



АРХИТЕКТУРА
И СТРОИТЕЛЬСТВО
www.ais.by



VII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
Минск, 30 октября 2013 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ



Сборник докладов

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь

Научно-исследовательское и проектно-производственное
республиканское унитарное предприятие «Институт НИИСМ»

Республиканское унитарное предприятие «СтройМедиаПроект»

Редакция журнала «Архитектура и Строительство»



VII Международная научно-техническая конференция

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
АЛЬТЕРНАТИВНЫХ
ВИДОВ ТОПЛИВА
В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Сборник докладов

Минск
2013

Редакционная коллегия:

А.В. Вавилов, д-р техн. наук, проф. (научный редактор)
С.А. Никитин
Е.Я. Подлузский

Научно-технические проблемы использования альтернативных видов топлива в строительном комплексе Республики Беларусь: материалы VII Международной научно-технической конференции / Минск, 30 октября 2013 г. / редкол.: А.В. Вавилов [научный редактор] [и др.]. – Минск, 2013. – 40 с.

В сборник включены материалы VII научно-технической конференции «Научно-технические проблемы использования альтернативных видов топлива в строительном комплексе Республики Беларусь». Эти публикации отражают многообразные актуальные аспекты развития возобновляемой энергетики в строительном комплексе, использования альтернативных видов топлива, современных технологий и технических средств для их получения и представляют интерес как в теоретическом, так и практическом плане.

Предназначен для научных и инженерно-технических работников организаций строительной отрасли.

Альтернативные виды топлива в производстве строительных материалов Республики Беларусь Подлuzский Е.Я., Туровский Л.Н., Новиков В.С., Волоткович Д.И.	4
Твердые бытовые отходы – источник тепловой и электрической энергии Меллер В.Я.	10
Новые подходы к сбору твердых бытовых отходов Вавилов А.В., Круподеров В.В.	14
Газогенераторные технологии для промышленности строительных материалов Журавский Г.И., Мартинов О.Г., Полесский Д.Э., Шаранда Н.С.	18
Практика применения технологии ФФГ/FFH для очистки стоков промышленных предприятий от тяжелых металлов в Республике Беларусь и странах ЕС. Использование остаточного шлама в строительном комплексе Литвы Данас Будиловскис, Мудис Шалкаускас, Ещенко Л.С.	22
О создании универсальной мобильно-стационарной линии по производству облагороженного топлива из возобновляемых биоэнергисточников Вавилов А.В., Переславцев Э.Б.	24
О необходимости проведения сравнительных исследований экономической и экологической эффективности различных видов топлива и оборудования для их производства Витавтас Урбановичюс, Щербаков А.С.	26
О подготовке в Беларуси кадров высшей квалификации по механико-технологическому оборудованию возобновляемой энергетики Вавилов А.В.	28
Практика использования низкокалорийного биотоплива в энергетическом хозяйстве Литвы. Опыт применения конденсационных экономайзеров Кястусис Буйнявичюс, Томас Римкус	30
Альтернативные источники энергии для отопления и энергосбережения военных объемных сооружений Вавилов А.В., Бартошевич А.В.	35
Использование альтернативных видов топлива в промышленности строительных материалов: проблемы и перспективы Никитин С.А.	40

Подлuzский Е.Я.,
помощник генерального
директора по
научной работе
Туровский Л.Н.,
к. т. н.,
Новиков В.С.,
Волоткович Д.И.,
маг. т. н.
РУП «Институт НИИСМ»

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВИДЫ ТОПЛИВА В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Основными технологическими видами топлива, используемого при обжиге строительных материалов (в частности, цементного клинкера и извести), являются каменные угли и природный газ. К альтернативными видами топлива для условий Республики Беларусь относятся: местное топливо (торфобрикеты), отработанные автомобильные покрышки, отходы переработки нефти (нефтекокс), в перспективе твердые бытовые отходы (ТБО), сухие осадки сточных вод, высокосернистые и местные бурые угли.

Применение альтернативных (природному газу) видов топлива при производстве строительных материалов определяется возможностью получения продукции высокого качества. Все виды топлива, при сжигании которых образуется зола, непригодны для производства стекла и стеклоизделий, керамической плитки, изделий тонкой керамики, лицевых изделий. Эти виды топлива непригодны и для производства извести, поскольку содержащиеся в золе оксиды кремния и алюминия связывают свободный СаО в силикаты и алюминаты, снижая качество извести.

Таблица 1

Виды и качественные показатели топлива

Вид топлива	Теплотворная способность (Q_p)	Особенности
1. Природный газ	≥ 8000 ккал/м ³	–
2. Каменный уголь	≥ 6000 ккал/кг	S до 0,5 %, зольность
3. Торфобрикет	≥ 3000 ккал/кг	S $\geq 0,3$ %, W $\approx 15-20$ %, зольность – до 20 %, пожароопасность, гигроскопичность
4. Автопокрышки	≥ 7000 ккал/кг	S $\geq 1,0$ %, металлокорд
5. Нефтекокс	≥ 7500 ккал/кг	S ≥ 4 %
6. Топливо из твердых бытовых отходов (АТ из ТБО)	≥ 4000 ккал/кг	Cl $\leq 0,8$ %, S $\leq 1,5$ %, тяжелые металлы
7. Сухие осадки сточных вод	≥ 3000 ккал/кг	Cl $\leq 0,8$ %, S $\leq 1,5$ %, тяжелые металлы, зольность ≥ 30 %
8. Бурые угли	~ 2500 ккал/кг	W ≥ 50 %, зольность

Таблица 2

Экономические показатели использования различных видов топлива

Вид топлива	Цена при поступлении на завод, \$/т у.т.	Дополнительные затраты на заводе
1. Природный газ	293	Нет
2. Каменный уголь	120–140	Складирование, приготовление форсуночного топлива, дозирование
3. Торфобрикеты	120	Складирование, приготовление форсуночного топлива
4. Автопокрышки	0	Складирование, транспортирование
5. Нефтекокс	60	Складирование, приготовление форсуночного топлива, дозирование
6. АТ из ТБО	70*	Складирование, транспортирование, дозирование
7. Бурый уголь	Нет данных	Складирование, дозирование
8. Сухие осадки сточных вод	Нет данных	Складирование, приготовление форсуночного топлива, дозирование

Примечание: * – по данным зарубежных производителей.

При обжиге же цементного клинкера зольность не является препятствием, поскольку при расчете цементно-сырьевой смеси зола учитывается как ее дополнительный компонент. С учетом больших объемов производства клинкера и особенностей теплового агрегата для его обжига применение альтернативных видов топлива, как правило, связывают с производством цемента.

Топливозамещение при производстве цемента и извести

1. Каменный уголь

В настоящее время действующие производства и осваиваемые новые технологические линии на ОАО «Белорусский цементный завод» и ОАО «Красносельскстройматериалы» переведены с основного технологического топлива – природного газа, на пылеугольное топливо из смеси углей марок Т и Г (ТГ).

Приготовление пылеугольной смеси осуществляется на технологических линиях, основным оборудованием которых являются вертикальные валковые мельницы, оснащенные рукавными фильтрами, теплогенераторами и весовыми дозаторами.

В настоящее время ведется научно-исследовательская работа по использованию более дешевых высокосернистых углей.

2. Отработанные автомобильные покрышки

Одним из наиболее экономичных приемов использования покрышек в качестве топлива является их прямое сжигание в области зоны кальцинирования вращающихся печей. Высокие температуры обжига способствуют эффективному сгоранию покрышек и утилизации металлокорда в составе цементного клинкера.

Сжигание шин в цельном виде реализовано в 2008 году на вращающейся печи мокрого способа 5,0 × 150 м ОАО «Красносельскстройматериалы» (проект фирмы BEUMER, Германия) и печи сухого способа 4,5 × 80 м ОАО «Белорусский цементный завод» (проект «Гипростром» совместно с «НИИСМ», Республика Беларусь).

В процессе отработки технологии сжигания автопокрышек установлено оптимальное их количество, которое не должно превышать 10–12 % от удельного расхода топлива на обжиг клинкера.

Государственным предприятием «Институт НИИСМ» разработан проект линии по сжиганию шин в цементной вращающейся печи мокрого способа 4,5 × 5,0 × 170 м ОАО «Кричевцементношифер». Окончание строительства запланировано в 2013 году.

После ввода в эксплуатацию аналогичных линий по сжиганию на ряде других печных агрегатов потенциальный объем топливозамещения



с помощью шин в цементной отрасли может быть доведен до уровня 50 тыс. т у.т./год, что сопоставимо с общим количеством образующихся в республике отработанных автопокрышек. Однако для развития данного направления необходима организация под эгидой Минжилкомхоза централизованного сбора отработанных покрышек с целью ритмичной поставки их на цементные предприятия. Динамика поставок шин на ОАО «Красносельскстройматериалы» в 2012–2013 гг. свидетельствует о недостаточной эффективности существующей системы сбора.

3. Торфобрикет

Республика Беларусь располагает значительными запасами торфа и мощностями по производству торфобрикета, который может рассматриваться как эффективный заменитель части высококалорийного топлива для обжига клинкера.

В 2010 году на ОАО «Белорусский цементный завод» с участием института запущена в эксплуатацию опытно-промышленная установка, включающая стадии приготовления форсуночного топлива из молотого торфобрикета, пневмотранспорта и сжигания в горелке декарбонизатора на печи $\varnothing 4,5 \times 80$ м. Обеспечение вопроса взрывобезопасности достигнуто путем применения схемы с прямым вдуванием форсуночного топлива в горелку. В процессе отработки технологии обжига клинкера было обеспечено замещение природного газа молотым торфобрикетом в декарбонизаторе до уровня 60–80 %.

На основании проведенных исследований и приобретенного практического опыта в Государственном предприятии «Институт НИИСМ» разработан проект перевода трех печей мокрого способа ОАО «Кричевцементношифер» на комбинированное топливо с возможностью сжигания на каждой печи до 15 т/час молотого торфобрикета. В настоящее время институтом изготовлено и поставлено основное технологическое оборудование первой опытно-промышленной линии. Окончание строительства и внедрение технологии с проведением комплексных технологических и теплотехнических испытаний печного агрегата под руководством института состоится в 2013 году. Завершение реализации всего проекта планируется в 2015 году.

Планируемый уровень топливозамещения торфобрикетом импортного каменного угля в цементной промышленности к 2016 году составляет более 15 %. Дальнейшее увеличение доли использования торфобрикета должно

быть взаимосвязано с объемами потребления других низкокалорийных видов топлива (например, АТ из ТБО).

Следует отметить, что в ходе отработки технологии производства клинкера при сжигании пылеугольного топлива возникла возможность снизить требования к качеству и соответственно цену на закупку каменных углей. Таким образом, затраты на менее калорийное местное топливо из торфобрикета (в пересчете на условное топливо) приблизились к стоимости закупки, транспорта и подготовки ввозимого по импорту каменного угля. С учетом обеспечения более жестких требований, предъявляемых к хранению и сжиганию торфобрикета в цементных печах, увеличение доли его использования должно быть сопряжено с пересмотром внутриреспубликанской ценовой политики в сторону снижения стоимости торфобрикета.

4. Нефтяной кокс

В 2016 году на ОАО «Нафтан» планируется внедрение установки глубокой переработки нефти. Побочным продуктом технологии является нефтяной кокс, объемы производства которого прогнозируются на уровне 554,4 т у.т./год при стоимости (по сообщению ОАО «Нафтан») для предприятий по производству стройматериалов – 50 \$ США/т без НДС на условиях «франко-завод».

Нефтекоксы как топливо обладают рядом преимуществ, среди которых – высокая калорийность (низшая теплота сгорания в рабочем состоянии $Q_{\text{н}}^{\text{р}} \geq 7500$ ккал/кг) и малый выход зольного остатка. В то же время необходимо учитывать наличие некоторых отрицательных характеристик, ограничивающих объем использования нефтекокса: высокое содержание серы ($S_{\text{p}} = 3\text{--}5\%$), тяжелых металлов ($R_{\text{т}} \leq 1800$ ppm), более низкая размолоспособность по отношению к углям марок Т и Г.

В 2012–2013 гг. под руководством института проведены промышленные испытания по использованию нефтекокса в качестве топлива на печах мокрого и сухого способов производства цементного клинкера. Результаты проведенных исследований позволяют прогнозировать замещение традиционного топлива нефтекоксом в балансе топливопотребления цементных заводов на уровне 50 %.

Реализация намеченных планов потребует проведения ряда мероприятий по реконструкции действующих отделений по подготовке форсуночного топлива. К концу 2013 года будет завершена разработка проектной документации по переводу всех цементных заводов Беларуси на применение нефтекокса.

5. Альтернативное топливо из твердых бытовых отходов (АТ из ТБО, RDF)

В мировой практике производства цементного клинкера широко используются топливные отходы. По классификации, принятой в странах ЕС, топливные отходы разделены на 14 групп, в перечень которых входят горючие фракции сортировки твердых бытовых отходов (RDF). В странах СНГ эта группа классифицируется как альтернативное топливо из твердых бытовых отходов (АТ из ТБО).

По данным ЕС в цементных печах Евросоюза в 2004 году было использовано 5133 тыс. т топливных отходов, из которых доля RDF составила 734,3 тыс. т, или ~ 14 % от общего объема отходов. На ряде цементных заводов Европы доля сжигаемых топливных отходов составляет 100 % общего теплоснабжения на обжиг клинкера, при этом доля RDF достигает 70–80 % («Хэлм», Польша).

