки полученных результатов в таблице 1 представлены сведения в виде сравнения различных разработанных видов твердого топлива, с учетом полученных результатов исследования химического состава и теплоты сгорания.

Сравнительный анализ показывает, что сжигание ОСВ в качестве однокомпонентного топлива позволяет получать высокую теплоту сгорания, однако по остаточным продуктам, образующимся при сгорании, исследованный осадок имеет повышенную зольность и содержание серы. Тем не менее, смешивание ОСВ с другими горючими материалами (отходами) позволяет в значительной степени снизить эти показатели до нормируемых: сера не должна превышать 1%; зольность – 23%.

Таким образом, разработанные многокомпонентные составы твердого топлива [5, 9–11] по теплотехническим свойствам, зольности, содержанию серы и другим контролируемым параметрам всесторонне удовлетворяют действующим нормативам, что обеспечивает возможность применения ▶

**Таблица 1.** Сравнительные данные элементных составов горючей массы и теплоты сгорания различных видов твердого топлива

Вид топлива	Состав топлива, %							Q <sub>н</sub> <sup>р</sup> , МДж/кг
	C <sup>р</sup>	H <sup>р2</sup>	N <sup>р2</sup>	O <sup>р2</sup>	S <sup>р</sup>	A <sup>р-г</sup>	W <sup>р</sup>	
МТТ (с углеводородсодержащими отходами 25%)	59–62	4,6–6,5	0,2–0,3	31–36	0,3–0,7	4,5–10	10–19,5	18,2–21,4
МТТ на основе ОСВ с содержанием древесных отходов 50%.	50–52	2,3–5,1	1,5–2,5	16–20	0,6	5,5–12,7 *21,4–22,7	11,1–19,9	13,9–16,3
МТТ на основе ОСВ с содержанием древесных отходов 2%.	49–53	2,3–5,1	1,5–2,5	10–12	0,5–1,1	8,9–16,2 *27,9–29,9	10,5–20,0	14,2–16,7
МТТ на основе ОСВ 100%.	46–49	2,3–5,1	1,5–2,5	10–12	0,66 – 1,2	18,3–22,8 *32,7–34,6	10,4–19,8	14,7–17,1
МТТ на основе ОСВ с содержанием древесных отходов 67%.	50–52	2,5–5,1	1,5–2,4	20–22	0,57–0,6	4,9–7,6 *21,0–21,4	10,2–19,7	13,2–15,6
Торфобрикеты	25–60	2,6–6,0	1,1–3,0	15–40	1–2	5,6–23	10–20	10,8–14,6
Древесное топливо (дрова)	48–52	6–7	0,1–0,6	43–45	–	2	10–45	8,1–12,5

разработанных составов топлива на основе использования ОСВ очистных сооружений. При этом дополнительного переоборудования топливо-сжигающих установок, работающих на твердом топливе, со слоевыми топками мощностью от 0,01 до 1 МВт (по результатам проведенных испытаний по сжиганию топлива) не требуется.

### Заключение

Комплексный подход, проведенные научные исследования, математическое моделирование с получением уравнений регрессии, факторный анализ и накопленный практический опыт подбора многокомпонентных составов, а также комбинированная обработка, в том числе с применением нейронных сетей, полученных результатов позволяют определять оптимальное соотношение различных горючих компонентов в составе топлива, при которых теплотехнические характеристики и выбросы вредных веществ взаимно скоррелированы и соответствуют техническим характеристикам топливосжигающего оборудования, а также действующим требованиям, предъявляемым к концентрации выбросов вредных веществ при сжигании традиционных видов твердого топлива.

Оценка результатов исследования изучаемых коммунальных отходов показала, что ОСВ в качестве топлива обладает значительными показателями энергоэффективности с существенным КПД относительно других альтернативных горючих вторичных энергоресурсов, несмотря на повышенную зольность в рабочем составе топлива.

Практическая применимость МТТ (MSF-топлива) показала, что оно должным образом используется в целях обеспечения нужд мелких и средних потребителей, например: в летне-осенний период для генерации сушильного агента при подготовке зерна на токах, на мелких котельных (в том числе паровых с производительностью пара 0,4–1,5 т/ч), в сушильных установках песка локомотивных депо,

теплогенерирующих установках ангаров и мастерских, а также в иных устройствах, работающих на твердом топливе.

С сожалением приходится отметить, что при существующем уровне технических разработок, проведенных белорусскими учеными на высоком научном и техническом уровне, в том числе и в области термической и термокаталитической утилизации горючих отходов бытового и промышленного происхождения, не многие предприятия решаются на их внедрение. Стоит учитывать, что большинство разработок способствуют импортозамещению, развитию и продвижению отечественных технологий, а также содействуют реализации национальных целей устойчивого развития науки, промышленности, экономической стабильности и росту ВВП. Несмотря на это, руководители зачастую не замечают белорусские научные продукты, стоимость которых при внедрении в большинстве случаев на порядок ниже, что перекрывает затраты даже при некоторых погрешностях. При этом они адаптированы под местные материальные и вторичные ресурсы, производственно-технические мощности машиностроительных предприятий и обладают малозатратной ремонтпригодностью.