Производство RDF из твердых бытовых отходов за рубежом осуществляется на мусороперерабатывающих заводах (МПЗ), которые с учетом требований потребителя за счет аппаратного оформления технологии переработки ТБО обеспечивают получение топлива различного состава. Как правило, потребитель устанавливает индивидуальные требования:

- к теплотворной способности топлива;
- содержанию вредных примесей (Cl-, S, тяжелых металлов и др.).

RDF отличается от природного топлива более низкой стоимостью, что обусловлено наличием в нем вредных примесей, которые даже в условиях тщательной сортировки отходов влияют на качество продукции и стабильность работы печного агрегата. В связи с этим может быть два варианта использования RDF:

- ограничение величины топливозамещения (10–20 % RDF);
- при высокой доле топливозамещения (RDF > 50 %) осуществляется реконструкция печных агрегатов (организация байпаса части печных газов, установка пневмопушек), что связано с дополнительными затратами и повышением удельного расхода топлива на обжиг клинкера.

В Беларуси основная часть ТБО в объеме 3,8 млн т/год подлежит захоронению на полигонах, количество которых составляет около 170 шт.

По результатам исследований структуры отходов г. Гродно, проведенной фирмой FFK environment GmbH (Германия), из них может быть получено альтернативное топливо в количестве 46 %. На мусороперерабатывающих заводах данной фирмы в Германии обеспе-

чивается выход альтернативного топлива калорийностью не менее 4000 ккал/кг в количестве до 50 % от общей массы перерабатываемых ТБО. Приняв данные цифры за основу, потенциальную возможность при переработке ТБО Беларуси в топливо калорийностью $Q_p \geq 4000$ ккал/кг можно оценить в объеме 1,0 млн т у.т. в год.

В 2008 году в Министерство архитектуры и строительства поступило от фирмы FFK environment GmbH (Германия) коммерческое и ценовое предложение о строительстве в г. Гродно МПЗ мощностью переработки 120 тыс. т/год ТБО с последующим использованием альтернативного топлива на цементных печах мокрого способа обжига клинкера. Стоимость инвестиций в строительство мусороперерабатывающего завода фирмой оценивалась 12,1 млн EUR. Кроме того, с целью проведения полупромышленных испытаний фирма готова была обеспечить доставку 1 тыс. т RDF из Германии и пилотное перевооружение печи. Однако за последние пять лет вопрос строительства МПЗ в Гродно так и не получил дальнейшего развития.

В 2011 году в Бресте австрийский концерн Strabag ввел в эксплуатацию МПЗ мощностью 100 тыс. т/год. По информации 2012 года структура продуктов переработки на предприятии выглядела следующим образом:

- около 30 % составляла органическая часть, используемая для выработки биогаза;
- 7–8 % завод продавал в виде вторичного сырья;
- около 60 % мусора составляли «хвосты» переработки, подлежащие захоронению на полигоне.

Стоимость вторичного сырья, которое выпускается на данном заводе и может сжигаться в цементных печах, близка либо превышает стоимость традиционных видов топлива. «Хвосты» переработки ТБО (бетон, промасленная ветошь и бумага, тэтра-пак, ПВХ и прочее) по влажности, калорийности и грансоставу не соответствуют техническим требованиям к АТ для цементной промышленности. Кроме того, досконально не изучены их химсостав, морфология, стабильность показателей, не ведется контроль содержания тяжелых металлов и вредных примесей. Таким образом, в ближайшем будущем продукция Брестского МПЗ не может быть использована на цементных заводах в качестве альтернативного топлива.

В 2009 году в Государственном предприятии «Институт НИИСМ» выполнена НИР «Провести исследования и выполнить корректировку



для базовых проектов технологических линий сухого способа действующих производств цемента применительно к условиям их сырьевой базы и возможности использования альтернативного топлива (АТ)». По результатам исследований были разработаны технические требования к АТ и технологические регламенты сжигания АТ в печных агрегатах обжига клинкера цементных заводов Республики Беларусь.

Первоначальным этапом реализации программы использования ТБО в цементной промышленности является организация строительства Министерством жилищно-коммунального хозяйства мусороперерабатывающих заводов в областных городах, территориально приближенных к цементным заводам (Гомель, Гродно, Могилев), что обеспечит получение АТ в количестве около 115 тыс. у.т./год.

Доставку АТ на цементные предприятия по аналогии с технологией стран ЕС целесообразно организовать челночным автотранспортом со специальными прицепами грузоподъемностью 20 т, оснащенными подвижным полом. Для исключения складирования альтернативного топлива на цементном заводе предпочтительно организовать непрерывную ритмичную его доставку с использованием емкости автоприцепа в качестве минисклада.

Наиболее приемлемым местом сжигания АТ являются декарбонизаторы новых технологических линий производства цемента, оснащенных системами байпаса печных газов. Рациональные технологические схемы в общем виде включают усреднительный склад, механизмы и устройства внутривозовского транспортирования, обогащения, дозирования и подачи АТ к горелкам декарбонизаторов. Оценочная стоимость одной системы по сжиганию альтернативного топлива на цементной печи составит до 5 млн дол. США.

Такое решение обеспечит значительное улучшение экологической обстановки крупных городов за счет ликвидации мусорных полигонов, а также замещение альтернативным возобновляемым топливом до 10 % проектного расхода топлива на производство цемента в Республике Беларусь.

6. Бурые угли

Совместно с «Институтом природопользования» НАН Беларуси начаты исследования по возможности использования бурых углей Житковичского, Бриневского и Лельчицкого месторождений в качестве основного технологического топлива при обжиге портландцементного клинкера.

Бурые угли характеризуются высоким выходом летучих компонентов, что позволяет сжигать их в горелке вращающейся печи в качестве компонента бинарного топлива в комбинации с углем марки Т (степень замещения 30–45 %), нефтяным коксом или природным газом (до 60–70 %). При сжигании в декарбонизаторах уровень замещения основного технологического топлива бурыми углями может достигнуть 90–100 %.

Однако в связи со сложными гидрогеологическими и горнотехническими условиями залегания организация добычи бурых углей в настоящее время экономически неэффективна. По этой причине бурые угли белорусских месторождений рассматриваются в качестве местного вида топлива в некоторой перспективе при изменении конъюнктуры рынка углей, в том числе низкокалорийных.

7. Осадки сточных вод

В соответствии с градостроительным проектом и генеральным планом г. Минска предусматривается решение вопроса об утилизации осадка сточных вод Минских городских очистных сооружений.

Технология сбраживания осадков коммунальных стоков с последующей выработкой электроэнергии на биогазовых мини-ТЭЦ на примере Брестского МПЗ, по мнению института, экономически неэффективна. Кроме того, не решается проблема последующего захоронения «хвостов» переработки на полигонах.

Одним из наиболее перспективных вариантов решения вопроса является сушка обезвоженного осадка с последующим его использованием в качестве альтернативного топлива на цементных заводах. Аналогичные проекты реализованы и работают в крупных городах Италии, Испании, Китая.

По результатам исследований сухие осадки сточных вод относятся к низкокалорийному топливу с теплотворной способностью около 3500 ккал/кг и высоким содержанием тяжелых металлов. Данные показатели являются факторами, ограничивающими для цементной печи долю сжигания осадков в составе многокомпонентного топлива.

С целью уточнения физико-химических показателей сухих осадков сточных вод и энергетических показателей процесса их получения на Минской очистной станции проведены полупромышленные испытания на пилотной установке фирмы VOMM (Италия).

В августе 2013 г. Государственное предприятие «Институт НИИСМ» провело промышленные испытания по сжиганию альтернативного

топлива из осадков сточных вод Минской очистной станции в количестве 16,75 т в печи сухого способа цементного клинкера $\varnothing 4,5 \times 80$ м ОАО «Белорусский цементный завод».

Целью испытаний являлось определение основных технологических параметров работы печного агрегата, качества клинкера и вредных выбросов в атмосферу при замещении части угольного форсуночного топлива, сжигаемого в декарбонизаторе, альтернативным топливом из сухих осадков сточных вод.

С целью последующего анализа отбирались представительные пробы топлива, сырьевой муки, клинкера, фиксировались основные технологические параметры работы печного агрегата и состав отходящих печных газов согласно предварительно разработанной и утвержденной программы.

По результатам испытаний предварительно установлено:

- 1) технологические параметры работы печного агрегата находились в оптимальном диапазоне;
- 2) при расходе АТ из осадков сточных вод 8,4 т/ч обеспечено замещение угольного форсуночного топлива в количестве 4 т/ч, что в тепловом эквиваленте в пересчете на условное топливо составляет $\sim 1 : 1$;
- 3) производительность печного агрегата соответствовала производительности при работе на чистом угольном форсуночном топливе;
- 4) качественные показатели цемента за время испытаний не изменились;
- 5) в ходе непрерывного мониторинга состава отходящих газов отмечено значительное снижение вредных выбросов NO_x , которое, по нашему мнению, связано с содержанием в осадках сточных вод мочевины.

Результаты промышленных испытаний свидетельствуют о перспективности данного направления, что позволит решить серьезную экологическую проблему столицы, а также использовать на цементных предприятиях порядка 25–30 тыс. т у.т./год местного возобновляемого топлива.

На основании изученного практического опыта по производству альтернативного топлива из осадка сточных вод и его дальнейшего потребления на цементном заводе в Италии институт готов разработать и внедрить аналогичную технологию в Республике Беларусь.

Резюме

Программа замещения основного топлива при производстве цементного клинкера и извести альтернативными видами в зависимости от очередности их появления в Республике Беларусь должна быть разделена на два этапа.

На первом этапе приоритетными направлениями импортозамещения топлива является использование с 2016 года значительного объема нефтяного кокса белорусского производства, а также расширение объема использования торфобрикета и отработанных шин. Реализация в полном объеме данного этапа могла бы позволить довести долю альтернативных и местных видов топлива в балансе топливопотребления цементных и известковых заводов к концу 2016 года до уровня 50–60 %.

Второй перспективный этап внедрения альтернативного топлива, который включает АТ из ТБО, бурый уголь и осадки сточных вод, может быть реализован только после строительства мусороперерабатывающих заводов, начала промышленной добычи бурого угля в Республике Беларусь и модернизации очистных сооружений.



Меллер В.Я.,
НПК «Экопрон»
(г. Днепропетровск,
Украина)

ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ – ИСТОЧНИК ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Проблема утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) существует во всем мире. Для любого города и населенного пункта проблема удаления или обезвреживания твердых бытовых отходов всегда является в первую очередь проблемой экологической. Весьма важно, чтобы процессы утилизации бытовых отходов не нарушали экологическую безопасность города, нормальное функционирование городского хозяйства с точки зрения общественной санитарии и гигиены, а также условия жизни населения в целом.

Согласно исследованиям Европейского агентства по охране окружающей среды уменьшение количества отходов является одной из наиболее важных задач для стран ЕС, ежегодно производящих их около 1,3 млрд т, в которых доля коммунальных отходов равна 14 %, а на среднестатистического жителя Европы приходится около 400 кг ТБО в год.

Наиболее широкое распространение в мировой практике из высоко технологических методов получило мусоросжигание. Существует много причин выбора этого метода. Основная из них – соответствие санитарно-гигиеническим требованиям, поэтому мусоросжигательные предприятия могут располагаться вблизи жилой застройки, что значительно сокращает расходы на вывоз мусора из домовладений. Современные предприятия по термической переработке ТБО высоко механизированы и автоматизированы, обслуживающий персонал не имеет контакта с отходами.

Теперь после эмоциональных волнений недавних лет, полемик, вызванных более фанатизмом, чем научностью, и после заключенных исследований на международном уровне, спор переместился на вопрос о качестве про-

цессов с точки зрения безопасности и энергетической эффективности.

Сегодня, когда запасы ископаемых видов топлива повсеместно истощаются, а их расход на промышленные и бытовые нужды постоянно растет, использование возобновляемых топливных ресурсов становится все более актуальным.

Мусоросжигание представляет собой метод переработки бытовых отходов путем сжигания их в топках специальных котлов.

Следует подчеркнуть, что ТБО – это топливо, которое не будет исчерпано до тех пор, пока существует человечество. Общеизвестно, что ТБО по своим характеристикам вписывается в обобщенную диаграмму естественных видов твердого топлива.

При среднем количестве бытового мусора, выбрасываемого каждым жителем Украины, равном в среднем 0,3 т/год, ежегодное поступление бытовых отходов составляет более 13 млн т.

Если принять среднюю теплоту сгорания ТБО в Украине равной 1500 ккал/кг, то общее количество тепла, которое можно получить при их сжигании, составит около 20 млн Гкал/год.

Если же часть тепла в виде пара направить в паровые турбины, то дополнительно можно получить электроэнергию. Сошлемся на опыт развитых стран. Так, например, завод в юго-восточной части Лондона при сжигании 450 тыс. т отходов в год вырабатывает 32 МВт энергии, которая поступает в национальную энергосистему.

Отходы как топливо используют во всем мире. Например, Швейцария (80 %), Дания (80 %), Япония (90 %), Франция (65 %), Германия (60 %) и т. д.

Сжигание этого топлива в городах и более мелких населенных пунктах не требует сооружения шахт, бурения скважин и строительства транспортных магистралей. Топливо равномерно распределено пропорционально плотности населения и готово к применению.

Сжигание бытовых отходов означает заметное сокращение и улучшение санитарного состояния свалок, являющихся источниками загрязнения окружающей среды в населенных местностях, поскольку при сжигании ТБО подвергается огневому обезвреживанию.

Существенными причинами для положительного развития метода сжигания твердых бытовых отходов является:

1) возможность уничтожения всего собираемого бытового мусора без предварительной сортировки;

2) термический процесс преобразования отходов проходит по сравнению со свалками или компостированием в существенно более короткий срок. Способные к гниению органические компоненты преобразуются путем окисления воздухом в течение одного часа в естественные конечные продукты – углекислый газ и воду;

3) значительное уменьшение объема остаточных продуктов в сравнении с мусором (около 10 % исходного объема);

4) стерильность и инертность остаточных веществ, которые могут складироваться или применяться в строительстве дорог, производстве строительных материалов;

5) возможность извлечения из отходов металлов, прошедших огневое обезвреживание, с целью их дальнейшего использования как вторичного сырья;

6) газообразные выбросы, с экологической точки зрения, в отличие от всех других систем могут контролироваться и регулироваться;

7) комбинация сжигания мусора с целесообразным получением и использованием энергии позволяет оптимально утилизировать скрытый в твердых бытовых отходах энергетический потенциал. Обеспечивает решение экономических проблем по использованию топливно-энергетических ресурсов;

8) установки по сжиганию мусора могут располагаться недалеко от места возникновения отходов и потребности в электроэнергии.

Указанные преимущества привели к значительному распространению мусоросжигания в мировой практике. В 1965 году в ФРГ эксплуатировалось семь мусоросжигательных установок, в 1983 году – 43 установки, в 1985 году – 48, к концу 2001 года в Германии работал 61 завод по сжиганию бытовых отходов общей производительностью 14 млн т/год.

В настоящее время построены или находятся в стадии строительства еще 12 новых заводов. В 2005 году производительность заводов увеличилась до 18 млн т в год. Все отходы перерабатываются с извлечением энергии – тепловой и (или) электрической. Мусоросжигательные заводы Германии используют 72 % всей вырабатываемой энергии для генерации тепла (13 609 ГВт-час) и около 28 % – для получения электроэнергии (5257 ГВт-час). Получаемая от сжигания отходов электроэнергия составляет примерно 0,6 % всей электроэнергии, вырабатываемой в Германии. И это при сильной парламентской партии «зеленых». Это отмечается для того, чтобы понять экологическую целесообразность использования этого метода. В США в 1988 году работало около двухсот установок по сжиганию мусора. В США разработана государственная программа по защите окружающей среды. Одна из позиций этой программы – ликвидация свалок бытовых отходов. В настоящее время в США работает около 300 мусоросжигательных заводов. За каждую тонну сжигаемых отходов в США заводу платят в зависимости от региона 60–85 долларов. В Англии, экономящей за счет мусоросжигания до 8 млн т угля в год, успешно эксплуатируется электростанция на 40 МВт, работающая на ТБО в Лондоне. Швеция до 25 % коммунальной потребности в теплоэнергетике погашает за счет твердых бытовых отходов. В некоторых регионах Швеции эта цифра достигает 75 %. В Японии сжигается 90 % отходов и работает около 2000 заводов, в Швейцарии – 70 %, ФРГ – 55 %, США – 25 %.

Кроме того, в настоящее время термическое обезвреживание твердых бытовых отходов в ряде индустриально развитых стран Европы – практически безальтернативный способ их утилизации, так как федеральные законы запрещают вывоз на полигоны тех отходов, в которых содержание органических веществ, превышает 5 %.

Существенными причинами для положительного развития метода сжигания твердых бытовых отходов является возможность уничтожения всех городских ТБО, поступающих на завод без предварительной сортировки, что не требует ручного труда сортировщиков. Извлекаемый металлолом после огневого обезвреживания стерилен и пригоден для использования в качестве вторичного сырья. Газообразные выбросы, с экологической точки зрения, в отличие от всех других систем могут контролироваться и регулироваться.

В мире считают, что мусоросжигание решает проблему трех «Э»: экология, энергетика, экономика.



Хотелось бы уделить особое внимание на энергетические и экономические аспекты проблемы.

Сжигание мусора исключительно эффективно в экономическом плане. Прием отходов в переработку оплачивается. Извлекаемый металлолом продается. При этом нельзя забывать, что твердые углеродистые промышленно-бытовые отходы, составляющие около половины всех твердых отходов в Украине, это еще и вторичное сырье, запасы которого очень велики и обладают большим энергетическим потенциалом, и его важно использовать как можно полнее и с экономической выгодой. В связи с этим возможна продажа электроэнергии и тепла.

С тех пор, когда цена за нефть на мировом рынке перевалила за 40 долларов за баррель, все другие методы переработки, по мнению ведущих специалистов, с экономической точки зрения потеряли свою актуальность.

Было подсчитано, что при сжигании одной тонны отходов можно получить 1300–1700 кВт/ч тепловой энергии или 300–550 кВт/ч электроэнергии.

В качестве доказательства вышесказанному приведем расчет возможного эффекта в виде количества сэкономленного органического топлива от сжигания ТБО.

Учитывая, что количество отходов производства и потребления, приходящееся в год, к примеру, на одного жителя г. Киева, составляет примерно 300 кг/чел., ниже приведем несколько вариантов расчета: с низшей теплотой сгорания ТБО $Q_H^p = 6,45$ МДж/кг и Q_H^p ТБО = 8,38 МДж/кг, в зависимости от способа утилизации отходов.

Как показывает мировой опыт, самым доступным и одним из наиболее экономически целесообразных возобновляемых источников энергии являются ТБО, сжигаемые на тепловых электростанциях ТЭС (ТЭС на ТБО). ТБО – это топливо, которое, как уже говорилось выше, по теплоте сгорания сопоставимо с торфом и некоторыми марками бурых углей, образуется в местах, где электроэнергия наиболее востребована, то есть в крупных городах, и имеет гарантированное предсказуемое возобновление, пока существует человечество. Работа ТЭС на ТБО не зависит от природных условий (в отличие, например, от солнечных или ветровых установок), географического расположения (по сравнению с геотермальными и приливными электростанциями), и в результате ее эксплуатации, помимо выработки энергии, решается важная социальная задача – утилизируются образующиеся

в процессе жизнедеятельности человека бытовые отходы.

В России и Украине до недавнего времени предприятия для сжигания отходов находились вне сферы интересов энергетиков. Переработкой ТБО занимались коммунальные службы, которые в первую очередь решали проблему санитарной очистки городов от образующихся отходов. Выделяющуюся в процессе сжигания энергию использовали для покрытия собственных теплофикационных нужд и в лучшем случае отпускали излишки внешним потребителям, расположенным поблизости с мусоросжигательными заводами.

В отличие от России и Украины за рубежом в настоящее время значительная часть предприятий для сжигания отходов принадлежит ведущим энергетическим компаниям, и интерес энергетиков к этому источнику энергии продолжает возрастать. ТБО уже давно и практически во всех промышленно развитых странах рассматриваются как один из перспективных возобновляемых источников получения электроэнергии. В результате утилизации ТБО только в Европе уже сейчас ежегодно вырабатывается более 28 млрд кВт/ч электроэнергии и примерно 70 млрд кВт/ч тепловой энергии. Это позволяет экономить 7...38 млн т органического топлива и, кроме того, предотвращать до 37 млн т в год выбросы парниковых газов (в пересчете на CO₂), которые могли бы выделиться в виде метана при полигонном захоронении отходов. Повсеместно ведется строительство новых ТЭС на ТБО, причем, как правило, со значительной долей капитальных вложений со стороны энергетических компаний.

Основной задачей термической переработки твердых бытовых отходов до начала шестидесятых годов прошлого столетия было решение проблемы уничтожения мусора. Особенно такие схемы путем сжигания практиковались в США. Не говоря уже о неэкономичности метода, возникал ряд проблем с охлаждением дымовых газов и их очисткой. В связи с этим критика метода, весьма обоснованная во многих случаях, сравнивала показатели мусоросжигания с полигонным захоронением, компостированием и т. д.

Следующим шагом в развитии концепции мусоросжигания стала утилизация тепла, полученного в результате сжигания ТБО в паровых котлах. При этом основным показателем оставалось уничтожения отходов.

Переход концепции с уничтожения ТБО как основы мусоросжигания на энергетическое использование тепловой энергии, содержащейся в отходах, в корне изменило подхо-

ды в рассмотрении целесообразности метода и в его экологической оценке. Сравнить мусоросжигание теперь стало необходимым не только с другими методами переработки отходов, но и с точки зрения энергетической: сравнительными ценами на топливо, целесообразности сохранения мировой сырьевой базы угля, нефти, природного газа, для использования их в перерабатывающих отраслях промышленности, экологической безопасности выработки тепла и электроэнергии при использовании различных видов минерального топлива и ТБО.

За рубежом практически на всех современных предприятиях выделяемая в процессе термической переработки ТБО энергия обязательно преобразуется в тепловую для отпуска потребителю или для дальнейшей выработки электроэнергии.

На современных предприятиях с экономической и экологической точек зрения энергетическая эффективность процесса составляет 60–65 %.

Если предприятие, удовлетворяющее этому требованию, специализируется на отпуске электроэнергии внешнему потребителю (или на комбинированном отпуске тепловой и электрической энергии), его можно считать ТЭС на ТБО. Вырабатывать электроэнергию за счет термической утилизации ТБО становится экономически целесообразным, если доходы от продажи электроэнергии покрывают расходы, связанные с дополнительными капитальными и эксплуатационными затратами на приобретение, установку и обслуживание основного и вспомогательного электрогенерирующего оборудования. Для каждой конкретной страны с учетом сложившихся в ней тарифов на покупку электроэнергии, а также законодательства и налогообложения, производство электроэнергии на предприятиях, сжигающих ТБО, становится прибыльным, если годовой отпуск электрической энергии превышает некоторое пороговое значение. В России, например, как показывают выполненные в докторской диссертации Тугова А.Н. (Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт) оценочные расчеты, сейчас этот предел находится на уровне 100 тыс. МВт·ч в год (установленная электрическая мощность должна быть не менее 15 МВт).

Количество поступающих на термическое уничтожение ТБО зависит от ряда факторов, к которым в первую очередь относятся численность населения, удельный объем накопления ТБО в конкретном регионе, а также политика региональных властей в области обращения с отходами с учетом наметившихся мировых

тенденций в сфере управления ТБО, таких, например, как раздельный сбор и сортировка.

Важным этапом создания ТЭС на ТБО является разработка и обоснование принципиальных технических и технологических решений, позволяющих максимально эффективно преобразовать энергетический потенциал ТБО в электрическую энергию с наименьшим воздействием на окружающую среду и с оптимальными показателями по надежности и экономичности.

Первоочередная задача в этом направлении – выбор метода и технологии термической переработки ТБО, которые наиболее технически приемлемы и экономически обоснованы для ТЭС на ТБО. К технологиям термической переработки ТБО, прошедшим промышленную апробацию, относятся: сжигание на механических колосниковых решетках в слоевых топках (в настоящее время во всем мире эксплуатируется около 3 тыс. установок), сжигание в кипящем слое (около 200 установок), сжигание в барабанных печах (примерно 20 установок), комбинированные методы с использованием процессов пиролиза и газификации, в том числе с плазматронами. Некоторые технологии находятся на стадии освоения (лабораторных, стендовых и полупромышленных исследований).

Решающими факторами, определяющими электрическую мощность ТЭС на ТБО, являются прогнозируемый расход поступающих на переработку отходов и их свойства. (Электрическая мощность обычных ТЭС, на которых сжигают органическое топливо, как правило, выбирается исходя из потребности региона в электроэнергии.) Теплотворная способность бытовых отходов сравнима, а в некоторых развитых странах выше таких топлив, как бурый уголь, торф. Она всего в 2–2,5 раза ниже, чем у природного газа. В условиях дефицита топливных ресурсов и высоких цен на природный газ и нефтепродукты не использовать дармовое, многотоннажное, непрерывно возобновляемое топливо по меньшей мере неразумно. Не нужно в таком количестве копать шахты и использовать опасный труд шахтеров, бурить дополнительные скважины, сокращается нагрузка многокилометровых железных дорог в связи с уменьшением объема перевозок минеральных топлив – угля, мазута и т. д., сокращается потребность в новых трубопроводах большого диаметра для транспортировки природного газа, нефти и нефтепродуктов. Нет опасности в том, что запасы топлива быстро исчерпаются. Пока живо человечество, мусора будет в достатке.



Вавилов А.В.,
зав. кафедрой
«Строительные и дорожные
машины» БНТУ
д. т. н., профессор,
генеральный директор
«БОНОСТМ»,
иностраный член РААСН
Круподеров В.В.,
зам. директор
ООО «КВ-партнер»

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СБОРУ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Одним из альтернативных видов топлива в строительном комплексе Беларуси могут стать твердые бытовые отходы (ТБО). Чтобы получение энергии из ТБО было конкурентоспособно по сравнению с традиционными источниками энергии, необходимо существенно снизить себестоимость их сбора. В этом направлении, а именно в направлении оптимизации сбора и транспортировки ТБО посредством использования автомобилей с системой «мультилифт», успешно работает предприятие «КВ-партнер».

Использование автомобилей, оборудованных механизмом погрузочно-разгрузочным МПР (системой «мультилифт») в процессе сбора и транспортировки твердых бытовых отходов и крупногабаритного мусора, призвано решить многие проблемы.

В первую очередь, автомобиль с МПР позволяет снизить количество выездов мусоровоза к местам утилизации ТБО, а значит, сократить транспортные расходы. Оптимизация транспортного маршрута мусоровоза достигается за счет внедрения двухэтапной схемы вывоза ТБО. Суть ее заключается в том, что малогабаритные мусоровозы направляются для доставки груза на промежуточное звено – в пункт перегрузки, на котором происходит накопление и прессование коммунальных отходов. Рассмотрим преимущества данной схемы на следующих примерах.