### Литература

1. Пехота, А.Н. Исследование теплотехнических свойств брикетов на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений / А.Н. Пехота, Р.Н. Вострова, В.Н. Грибанов // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве : материалы II-й Международ. науч.-техн. конф.: в 2 т. – Минск: Институт ЖКХ НАН Беларуси, 2020. – Т. 2. – С. 99–108.
2. Ануфриев В.Н. Технологии обработки осадков сточных вод / В.Н. Ануфриев // Экология на предприятии. – 2017. – №5. – С. 84–95.
3. Пехота, А.Н. Твердое топливо на основе отходов малоиспользуемых горючих энер-

горесурсов / А.Н. Пехота, Н.А. Тху Нгуен, Фап Минь Ву и [др.] // Наука и техника. – 2021. – №1. – С. 58–65.

4. Пехота, А.Н. Исследование теплотехнических свойств брикетов на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений / А.Н. Пехота, Р.Н. Вострова, В.Н. Грибанов // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве : материалы II-й Международ. науч.-техн. конф.: в 2 т. – Минск : Институт ЖКХ НАН Беларуси, 2020. – Т. 2. – С. 99–108.

5. Пехота, А.Н. Многокомпонентное твердое топливо: [монография] / А.Н. Пехота; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2021. – 243 с.

6. Пехота, А.Н. Технология производства многокомпонентного твердого топлива с использованием отходов сточных вод / А.Н. Пехота, Б.Н. Хрусталева, Минь Фап Ву, В.Н. Романюк, Е.А. Пехота, Р.Н. Вострова, ТхуНга Нгуен // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2021. – Т. 64, № 6. – С. 525–537.

7. Хрусталева, Б. М. Технология эффективного использования углеводородсодержащих отходов в производстве многокомпонентного твердого топлива / Б.М. Хрусталева, А.Н. Пехота // Энергетика. Известия высш. учеб. заведений и энергетич. объединений СНГ. – 2016. – Т. 59, №2. – С. 122–140.

8. Пехота, А.Н. Исследование энергетических характеристик многокомпонентного твердого топлива с использованием некондиционных горючих коммунальных и производственных отходов / А. Н. Пехота // Наука и техника. – 2022. – № 2. – С. 164–174.

9. Способ получения топлива твердого многокомпонентного: пат. 18408 Респ. Беларусь, МПК С 10 L 5/48, С 10 L 5/06, С 10 L 5/36 / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталева; заявитель Пехота Александр Николаевич; Хрусталева Борис Михайлович (BY), № а 20120656; заявл. 25.04.2012; опубл. 30.08.2014. Афіцыйны бюл. Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2014. № 3. С. 174.

10. Состав для брикетирования топлива многокомпонентного: пат. 18463 Респ. Беларусь МПК С 10 L 5/04, С 10 L 5/48 / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталева; заявитель Пехота Александр Николаевич; Хрусталева Борис Михайлович (BY), № а 20120655; заявл. 25.04.2012; опубл. 30.08.2014. Афіцыйны бюл. Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2014. № 3. С. 207.

11. Состав для брикетирования топлива многокомпонентного: пат. 18130 Респ. Беларусь МПК С 10 L 5/44, С 10 L 5/48 / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталева; заявитель Пехота Александр Николаевич; Хрусталева Борис Михайлович (BY), № а 20120676; заявл. 30.04.2012; опубл. 30.04.2014. Афіцыйны бюл. Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2014. № 2. С. 124. ■

Статья поступила в редакцию 29.03.2022.

# МОЙ ЭНЕРГО ПЛАН



## на 2022 ГОД



**7** НЕДОРОГОСТОЯЩАЯ  
И ЧИСТАЯ ЭНЕРГИЯ

1

**Сделать энергоаудит в своей квартире**

- выявить наиболее энергоёмкие приборы в доме



2

**Запланировать покупку приборов с классом энергоэффективности A+++ взамен энергоемких**



3

**Заменить все лампочки на энергосберегающие**



4

**Внедрять полезные привычки**

- *чистить зубы со стаканом*
- *вытаскивать зарядное из розетки*
- *выключать из сети телевизор*
- *принимать душ вместо ванны*
- *выключать свет в пустой комнате*
- *поливать цветочки дождевой водой*



5

**Использовать экономный режим стиральной машины**



6

**Засыпать под уютным светом светодиодного ночника**



7

**А пока сплю, мой смартфон будет заряжаться от аккумулятора на солнечных батареях**



Листовка «Мой энергоплан» – 2-е место в номинации «Художественная работа по пропаганде эффективного и рационального использования энергоресурсов (подноминация «Листовка») XV республиканского конкурса «Энергомарафон»

Автор – Арина Сосонкина, ГУО «Средняя школа №8 г. Кричева»