Организация сбора и вывоза твердых бытовых отходов в условиях городской застройки

Постоянный рост объемов бытовых отходов сказывается на скорости заполнения мусоросборочных контейнеров. Вариантом решения проблемы переполненности контейне-

ров на площадках для сбора ТБО может стать замена целой группы маленьких контейнеров объемом 0,75 м³ одним большим. Контейнер объемом 9 м³, имеющий шесть погрузочных люков с крышками, обслуживается автомобилем с МПР-4 грузоподъемностью 5 т. Мусоровоз, оборудованный МПР-4, работает по следующей схеме: порожний контейнер выгружает на площадку, а наполненный – затаскивает на шасси. Процесс загрузки происходит таким образом: автомобиль без помощи сторонней грузоподъемной техники отрывает контейнер от земли, захватывая крюковым механизмом за его «стыковочное ухо» и подкатывает на роликах к шасси, а затем затаскивает на стационарную раму, смонтированную на колесной базе автомобиля. Всем процессом, включающим транспортировку, погрузку и выгрузку контейнера, управляет водитель непосредственно из кабины транспортного средства (при наличии у него удостоверения оператора крано-манипуляторной установки). Время, затрачиваемое на операцию по погрузке/выгрузке бункера, составляет около 200 сек.

С загруженным контейнером мусоровоз следует к пункту перегрузки. Работая в режиме самосвала, автомобиль с МПР-4 выгружает ТБО из привезенного контейнера в контейнер-накопитель объемом 30–35 м³. С порожним контейнером мусоровоз следует к следующей площадке для сбора мусора и совершает обмен привезенного контейнера на новый, заполненный ТБО.

На пункте перегрузки контейнеры-накопители объемом 30–35 м³ находятся до момента их полного заполнения. Заполненные контейнеры устанавливаются на автомобили, оснащенные механизмом погрузочно-разгрузочным МПР-3 грузоподъемностью 20 т (работа по погрузке

контейнера автомобилем с МПР-3 аналогична погрузо-разгрузочным операциям, выполняемым мусоровозом с МПР-4). После загрузки контейнера-накопителя на шасси автомобиль с МПР-3 вывозит ТБО к месту утилизации либо захоронения. На станции перегрузки в это время начинает заполняться следующий контейнер.

Возможность автомобиля с МПР работать с несколькими оборотными съемными контейнерами достигается за счет универсальности подрамника самого механизма «мультилифт».



Рис. 1. Мусоровоз контейнерный с механизмом погрузочно-разгрузочным МПР-4 (типа мультилифт):

базовое шасси	МАЗ-437043
двигатель/мощность, л. с.	ММЗ Д-245.30Е3 / 155
коробка передач (число ступеней)	СААЗ 3206 (5)
масса перевозимого груза, кг	4150
емкость контейнера закрытого/открытого типа, м ³	9,0/12,0
время разгрузки самосвальным способом, сек	50
время установки груженой платформы, сек	200
время подъема / опускания, сек	200/200
максимальный угол подъема платформы, град.	48
габаритные размеры автомобиля (длина х ширина х высота)	6400 х 2400 х 3000
габаритные размеры контейнера (длина х ширина х высота)	4100 х 2400 х 1226
изготовитель специального оборудования	ООО «КВ-партнер», г. Минск

Поэтому грузы в сменные контейнеры загружаются в отсутствие автомобиля-перевозчика.

Экономический эффект при внедрении данной схемы сбора и транспортировки отходов жизнедеятельности человека достигается за счет:

- менее интенсивного графика выгрузки контейнеров для сбора бытовых отходов (поскольку бункер объемом 9 м³ не требует частой выгрузки);
- увеличения перевозимого за один рейс объема отходов;



Рис. 2. Мусоровоз контейнерный с механизмом погрузочно-разгрузочным МПР-3 (типа мультилифт):

базовое шасси	МАЗ-6303А5-360
мощность, л. с.	330
коробка передач (число ступеней)	8
масса перевозимого груза, кг	18 980
емкость контейнера закрытого/открытого типа, м ³	до 35
время разгрузки самосвальным способом, сек	50
время установки груженой платформы, сек	200
время подъема / опускания, сек	200/200
максимальный угол подъема платформы, град.	48
габаритные размеры автомобиля (длина х ширина х высота)	9900 х 2550 х 3500
габаритные размеры контейнера (длина х ширина х высота)	6250 х 2550 х 2200
изготовитель специального оборудования	ООО «КВ-партнер», г. Минск



- экономии времени, затрачиваемого на смену бункеров;
- универсальной конструкции подрамника «мультилифта», который позволяет автомобилю работать со сменными контейнерами. В итоге, наряду с бункерами для сбора мусора, автомобиль с МПР способен перевозить модули другого функционального назначения. При соответствующей комплектации машины с системой «мультилифт», кроме вывоза ТБО, могут осуществлять функции пескоразбрасывателя, илососа, водополивочной машины и т. д.

Схема сбора и транспортировки ТБО посредством автомобиля с системой «мультилифт» и сменяемыми кузовами имеет еще одну особенность. Вывоз твердых бытовых отходов осуществляется вместе с контейнером, что позволяет при необходимости организовать процесс мойки стенок контейнера после его разгрузки. Кроме этого, контейнер объемом 9 м³ значительно тяжелее традиционного, что позволяет избежать проблемы его хищения с целью сдачи в металлолом.

Контейнеры объемом 9 м³ целесообразно использовать также в парках, местах отдыха и проведения массовых мероприятий. Для осуществления погрузки требуется минимум места и 200 секунд времени. Еще одним достоинством бункеров объемом 9 м³ в отличие от евробаков на колесах является то обстоятельство, что бункер невозможно самовольно сдвинуть с места без специальной техники, поэтому исключается возможность выката их на проезжую часть либо рассыпки содержимого.

Двухэтапная схема вывоза твердых коммунальных отходов целесообразна и при организации обслуживания контейнеров, предназначенных для раздельного сбора ТКО.

После заполнения бункера мусоровоз доставляет собранные отходы не к месту их утилизации, а на перегрузочный пункт, для дальнейшего их накопления в бункерах большего объема. При такой схеме малогабаритный автомобиль-мусоровоз сокращает плечо пробега, что позволяет ему за смену обслужить большее количество объектов, тем самым решая проблему нехватки мусоровозов на предприятии и переполненности мусоросборочных площадок в жилых дворах.

Одновременно с этим автомобиль с системой «мультилифт» вовлечен в процесс непрерывных перевозок. Машина работает без простоев, транспортируя съемные контейнеры от пункта перегрузки к месту утилизации ТБО.

Соответственно на пункте перегрузки исчезают очереди из простаивающих подвозящих мусоровозов, ожидающих автомобиль с контейнером-накопителем. При этом экономится время, затрачиваемое на перегрузку.

Организация сбора и вывоза твердых бытовых отходов из сельской местности и садоводческих товариществ

Организация двухэтапной схемы вывоза ТБО с оборудованием площадок временного складирования становится более актуальной и в сельских населенных пунктах. Так, удаленность многих малых населенных пунктов от полигона, а также относительно небольшой объем образования отходов от домовладений, расположенных в них, приводит к значительному увеличению расходов на перевозку ТБО спецтранспортом с объемом кузова до 8 м³. Организация площадок временного складирования с размещенными на них контейнерами объемом 30 м³ позволяет сократить пробег транспорта, соответственно снизить топливные расходы, а также уменьшить расходы по содержанию мини-полигонов.

Для оптимизации сбора и транспортировки накопленных отходов из садоводческих товариществ и гаражных кооперативов целесообразно установить контейнеры закрытого типа объемом 9 м³ с последующим обслуживанием их автомобилями с системой загрузки типа «мультилифт».

Организация сбора и вывоза твердых бытовых отходов с территорий предприятий, организаций и строительных площадок

Для сбора крупногабаритных отходов на ведомственных территориях предприятий и организаций, строительного мусора со строительных площадок наиболее целесообразно использовать бункеры открытого типа вместимостью до 30–35 м³. Они наполняются отходами по мере необходимости. Когда бункер полностью заполнен, автомобиль с МПР загружает его на шасси и транспортирует к месту выгрузки.

Данная схема работы позволяет оптимизировать условия работы на стройплощадке и использовать один автомобиль для решения разнообразных задач. Один и тот же автомобиль может быть задействован на работах по вывозу крупногабаритных отходов, в случае отсутствия такой необходимости – на доставке бункеров с песком либо транспортировке строительных бытовок. Соответственно одна машина будет выполнять работу трех: авто-

мобиля с грузовой платформой, мусоровоза и самосвала, работая без простоев.

Таким образом, все рассмотренные схемы вывоза ТБО предполагают:

- переход на более объемные, чем используемые на данный момент, контейнеры для сбора коммунальных отходов;
- включение дополнительного звена — перегрузочных площадок в схему транспортировки ТБО.

Данные изменения позволяют мусоровозам работать на коротком плече пробега, сократить время разгрузки-погрузки мусора, снизить расходы на горюче-смазочные материалы (ГСМ) и значительно увеличить производительность процесса. Оборудование автомобилей механизмом погрузо-разгрузочным МПР позволит уменьшить затраты на приобретение дополнительных единиц техники, снизить эксплуатационные расходы и свести до минимума простои во время погрузки-выгрузки кузова. Кроме этого, наличие переоборудо-

ванных автомобилей с МПР позволит обеспечить взаимозаменяемость машин в автопарке. Одна машина, осуществляя замену сменных кузовов, выполняет функции целого парка автомобилей со стационарными кузовами и может работать 24 часа в сутки. Бункеры, которые используются для «мультилифтов», имеют различные предназначения. Кроме вывозки мусора, их используют для перевозки щебня, бетона, песка, отходов древесины, строительного мусора, металла и многого другого. В случае поломки автомобиля, оборудованного МПР, его груз способен будет вывезти любой другой автомобиль, оборудованный аналогичным механизмом.

Опыт использования МПР в двухэтапной системе вывоза ТБО уже доказал свою эффективность в части снижения временных и эксплуатационных затрат, показал свою технологичность и позволил применять автомобили, оснащенные МПР, в различных отраслях хозяйства.



Журавский Г.И.,
Мartiнов О.Г.,
Полесский Д.Э.,
Шаранда Н.С.

Государственное
научное учреждение
«Институт тепло-
и массообмена
им. А.В. Лыкова
НАН Беларуси»

ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В связи с устойчивым ростом цен на газ и нефть, вызванным истощением их разведанных природных месторождений, во всем мире ведется интенсивный поиск альтернативных источников энергоресурсов. Одним из потенциальных источников энергии является энергия, выделяемая при сгорании биомассы (древесина, отходы производства и переработки сельскохозяйственной продукции, быстрорастущие лесные культуры) и горючих технологических отходов. Поэтому разработка и выпуск новых образцов техники, позволяющих вовлекать в оборот местные энергоресурсы с целью замещения импортируемых, является весьма актуальной. Получение электроэнергии является завершающим звеном в данной цепочке преобразований, что наделяет разрабатываемую технику исключительными потребительскими достоинствами.

Как показал анализ проблемы, существующие в настоящее время технологии переработки биомассы и горючих технологических отходов с целью получения топлива значительно устарели и не отвечают современным требованиям по экологическим, экономическим и техническим показателям [1–12].

В связи с этим в ряде стран мира (Канада, Россия, США, Германия, Финляндия, Швеция и др.) приняты государственные программы по разработке высокоэффективных технологий производства топлива из биомассы и горючих органических отходов.

Одним из перспективных направлений создания таких технологий представляется получение горючих газов из биомассы и горючих органических отходов с последующим их использованием в когенерационных установках

для получения тепловой и электрической энергии. В начале XX столетия газификация угля, торфа и древесины являлась одним из основных методов производства горючего газа. Газификация осуществлялась в специальных аппаратах, называемых конверторами, реакторами, газогенераторами или газификаторами. Получаемый горючий газ часто содержал значительные количества твердых частиц и поэтому непосредственно мог быть использован только в котельных, обжигательных печах и других топках и только после охлаждения, очистки и сушки в качестве топлива в двигателях внутреннего сгорания

Наиболее широкое промышленное развитие газификация получила к началу 60-х годов прошлого столетия. Однако вследствие быстрого роста добычи природного газа, развития сети газоснабжения и ужесточения требований к охране окружающей среды газификацию практически перестали применять. В последнее время в связи с необходимостью экономии тех или иных видов углеводородного топлива возрос интерес к горючим газам на основе биомассы и горючих органических отходов.

Газ может быть получен путем газификации различных видов биомассы и горючих органических отходов:

- органических бытовых отходов, в том числе бумаги, резины, травы;
- отходов лесозаготовки и деревопереработки, в том числе коры, обрезков деревьев, щепы, опилок и древесного угля;
- сельскохозяйственных отходов, в том числе соломы злаковых культур и рапса, стеблей кукурузы, льняных отходов, рисовой шелухи, скорлупы орехов и др.

При этом полученный газ обладает удельной теплотой сгорания от 4 до 20 МДж/м³ (теплота сгорания природного газа 33–36 МДж/м³). В условиях значительного повышения цен на жидкое топливо и природный газ особое значение приобретает возможность их замещения газом, получаемого из биомассы и горючих технологических отходов [13–18].

Одной из таких возможностей является использование генераторного газа для производства тепла и электроэнергии малыми автономными когенерационными установками, роль которых в развитии локального энергообеспечения предприятий и индивидуальных потребителей в ближайшие годы будет возрастать.

Новизна разработки заключается в создании двухзонного газогенераторного модуля обращенного процесса горения, имеющего возможность термохимической переработки многокомпонентного сырья с целью снижения концентрации сернистых соединений в получаемом газе за счет их хемосорбции с компонентами золы топлива ($\text{CaO} + \text{SO}_2 + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4$), повышения теплоты сгорания вырабатываемого газа и снижения вредных выбросов в окружающую атмосферу по сравнению с известными твердо-топливными котлами.

Отличительной особенностью разработки является конструкция газогенератора, которая обеспечивает возможность совместной газификации твердых и жидких отходов, в том числе древесины, рапсовой соломы и тяжелых остатков нефтепродуктов и смол. Горючие растительные отходы в виде пеллет, брикетов или в измельченном виде будут подаваться в газогенератор в автоматическом режиме. Повышение тепловой эффективности газогенераторного модуля (КПД до 90 %) будет обеспечено за счет предварительного подогрева воздушного дутья за счет использования тепла отработавшей парогазовой смеси. Необходимый ресурс работы и экологичность установки будут обеспечены многоступенчатой системой очистки газа и продуктов его сгорания. Использование двигателя внутреннего сгорания позволит расширить область применения агрегатов, так как их эксплуатация в силу безопасности (в отличие от паро- и газотурбинных установок) будет доступна более широкому кругу пользователей.

Дополнительное тепло от охлаждения генераторного газа в теплообменнике агрегата может использоваться для отопления (водяное или воздушное) или на технологические нужды. Тепловая эффективность газогенератора,

КПД которого на 6 % выше, чем у прототипа, определяется возвратом обратно в топочную зону части тепла от нагретых отработавших газов и снижения тепловых потерь при их последующей транспортировке в охлажденном виде. Повышение калорийности получаемого газа (выше, чем у лучших известных аналогов) обеспечено совместной газификацией твердых и жидких отходов, в том числе соломы, древесной щепы и опилок, мазута, смол и других отходов в измельченном виде или при их предварительном брикетировании, а также более полном термохимическом разложении отходов на легкие горючие компоненты в двухзонной топочной камере.

Оборудование позволит получать генераторный газ с теплотой сгорания не менее 6,3 МДж/м³ и жаропроизводительностью до 2000 °С (у природного газа жаропроизводительность достигает 2050 °С). По удельному расходу топлива разработка соответствует лучшим мировым образцам техники. Данный газозлектротеплогенератор будет обладать большей рентабельностью, чем известные аналоги, вследствие удешевления его изготовления за счет замены дорогих коррозионностойких сталей на черные с относительно недорогими защитными покрытиями.

Экономическая эффективность технологии и оборудования определяется экономией топливных ресурсов.

При эксплуатации оборудования для газификации древесных отходов с расходом $M_T = 0,33$ кг/с и теплотой сгорания $r_T = 10200$ кДж/кг получается генераторный газ с расходом $G_r = 0,6$ м³/с и теплотой сгорания $r_r = 4175$ кДж/м³ при нормальных условиях. Эффективность базового варианта оборудования составляет: $\text{к. п. д.} = G_r \cdot r_r / (M_T \cdot r_T) = 0,6 \cdot 4175 / (0,33 \cdot 10200) = 71 \%$.

Затраты топлива при этом составляют: $0,33 \text{ кг}/0,6 \text{ м}^3 = 0,55 \text{ кг топлива}/\text{м}^3 = 14 \cdot 10^{-5} \text{ кг}/\text{кДж}$.

При установке рекуперированного теплообменника обратно через подогрев воздуха в камеру газификации можно вернуть тепло выходящих из газификатора генераторных газов в количестве:

$$N = cG_r(t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) = 504 \text{ кВт}, \quad (1)$$

где $c = 1,4$ кДж/(м³·град) – теплоемкость генераторного газа;

$G_r = 0,6$ м³/с – расход газа;

$t_{\text{вх}} = 720$ °С – температура газа на входе в рекуператор;

$t_{\text{вых}} = 120$ °С – температура газа на выходе из рекуператора.



Эффективность базового варианта оборудования с рекуператором повысится до к. п. д. $= G_r \cdot r_r / (M_r \cdot r_r - N) = 83\%$. При этом для получения газа с таким же расходом потребуется топлива $M_{т.р.} = (M_r \cdot r_r - N) / r_r = (0,33 \cdot 10200 - 504) / 10200 = 0,28$ кг/с. Затраты топлива составят $0,28 \text{ кг} / 0,6 \text{ м}^3 = 0,47 \text{ кг/м}^3 = 11,8 \cdot 10^{-5} \text{ кг/кДж}$.

В качестве топлива может использоваться смесь отходов древесины (соломы и т. п.) с отходами нефтепродуктов (отработанные масла, мазут). Смесь топлива, состоящая из 85 % древесины и 15 % углеводородных отходов с теплотой сгорания $35\,700 \text{ кДж/кг}$ будет иметь общую теплоту сгорания $r_r = 14000 \text{ кДж/кг} = 0,48 \cdot 10^{-3} \text{ т у.т./кг}$. Из нее получится генераторный газ с выходом $1,8 \text{ м}^3/\text{кг}$ и теплотворной способностью 6300 кДж/м^3 .

Эффективность разрабатываемого оборудования составит:

- без рекуперации: к. п. д. $= 1,8 \cdot 6300 / 14\,000 = 81\%$, затраты топлива будут $1 \text{ кг} / 1,8 \text{ м}^3 = 0,56 \text{ кг/м}^3$ газа $= 8,8 \cdot 10^{-5} \text{ кг/кДж}$;
- с рекуперацией: к. п. д. $= 1,8 \cdot 6300 (14000 - 1460) = 90\%$, причем расход топлива будет $M_{т.р.} = 0,33 \cdot 14\,000 - 504 / 14\,000 = 0,30 \text{ кг/с}$. Удельные затраты топлива составят $0,30 \text{ кг} / 0,6 \text{ м}^3 = 0,5 \text{ кг/м}^3$ газа $= 7,9 \cdot 10^{-5} \text{ кг/кДж}$ производимого тепла. В целом экономичность разрабатываемого оборудования по сравнению с базовым по топливу составит $(14 \cdot 10^{-5} - 7,9 \cdot 10^{-5}) / 14 \cdot 10^{-5} = 43\%$.

При выработке электроэнергии от электрогенератора с к. п. д. 80 % на окончательном этапе, подключенного к двигателю внутреннего сгорания с к. п. д. 30 %, вырабатываемая электроэнергия составит $0,8 \cdot 0,3 \approx 24\%$ от полученной тепловой энергии от сжигания генераторного газа в двигателе, то есть для выработки электроэнергии мощностью 1 кВт необходимо затратить $1/0,24 = 4,2$ кВт тепловой мощности от сжигания в двигателе генераторного газа или топлива в газогенераторе с расходом $4,2 \text{ кВт} \cdot 7,9 \cdot 10^{-5} \text{ кг/кДж} = 0,33 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$. Для электрогенератора мощностью 100 кВт необходим двигатель внутреннего сгорания мощностью 140 кВт и газогенератор с теплопроизводительностью по вырабатываемому газу 400 кВт с расходом реального многокомпонентного топлива до $0,03 \text{ кг/с}$.

На 400 кВт полученной тепловой мощности и электрической до 100 кВт за один год при трехсменной работе и коэффициенте годовой загрузки, равном 0,5, у пользователя будет израсходовано топлива в виде местных отходов 500 т/год, что заместит импор-

тируемые топливные ресурсы в эквиваленте 600 т у.т./год. Так как 1 т у.т. энергетически эквивалентна 840 м^3 природного газа ценой 500 USD за 1000 м^3 , то пользователь агрегата мощностью 100 кВт за один год сэкономит на импортируемых топливных ресурсах по теплу $600 \cdot 840 \text{ м}^3/\text{т у.т.} \cdot 500 \text{ USD}/1000 \text{ м}^3 = 252\,000 \text{ USD/год}$. При таком вовлечении в оборот местных отходов у пользователя будет выработано $100 \text{ кВт} \cdot 24 \text{ ч/сут.} \cdot 0,5 \cdot 365 \text{ сут.} = 438\,000 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 376 \text{ Гкал}$ тепловой энергии или $105\,000 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ электрической энергии стоимостью 10 500 USD при цене электроэнергии $0,1 \text{ USD}/(\text{кВт} \cdot \text{ч})$. При цене агрегата с тепловой мощностью в 400 кВт до 100 000 USD и эксплуатационных расходах до 2000 USD в месяц затраты пользователя окупятся менее чем за один год при использовании своих собственных отходов.

Маркетинговые исследования показывают, что основным потребителем новой техники могут являться предприятия промышленности строительных материалов, сельского хозяйства и жилищно-коммунального хозяйства, а также потребители, удаленные от централизованных систем энергообеспечения. На рис. 1 представлена схема опытного образца газогенератора, разработанного для получения тепловой энергии, приспособленного для работы на топливе, представляющем собой смесь горючих производственных отходов нефиксированного состава: обтирочный материал, загрязненный нефтепродуктами, отходы пластика разных видов, в том числе пленочного полиэтилена и пропилена, отходы лакокрасочных средств, древесные отходы, картонно-бумаж-

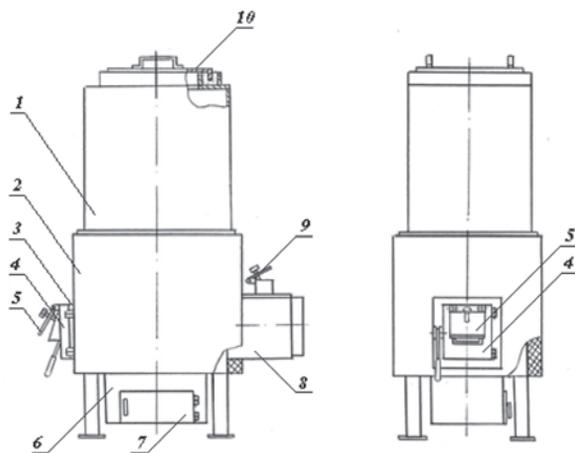


Рис. 1. Схема газогенератора: 1 – топливный бункер; 2 – камера газификации; 3 – горловина; 4 – дверца горловины; 5 – заслонка первичного воздуха; 6 – зольник; 7 – дверца зольника; 8 – жаровая труба; 9 – заслонка вторичного воздуха; 10 – крышка бункера

ные упаковочные отходы, кухонно-пищевые отходы, отходы горюче-смазочных материалов и др. Этот газогенератор имеет тепловую мощность 200 кВт и габариты (без бойлера с водой, не показанного на рисунке) длиной 1,9 м, шириной 1,1 м и высотой 3,0 м. По принципу действия в основу оборудования заложена конструкция шахтного газогенератора Пинча. Образующиеся продукты сухой перегонки (смолы, кислоты) проходят через активный слой топлива (зона восстановления) сверху вниз, частично сгорают, а частично подвергаются крекинг-процессу (разлагаются с выделением горючих газов), благодаря чему исключается засмоление выходящего газового тракта с получением обессмоленного газа. Генераторный газ из камеры газификации 2 подается на дожигание в жаровую трубу 8. Подача первичного и вторичного воздуха регулируется соответствующими заслонками 5 и 9. Рабочий объем исходной топливной смеси содержится в бункере 1. Негорючая минеральная фракция и зола накапливаются в зольнике 6 под колосниковой решеткой. Дверца 7 служит для периодической очистки зольника 6. Первичный розжиг генератора осуществляется через горловину 3 с дверцей 4. Герметично прилегающая крышка 10 бункера 1 выполняет также функцию взрывного клапана. Горячие продукты сгорания, выходящие из жаровой трубы, подаются в теплообменник бойлера с водой (на рисунке не показанный) для накопления и последующего потребления тепловой энергии. Габариты бойлера: длина 2,8 м, ширина 5,7 м, высота 2,9 м, емкость по воде 25 м³.

Литература

1. Бельков В.М. Методы, технологии и концепции утилизации углеродсодержащих промышленных и твердых бытовых отходов. // Химическая промышленность. – 2000. – № 11. – С. 8–25.
2. Железная Т.А., Гелетуа Г.Г. Современные технологии получения жидкого топлива из биомассы быстрым пиролизом. Обзор. Часть 1. // Промышленная теплотехника. 2005. – т. 27. – № 4. – С. 91–100.
3. Nunoura T., Antal M. J., The black gold from green waste project at the University of Hawaii . Proc. of the Second World Biomass Conference. Rome , Italy, 10 – 14 May 2004. – ETA –Florence and WIP. – Munich. – 2004. – P. 721–724.
4. Железная Т.А., Гелетуа Г.Г. Современные технологии получения жидкого топлива из биомассы быстрым пиролизом. Обзор. Часть 2. // Промышленная теплотехника. – 2005. – т. 27. – № 5. – С. 79–90.
5. Anything into Oil // DISCOVER Vol.24 No.5 (May 2003)
URL: <http://www.changingworldtech.com/>
6. Планковский С.И. Плазменные технологии утилизации ТБО. Современное состояние и перспективы // Сотрудничество для решения проблемы отходов: Материалы IV Междунар. конф. (31 января – 1 февраля 2007 г., г. Харьков, Украина). – Х., 2007. – С. 208–210.
7. Моссэ А.Л., Симон У., Савчин В.В., Зиновенко И.Н. Мобильная плазменная установка для уничтожения токсичных галогенорганических отходов // Сотрудничество для решения проблемы отходов: Материалы IV Междунар. конф. (31 января – 1 февраля 2007 г., Харьков, Украина). – Х., 2007. – С. 80–82.
8. Аристархов Д.В., Журавский Г.И., Полеский И.П., Пермяков Б.А. Технология переработки отходов растительной биомассы, технической резины и пластмассы // ИФЖ. – 2001. – Т. 74. – С. 152–155.
9. Матвейчук А.С. Совершенствование технологии и конструкций оборудования для термической деструкции органических материалов в паровой среде // Канд. диссерт. – Минск: ИТМО НАНБ, 2005. – 145 с.
10. D.V. Aristarkhov, G.I. Zhuravskii. Modeling of the Vapor Thermolysis of Rubber Waste // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. Vol. 74, № 6, 2001.
11. G.I. Zhuravskii, V.A. Sychevskii. Numerical Calculation of Vapor Thermolysis of Organic Wastes // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. Vol. 674, № 6, 2003.
12. Альшуллер В.С. Новые процессы газификации твердого топлива, М.: «Недра», 1976.
13. Соуфер С., Заборски О. Биомасса как источник энергии. – М.: Мир, 1985. – 368 с.
14. Минько Ф.Ф., Равинский А.М. Материалы международной научно-технической конференции. – Мн., 2001. – С. 3–5.
15. Фалюшин П.Л., Жуков В.К., Куликов Н.С., Бохан Н.И. Материалы международной научно-технической конференции. – Мн., 2001. – С. 189–197.
16. Фалюшин П.Л. и др. Газогенератор для твердого топлива. Патент РБ № 1732, заявка 950098, 1997 г.
17. Аристархов Д.В., Егоров Н.Н., Журавский Г.И., Полеский Э.П., Шаранда Н.С. Паровой термолиз органических отходов. – Минск: Институт тепло- и массообмена им. А.В.Лыкова НАН Беларуси, 2001.
18. Бохан Н.И., Фалюшин П.Л., Ловкис В.Б. Получение горючих газов из твердого топлива // Материалы международной научно-технической конференции «Мобильная энергетика, энергосбережение» г. Москва, 2000 г. – С. 95–102.



Данас Будиловскис,
 Д. Т. Н.
 Мудис Шалкаускас,
 профессор
 Ещенко Л.С.
 г. Вильнюс, Литва

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ФФГ/FFH ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И СТРАНАХ ЕС. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО ШЛАМА В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ЛИТВЫ

Управление отходами становится все более актуальной темой в любой отрасли промышленности. Промышленные стоки и твердые отходы, их обезвреживание, захоронение, сжигание или любой другой способ упорядочения часто вызывает озабоченность не только из-за значительных затрат, но и строгих требований охраны окружающей среды.

Для того чтобы более рационально решать вопрос размещения отходов, об их составе полагалось бы думать уже на уровне подборки технологического процесса основного производства. Из возможных вариантов выбирать оптимальный, дающий наименьшее количество наименее токсичных отходов. Подбирая способ обезвреживания отходов на уровне завода, продумать возможный состав отхода и варианты его размещения.

Мы представляем альтернативный способ получения утилизируемого шлама в результате обезвреживания промышленных стоков, содержащих тяжелые металлы.

Представлен новый процесс очистки промышленных стоков, содержащих тяжелые металлы, используя продукт переработки отходов железа, – ферроферригидрозоль (ФФГ), состоящий из наночастиц и содержащий соединения железа (II) и железа (III). ФФГ используется для нейтрализации и удаления тяжелых металлов, а также для обезвреживания других сопутствующих загрязнителей, таких как фосфаты, органические соединения, остатки смазочно-охлаждающих жидкостей, взвешенные частицы, красители и детергенты. Это возможно из-за одновременно работающих нескольких различных механизмов, таких как сорбции, коагуляции, восстановления,

ферритизации. Метод пригоден для очистки сточных вод с размещением отходов согласно природоохранным законам и внедрен в нескольких Восточно- и Западноевропейских странах. Результаты подтверждены в сертифицированных лабораториях разных стран. Соответственно составу водных вытяжек из образовавшихся шламов шлам можно безопасно захоранивать в городских свалках или использовать как сырье для производства различных технических продуктов, таких как керамика, пигменты и т. п. Обезвреженная вода может быть использована в технологических процессах.

Наночастицы ФФГ имеют очень большую поверхность, которая содержит химически активные группы, действующие как специфические адсорбенты. Обезвреженная сточная вода не загрязняется дополнительно солями и поэтому может быть использована повторно в технологическом процессе. Тесты на токсичность обработанной воды с помощью дафний показали, что она нетоксична.

Шламы после очистки сточных вод с применением ФФГ малотоксичны и имеют стабильную структуру ферритных шпинелей. Так как они содержат значительное количество железа, они применимы в качестве вторичного сырья в некоторых отраслях промышленности. В Литве они применяются как добавка к керамическим материалам. Позднее совместно с белорусскими учеными были разработаны технологии производства пигментов. Шлам был исследован в лаборатории Informationstechnik und Umweltdienstungen in Kempen соответственно стандарту DEV-S4. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты выщелачивания шламов, полученных при очистке сточных вод разными методами

Металлы	Концентрация металлов выщелоченных из юазных шламов	
	традиционный метод очистки	метод с ФФГ
Zn	250	0,01
Pb	0,05	0,05
Ni	2,50	0,05
Fe	0,01	0,01

Многочисленные исследования токсичности шлама, представленные специалистами Литвы и Беларуси, подтвердили, что шлам, полученный в результате обработки промышленных стоков ФФГ, является малотоксичным и может быть захоронен в общих свалках или использован в производстве как сырье.

По заключению Министерства здравоохранения Республики Беларусь проверка данного шлама на фитотоксичность при помощи *Tetrahymena pyroformis* и *Salmonella typhimurium* (тест Эймса), а также тестами на мышах ($DL_{50} > 5000$ мг/кг) показали, что суммарная токсичность очень мала и может быть отнесена к четвертому классу токсичных материалов. Он не обладает мутагенной активностью и имеет очень незначительные кумулятивные характеристики (коэффициент до 5).

Основываясь на химическом составе шлама, можно предположить, что он является полезным сырьем для изготовления железосодержащих пигментов, модифицированных хромом, цинком, медью и другими металлами, а также для добавления к керамическим материалам.

Предлагаемая технология отличается от классических методов реагентного обезвреживания и очистки сточных вод, которые используют такие реагенты, как известь, бисульфит натрия или едкий натрий, сильные кислоты и т. п. Электролитически генерированная композиция ФФГ из наночастиц практически безопасна. ФФГ является нетоксичным реагентом. Условия гигиены для обслуживающего персонала на водоочистительной станции значительно лучше, и нет никаких проблем с перевозкой токсичных материалов. Присутствие различных лигандов (пирофосфаты, ЭДТА, аммоний и др.) в стоках не препятствуют удалению ионов тяжелых металлов до требуемых норм. Капитальные вложения, расход электроэнергии и потребность в рабочей площади такие же, как и в традиционном реагент-

ном методе. pH очищенной воды около 8,5 и 9. Шламы водоочистки малотоксичны и относятся к четвертому классу, а как железосодержащие могут быть использованы для производства таких технических производств, как керамика, пигменты, глазури.

После очистки при помощи технологии ФФГ получается шлам, обогащенный значительным количеством железа в мелкокристаллической ферромагнитной форме, довольно компактный. Количество шлама приблизительно такое же, как и при других реагентных технологиях, за исключением способа обезвреживания при помощи известкового молока (где количество возрастает в несколько раз). Шлам менее токсичен, чем при других технологиях, и не растворяется в кислых дождях. Шлам может быть размещен в следующих вариантах:

- в керамическом производстве – по примеру Литвы;
- в производстве железистоокисных пигментов – по примеру Беларуси;
- сдаваем для получения цветных металлов в специализированные предприятия – по примеру Германии;
- может храниться на территории завода, т. к. не выщелачивается в кислых дождях.

За последнее десятилетие предлагаемая технология очистки стоков выиграла более 10 тендеров в Беларуси. Пущены три очистных станции на Минском тракторном заводе, «Горизонте», Моторном заводе, которые работают и по сей день. В настоящее время наша группа выполняет пусконаладочные работы очистных станций еще на четырех заводах на территории Беларуси.

Внедренная на Минском моторном заводе в 2008 году установка по очистке промстоков обеспечивает не только выполнение норм ПДК, но и позволила осуществить образование шламов 4–5-го классов токсичности и возврат воды в оборотную систему водоснабжения предприятия.

Последнее внедрение на белорусском предприятии «Белцветмет» – станция очистки отходов аккумуляторов, содержащих концентрированную серную кислоту, загрязненную тяжелыми металлами. Станция автоматизирована с возможностью управления Интернетом на расстоянии.

Высокая эффективность применения технологии ФФГ на предприятиях Республики Беларусь позволяет разработать и реализовать ряд совместных проектов с рядом водоканалов по очистке стоков отдельных предприятий от тяжелых металлов, что позволит использовать остаточный ил в качестве компоста для озеленения парковых зон и производства лесопосадок.



Вавилов А.В.,
д. т. н., профессор,
генеральный директор
«БНОСТМ»,
иностраный член РААСН
Переславцев Э.Б.,
к. т. н., ст. научный
сотрудник,
директор предприятия
«Промбрикет»

О СОЗДАНИИ УНИВЕРСАЛЬНОЙ МОБИЛЬНО-СТАЦИОНАРНОЙ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОБЛАГОРОЖЕННОГО ТОПЛИВА ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ БИОЭНЕРГОИСТОЧНИКОВ

В процессе хозяйственной деятельности больше всего в республике образуется невостробованной древесно-кустарниковой растительности (ДКР). Это прежде всего отходы лесозаготовок, санитарных рубок и рубок ухода в виде ветвей, сучков, вершинок, маломерных деревьев. Сюда необходимо отнести ДКР, удаляемую в процессе строительства и добычи открытым способом полезных ископаемых на залесенных участках, при расчистке полосы отвода, строя и эксплуатируя дороги, а также выполняя уход и санитарные рубки в городских парках и скверах. Ежегодно таких возобновляемых биоэнергосточников образуется несколько миллионов м³.

Из-за отсутствия эффективной технологии превращения этой биомассы в полезные продукты в республике она собирается в кучи, сжигается с использованием нефтепродуктов, а несгоревшая масса закапывается в заранее открытые траншеи и котлованы, нанося непоправимый вред природе и нарушая экологическое равновесие.

Технология производства щепы из ДКР оказалась невостробованной, так как получаемую щепу с большим процентом коры, листы, хвои и большим диапазоном неизбежно получаемых размеров отказываются брать котельные ЖКХ, мини-ТЭЦ, другие энергоустановки из-за нарушения технологического процесса подачи и сжигания топлива. Отказываются от такой щепы и производители строительных материалов и конструкций.

Аналогичная ситуация по рассматриваемому вопросу складывается и в других странах

СНГ и дальнего зарубежья, кроме тех стран, в которых отработаны технологии сжигания щепы из ДКР и производства из нее строительных материалов.

Целью нашей работы явилась разработка и реализация на производстве технологического процесса производства топливных брикетов из невостробованных возобновляемых биоэнергосточников в виде кустарника, веток, соломы и т. д. Для этого предложено создать универсальную мобильно-стационарную линию по производству топливных брикетов или пеллет. Мобильность линии придается из-за необходимости передислокации ее на новое место в связи с выработкой сырьевой топливной базы.

Предлагается щепу, получаемую из ДКР, доизмельчать до мелкой фракции 2–3 мм, высушивать и полученную массу подавать на пресса или грануляторы для производства топливных брикетов или пеллет, то есть облагороженного топлива, сегодня востребованного как на внешнем, так и на внутреннем рынках. Востребованность брикетов на внутреннем рынке объясняется нехваткой дров в ряде районов республики, особенно там, где стали функционировать мини-ТЭЦ, сжигающие щепу, получаемую из дров. Кроме этого, брикеты из ДКР более калорийны, чем дрова.

Производить брикеты на широко применяемых линиях для производства пеллет, включающих барабанные сушилки, небезопасно, т. к. отмечаются частые случаи их возгорания из-за высоких температур для сушки, что также экологически небезопасно.

Предлагается отработать предлагаемую экологически эффективную технологию производства топливных брикетов из ДКР на линии по производству брикетов, выпускаемую предприятием «Промбрикет» (г. Минск), дооснадив ее измельчителем щепы в частицы мелкой фракции, позволяющей получать брикеты без связующего. Таким образом на существующей базе будет создана новая универсальная мобильно-стационарная линия.

Ниже приводим описание процессов на линии брикетирования ООО «Промбрикет».

1. Растительные отходы выгружаются на площадку внутри ангара и вручную подаются на вход рубильной машины.

2. Щепка из рубильной машины пневмотранспортом поступает в измельчитель дековый.

3. Измельченный материал подается конвейером КВН-6.0, который подает сырье в агрегат сушильный С4.

4. Материал продвигается трижды по длине сушильного агрегата в сторону разгрузочного окна. Воздух, нагреваемый в установке воздухонагревательной до температуры 180–200 °С, движется через сушильный агрегат в том же направлении. Установка воздухонагревательная предназначена для подогрева воздуха теплом от сжигания отходов, с последующим использованием нагретого воздуха в процессе сушки, не допуская загрязнения воздуха продуктами горения. Агрегат сушильный предназначен для удаления влаги из материала в проточном потоке горячего воздуха. Трехходовое движение материала осуществляется за счет вращения лопастей вокруг горизонтальной оси. Передвигаясь в потоке теплоносителя (воздуха) и перемешиваясь с ним, материал постепенно высыхает. Температура на выходе из агрегата сушильного, чтобы не допустить конденсации, должна быть не ниже 100 °С.

5. Выходя из сушильного агрегата, сухое сырье шнековым конвейером КВН-4.2 подается в бункер-накопитель.

6. В бункере материал постоянно перемешивается лопастями и через отверстие в дне попадает на шнек подачи в пресс. Регулирование подачи на шнек прессы производится изменением оборотов шнека подачи. Для этого питание двигателя шнека подачи идет через частотный преобразователь, который позволяет менять частоту вращения шнека от 2 до 40 оборотов в секунду. В процессе прессования происходит уплотнение материала рабочим шнеком и продавливание через экструдер при одновременном обжиге для получения уплотняющей поверхности. Во время работы из экструдера непрерывно выходит и движется по лотку приема брикетный рукав. Одновременно из лотка приема брикета идет отсос дыма и паров. По тракту этого воздуха установлен фильтр-отстойник для улавливания паров смол, выделяемых при нагреве сырья. Для нагрева головы экструдера установлены четыре электрических нагревателя по два на основной нагрев и на дополнительный. Включая-выключая нагреватели парами, можно поддерживать температуру 200–280 °С в зависимости от фракционности и сорта материала.

7. После выхода из экструдера брикетный рукав, двигаясь по приемному швеллеру, охлаждается, что приводит к отвердеванию смол и повышению прочности.

Складирование готовой продукции предусматривается на поддоны на территории производственного участка, с условием отгрузки один раз в 10 календарных дней. Площадь, необходимая для хранения брикетов, составляет 130 м² при изготовлении за семь рабочих дней в среднем 37,5 т топливных брикетов. Для складирования и погрузочных работ предусмотрен вилочный погрузчик.



Витавтас Урбановичюс,
ООО «Агротехсервис»,
Щербаков А.С.,
директор
ООО «Экосфера-М»

О НЕОБХОДИМОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИХ ПРОИЗВОДСТВА

Твердое биотопливо – прессованное изделие из измельченных и высушенных до определенной влажности (6–12 %) органических отходов.

Твердое биотопливо производится без связующих добавок под давлением, может изготавливаться в виде брикетов и гранул.

Известны технологии и оборудование для производства брикетов различных форм и размеров:

Однако производство топливных брикетов имеет ряд недостатков:

- формирующее оборудование малопроизводительно;
- загрузка в отопительные агрегаты плохо поддается автоматизации из-за невысокой насыпной плотности;
- повышенные транспортные расходы, в связи с чем топливные брикеты имеют меньший спрос при необходимости транспортировки на значительные расстояния и прежде всего при реализации на экспорт.

Гранулированное биотопливо, в том числе пеллеты, используются как для производства тепла большими районными котельными, так и для отопления отдельных домов.

Пеллеты обладают целым рядом преимуществ по сравнению с другими видами топлива (таблица 1).

Теплотворная способность биотоплива сравнима с углем. При сжигании 1 тонны растительного биотоплива выделяется столько же энергии, сколько при сжигании 1,6 тонн древесины, 480 м³ газа, 500 литров дизельного топлива или 700 литров мазута.

Растительное биотопливо намного экологичнее традиционного топлива:

- в 10–50 раз ниже эмиссия углекислого газа в воздушное пространство;
- в 15–20 раз меньше образование золы, чем при сжигании угля.

Таблица 1

Сравнительная таблица видов топлива

Вид топлива	Теплота сгорания, МДж/кг	% серы	% золы
Каменный уголь	15–25	1–3	10–35
Двигательное топливо	42,5	0,2	1
Мазут	42	1,2	1,5
Природный газ	38 (МДж/м ³)	0	0
Щепа древесная	10	0,1	1,5
Гранулы торфяные	15	0,2	До 6
Гранулы древесные	17,5	0,1	До 3
Гранулы из соломы	14,5	0,2	До 4

Покупатели поставлены перед выбором приобретения той или иной технологической линии исключительно с позиции экономической эффективности ее эксплуатации.

С целью подбора эффективного быстро окупаемого оборудования ООО «Экосфера-М» и Гомельский завод ООО «Агротехсервис» предлагают технологические линии для производства твердого биотоплива и прежде всего гранул пеллет.

Пеллеты и гранулы по сравнению с брикетами имеют ряд преимуществ:

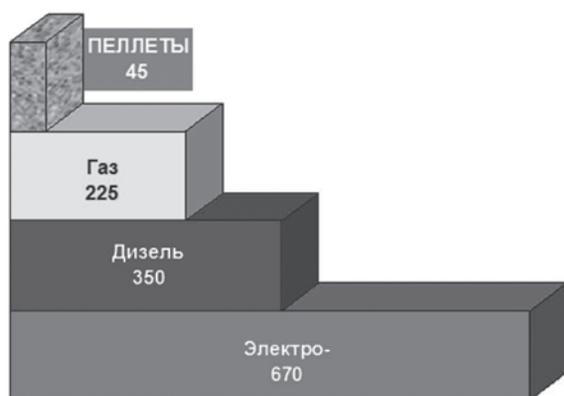
- энергоконцентрация;
- транспортабельность;
- удобство хранения;
- автоматизация процесса сжигания.

Кроме того, формирующее оборудование более производительнее, чем оборудование для производства брикетов.

- гранулированного топлива из древесных отходов (опилки);
- гранулированного топлива из растительных отходов (солома);
- гранулированного топлива из отходов производства зерна;
- гранулированного топлива из отходов льнопроизводства (льнокостры);
- гранулированного топлива из торфа;
- гранулированного топлива из разных отходов (опилки, зерноотходы, солома);
- гранулированного топлива из отходов гидролизного производства (лигнин).

Производительность технологических линий составляет не менее 1 т/час топливных гранул (уточняется по заданию заказчика).

На оборудование имеется конструкторская документация, оборудование прошло стадию изготовления и испытано в работе.



Сравнительный график выброса CO₂ в атмосферу различных отопительных систем

В качестве сырья, кроме указанного в предлагаемых технологических линиях, может быть использованы другие горючие отходы: некондиционное дерево, санитарные вырубki леса, щепа, отходы мебельного производства (фанерные, ДСП, МДФ), лузга подсолнечная, рисовая, стебли подсолнечника или кукурузы, виноградная лоза и др.

Среди многообразия предлагаемого на рынке оборудования мы поможем вашему предприятию подобрать с соответствии с вашими требованиями и условиями наиболее приемлемое и эффективное оборудование, изготовить, смонтировать его и запустить в эксплуатацию в краткие сроки.

Примечания

1. По желанию Заказчика имеется возможность поставки технологических линий, оснащенных оборудованием импортного производства (как в целом, так и единичных машин), что увеличивает стоимость комплектов, либо оборудованием вторичного рынка или имеющимся у Заказчика, что уменьшает стоимость комплекта.

2. По желанию Заказчика имеется возможность поставки оборудования для производства топливных брикетов.

3. Оказываются дополнительные услуги (при необходимости):

- разработка технико-экономических обоснований, бизнес-планов, технико-экономических расчетов и т. п.
- разработка технологической документации (компановка, технологическая планировка с размещением каждой единицы оборудования в существующих зданиях и сооружениях, либо под навесом);
- разработка основной строительной части (фундаменты, металлические и железобетонные конструкции под оборудование);
- разработка электроснабжения и электрооборудования (электроразводка) технологической линии.

4. При необходимости имеется возможность выполнить полный строительный проект, как силами собственной проектной организации, так и совместно с региональной проектной организацией по месту нахождения объекта.

Адреса предприятий:

Урбановичюс Витавтас, ООО «Агротехсервис», 246003, г. Гомель, ул. Тельмана, 44
Щербаков А.С., ООО «Экосфера-М», 212030, г. Могилев, ул. Ленинская, 63-301



Вавилов А.В.,
д. т. н., профессор,
генеральный директор
«БОНОСТМ»,
иностранный член РААСН

О ПОДГОТОВКЕ В БЕЛАРУСИ КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ ПО МЕХАНИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ОБОРУДОВАНИЮ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

В Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) – ведущем ВУЗе Беларуси, проводится подготовительная работа по открытию новой специальности «Механико-технологическое оборудование возобновляемой энергетики». Будущие инженеры этой специальности (первый выпуск предполагается в 2019 году) смогут, например, проектировать и подбирать в эксплуатацию эффективные комплексы машин и оборудования для заготовки биотопливного сырья, переработки его в топливо, в том числе облагороженное (пеллеты и брикеты), для надежного хранения топлива, транспортировки и его подачи в энергетические установки различных мощностей. Аналогичную работу смогут выполнять будущие инженеры и в области использования энергии солнца, ветра, воды и т. д.

Сегодня отсутствие таких специалистов в республике привело к массовым закупкам импортного механико-технологического оборудования для возобновляемой энергетики, недостатку информации и знаний по его рациональной эксплуатации, а соответственно к большим неоправданным финансовым затратам.

Будущие выпускники этой специальности призваны создавать конкурентоспособные машины, увязанные на решение прежде всего энергетических проблем в строительном комплексе Беларуси, в частности, в жилищно-коммунальном хозяйстве. Ежегодно в Белару-

си накапливается более 2 млн т твердых бытовых отходов (ТБО) в виде бумаги, текстиля, дерева и др., которые вывозятся сотнями тысяч тонн на городские свалки, занимающие в республике около 1000 га, и практически не утилизируются, серьезно при этом ухудшая экологическую обстановку. Все эти отходы после соответствующей переработки могут стать хорошим местным топливом и способствовать успешному решению задач, поставленных руководством страны по получению энергии, используя не менее 25% местных видов топлива начиная с 2012 года. Поскольку в системе жилищно-коммунального хозяйства с каждым годом все больше сосредотачивается котельных, работающих на биомассе, вопросы создания эффективных топливообеспечивающих комплексов для отрасли выходят на первый план. Пока частью этих комплексов являются только имеющиеся машины для сбора и вывоза бытовых отходов.

Все вышеизложенное требует незамедлительно начать подготовку в республике инженеров, способных создавать эффективные топливообеспечивающие комплексы, а также рационально их эксплуатировать.

Как показывает анализ специальностей «Общегосударственного классификатора Республики Беларусь и учебных планов», ближе всех к подготовке инженеров по вышеуказанной специальности и топливообеспечивающим комплексам находится специальность

1-36-11-01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование».

В дальнейшем в связи с появлением в республике предприятий по переработке и использованию в энергетических целях твердых и жидких бытовых отходов, ила водостоков, а также древесных отходов данная специальность получит развитие.

Специалист по новой специальности должен компетентно решать следующие профессиональные задачи:

- разрабатывать, проектировать и осваивать перспективное механико-технологическое оборудование возобновляемой энергетики;
- организовывать монтаж, наладку, испытание, ремонт и техническое обслуживание оборудования по своей специальности;
- управлять технологическими процессами, подразделениями по проектированию, ремонту и эксплуатации оборудования возобновляемой энергетики;

- обучать и повышать квалификацию персонала;
- давать оценку результатам, в том числе проводить технико-экономический анализ технологических процессов и производственной деятельности.

Выпускники смогут работать на должностях инженеров-механиков в унитарных предприятиях коммунального хозяйства районов и городов республики, руководить предприятиями по переработке отходов коммунального хозяйства и производству из них топлива.

Существенным отличием от требований к специалистам по сходным специализациям является требование к специалистам новой специализации углубленных знаний в области материаловедения топливных отходов коммунального хозяйства, технологий производства топлива из них, конструкций топливообеспечивающих комплексов и энергетических установок для получения тепловой и электрической энергии из этих отходов.



Кястутис Буйнявичюс,
д. т. н., зав. отделом
науки и исследований
ЗАО Enerstena
Томас Римкус,
глава департамента
маркетинга ЗАО Enerstena
г. Вильнюс, Литва

ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОКАЛОРИЙНОГО БИОТОПЛИВА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ЛИТВЫ. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ЭКОНОМАЙЗЕРОВ

Общая ситуация

Согласно национальному плану развития обновляемых источников энергии Литвы доля обновляемых источников энергии в первичной (добываемой) энергии до 2020 года должна составить не менее 23 %. Так как этот показатель должен быть достигнут в среднем во всех потребляющих энергию областях, даже тех, где это затруднено (например, в транспорте), в государственном плане развития энергетики предусмотрено увеличить долю биотоплива в системах централизованного теплоснабжения до 60 %. Централизованное теплоснабжение покрывает нужды около 75 % населения. Для производства около 10 ТДж энергии в год необходимо потребить около 1,2 млн тон условного топлива, в том числе не менее 60 % должно составить биотопливо. К его видам относятся отходы деревопереработки, лесной промышленности, сельского хозяйства.

Ресурсы биомассы Литвы составляют:

- отходы вырубki леса: 1 085 000 м³ – 185 000 т_{у.т.};
- отходы деревопереработки: 1 627 000 м³ – 283 000 т_{у.т.};
- дрова: 3 218 000 м³ – 565 000 т_{у.т.};
- пни: 1 691 900 м³ – 260 000 т_{у.т.};
- солома: 2,4 млн т в год – 840 000 т_{у.т.}

Общий объем имеющихся в Литве ресурсов биомассы составляет более 2 млн т у.т., но, к сожалению, только часть ресурсов может быть употреблена в качестве топлива, так как дре-

весина лучшего качества идет на производство деревопродуктов, например, ДСП, ДВП, МДФ, потребляющим щепу и опилки в качестве сырья.

Для того чтобы сектор отходов биомассы не создавал конкуренцию производителям и был рентабельным, предлагается использовать около 200 тыс. га земли под выращивание энергетических культур, что позволит к 2020 году создать новый сектор экономики, который сможет обеспечить около 70–80 % производства сырья для биотопливных котельных. Реализация этого плана должна обеспечить ввод около 1000 МВт мощностей теплопроизводства, на что потребуются большие инвестиции.

В 1993–1995 годах в Литве появились первые современные промышленные топki и котлы для использования древесных отходов. Первое оборудование поступало из Скандинавских стран – Швеции, Дании, в качестве пилотных проектов. Также велась подготовка литовских специалистов по проектированию и конструированию топок для сжигания древесного топлива.

Первые проекты отличались тем, что топki для сжигания древесных отходов подстраивались к существующим котлам типа ДКВР, ДЕ или КВМГ. Появились разные варианты компоновки топок и котлов.

В Литве уже накоплен достаточно большой собственный практический опыт по сжиганию древесных отходов. По данным Литовской ас-

социации теплоснабжения, осенью 2012 года предприятия централизованного теплоснабжения начали отопительный сезон, вооруженные деревосжигающими котлами общей мощностью около 500 МВт (без учета мощности котлов промышленных предприятий), а общая мощность конденсационных экономайзеров достигла около 80 МВт. Это означает, что около 27 % централизованного тепла в стране производится на основе древесных отходов. Все больше становится небольших городов, в которых почти 100 % тепла производится за счет сжигания древесного топлива. В этих городах цена на тепло снизилась примерно на 30 % по сравнению с другими городами, где котельные работают на природном газе.

С целью активации внедрения биотоплива в Литве введен порядок принудительной закупки «зеленого» тепла у независимых поставщиков по цене, равной себестоимости тепла, производимого собственными котельными предприятий тепловых сетей. В тех городах, где сжигается дорогое газовое топливо, это дало значительный толчок для возведения новых биотопливных котельных как частными предпринимателями – из-за гарантированной прибыли, так и городскими предприятиями теплоснабжения – чтобы выдержать конкуренцию с частными котельными.

В связи с повышением использования древесных отходов как топлива изменилось и качество этого топлива. Если изначально в избытке были отходы древесины хорошего качества с мебельного, столярного или других производств, использующих высушенное и очищенное дерево, то с годами качество топлива все ухудшалось: все большая доля его приходится на отходы лесовырубки, измельченные сырые ветки, кору и другие древесные отходы, в которых количество минеральных примесей иногда достигает 3–5 % (в «чистой» древесине – только 0,3–0,6 %), а влажность доходит до 55 %. В исключительных случаях, когда отходы лесопереработки в зимнее время поступают вместе со снегом и льдом, влажность топлива достигает 60 % и даже более.

Технические решения по конструкции топки и котла

Освоение такого сложного топлива было настоящим вызовом для производителей топок и котлов, в том числе и для ЗАО Enerstena. Проблемы вызывала потеря мощности топок при сжигании топлива большой влажности, экстремальное забивание пылью и пеплом проходов дымовых газов котлов, засорение и забивание системы удаления пепла из топок. Как правило, западные производители топок и кот-

лов претензий не принимали, сводя проблемы к плохому качеству топлива. Другой сложной проблемой при компоновке топок к водотрубным котлам типа ДКВР, ДЕ и др. оказалось забивание конвективной части котлов золой и сложность очистки таких труднодоступных мест. Необходимо было останавливать оборудование, охлаждать и производить очистку вручную. Одновременно растут потери тепла не только из-за засорения поверхностей нагрева котлов, но также из-за остановки и охлаждения котельного оборудования для очистки и последующего пуска и нагрева.

Вместо того чтобы использовать широко распространенные котлы, комбинируя их с различными существующими топками, специалисты ЗАО Enerstena решили пойти по другому пути — создать собственную конструкцию топок и дымоотрубных котлов, ставя в первую очередь задачи автоматизации работы котельной, возможности эффективного сжигания низкокачественных сортов древесного топлива, а также решения проблемы очистки поверхностей нагрева котла без его остановки. Был проанализирован соответствующий опыт эксплуатации котлов, накопленный в Литве и Скандинавских странах. С его учетом начали создаваться специальные конструкции топок и котлов, способных работать в более сложных условиях активного использования низкокачественного топлива.

На участке автоматизированной подачи топлива стали устанавливаться сетки, предотвращающие попадание крупных кусков дерева или чужеродного материала, а также рыхлители глыб (рис. 1), кусков замерзшего топлива. Это значительно повысило надежность работы системы топливоподачи. Устройства подачи топлива в топку также усовершенствовались. От шнековых питателей перешли на гидравлические питатели (на котлах мощностью



Рис. 1. Часть автоматического склада топлива. Виден горизонтальный рыхлитель топлива



2–4 МВт и более), которые менее чувствительны к «негабаритным» размерам отдельных кусков топлива. Толкатели топлива были расширены почти до ширины топки, что позволило равномерно распределить топливо по ширине топки и способствовало его равномерному сгоранию.

Следующим вопросом были колосниковые решетки. Опыт показал, что на них действуют значительные термические, а в некоторых зонах и механические нагрузки. Колосники также подвержены окислительному воздействию при высоких температурах. По изложенным причинам содержание хрома в металле жаропрочного чугуна должно быть достаточно высоким, не менее 23 %.

Сложные задачи были поставлены перед разработчиками топок: в топке должно быть обеспечено качественное сжигание топлива в пределах влажности от 35 до 55 % с сохранением полной мощности, не превышая при этом температуры слипания золы; система золоудаления должна иметь достаточную производительность даже при содержании негорючего материала в топливе до 5–7 %; должно обеспечиваться полное сгорание топлива, а выброс окиси углерода в дымовых газах должен быть значительно ниже допустимых норм.

Как известно, горение древесных отходов проходит в четыре стадии:

- а) высушивание топлива – выпаривание влаги;
- б) нагрев и выделение газовых продуктов;
- в) выгорание газовых продуктов;
- г) выгорание коксового остатка.

Для каждой стадии необходимо различное количество воздуха. Для управления процессом горения топки фирмы Enerstena были снабжены регулируемой подачей первичного воздуха, которая отдельно управляется по зонам горения топлива (рис. 2). Скорость сушки и скорость горения, а также температура в слое горящего топлива управляются рециркуляцией дымовых газов под колосниковой решеткой. Температура пламени также регулируется отдельной подачей рециркулируемых газов в зону горения газовых продуктов. Таким образом, внедрены эффективные инструменты для управления процессом горения топлива, которые затормаживают горение при сухом топливе, чтобы предотвратить шлакование минеральных примесей топлива (рис. 3). В случае использования влажного топлива осуществляется его интенсивная сушка возвратным потоком продуктов горения.

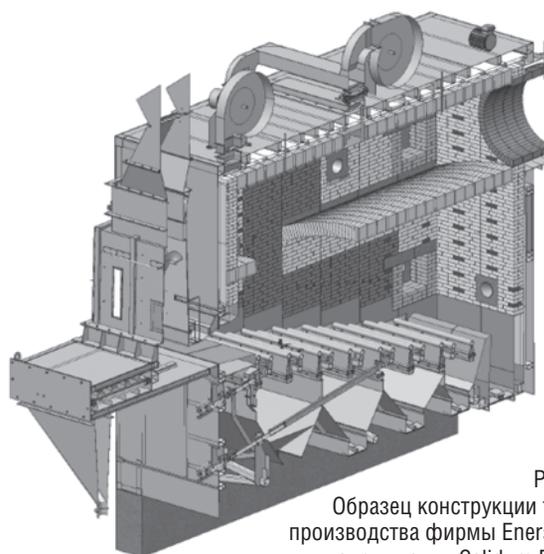


Рис. 2. Образец конструкции топки производства фирмы Enerstena, модель топки Calidum Ember

Стены топки выполняются из огнеупорного кирпича, имеющего рабочую температуру до 1200 °С. Толщина обмуровки для более мощных топок составляет 230 мм, что обеспечивает стабильный температурный режим даже при резком повышении влажности топлива. В топку введено третичное воздушное дутье, которое способствует дожиганию газовых веществ и обеспечивает минимальную концентрацию окиси углерода (СО). В результате внедренных конструктивных решений концентрация СО в дымовых газах не превышает 10 мг/м³ (норма выбросов Республики Беларусь — 1000 мг/м³). Управление температурой в топке в пределах 950–1050 °С позволили добиться концентрации оксидов азота (NOx)



Рис. 3. Образец газификационного горения в топке Calidum Ember. На правой стороне видны факелы вторичного горения газифицированного топлива в местах, где вдувается вторичный воздух. Газификационное горение позволяет распределить горение в большем объеме топки и этим предотвратить появление высоких температур пламени

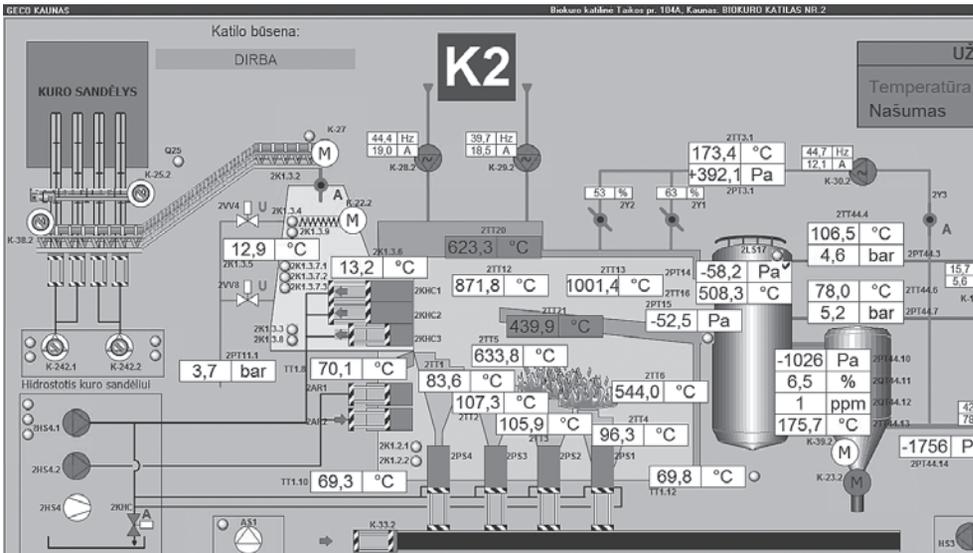


Рис. 4. Вид на дисплее текущих параметров оборудования котельной. В центре – параметры топки. Вся картина доступна начальнику котельной в его домашнем компьютере в любое время суток

до 200–300 мг/м³ (норма выбросов Республики Беларусь — 500 мг/м³). Для контроля за температурой в топке установлены термометры, по которым автоматика отслеживает температуру в топке и меняет количество рециркулируемых газов. Как стандартное оснащение для топок мощностью более 6 МВт устанавливается система постоянного измерения O₂ и CO за котлом. Концентрация кислорода поддерживается автоматическим регулированием вторичного воздуха. Оператор котла постоянно видит на мониторе дисплея все важнейшие параметры работы котельной установки (рис. 4). Это дает возможность корректировать распределение воздуха, рециркуляцию дымовых газов и другие параметры, которые могут быть изменены при изменении характеристик топлива.

Топки проектируются повышенного объема и низкой теплонапряженности колосниковой решетки, чтобы горение происходило не слишком интенсивно и чтобы повышенный объем топки позволял создать режим газификационного горения. В топке также созданы зоны пониженной скорости газового потока, что способствует осаждению основного количества золы еще в топке, предотвращая вынос ее в котел.

С топками используются газотрубные котлы производства ООО Enerstena. Учитывая опыт сложности эксплуатации водотрубных котлов, специалисты фирмы освоили собственное производство газотрубных водогрейных котлов. Для тепловых и прочностных расчетов фирма приобрела специализированные компьютерные программы. Конструирование котлов производится в соответствии с европейским стандартом EN 12953 Shell boilers.

Конструирование котлов силами собственных специалистов открыло широкие возможности компоновки котла с производимыми топочными устройствами. По желанию клиента топки комплектуются и котлами других производителей, с которыми фирма Enerstena взаимодействует уже не в одном проекте.

Водогрейные котлы фирмы Enerstena имеют свои особенности – это отдельно стоящие (при мощности более 2 МВт) вертикальные газотрубные котлы. Вертикальное расположение труб обеспечивает меньшее загрязнение поверхностей нагрева золой и более легкую их очистку (рис. 5). Котлы оснащены устройством пневмоимпульсной автоматической очистки труб, которая выдает импульсы высокоскоростного потока, таким образом осуществляя постоянную очистку поверхности теплообмена от загрязнений. Данная система позволяет при умеренном качестве топлива проработать

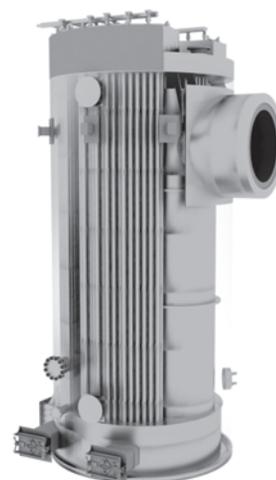


Рис. 5. Вертикальный газотрубный котел мощностью 8 МВт фирмы Enerstena. Часть обшивки снята для демонстрации внутренней конструкции котла



целые месяцы, а то и целый отопительный сезон, без остановки котла или топки для очистки от загрязнений.

Котлы меньшей мощностью также производятся и горизонтальной компоновки, что позволяет их устанавливать сверху топки и достигнуть большей компактности оборудования.

Конденсационные экономайзеры – средство повышения эффективности

Ухудшение качества топлива в подавляющем большинстве проявляется повышением влагосодержания топлива до 50–55 %. При сжигании такого топлива резко увеличиваются потери тепла с дымовыми газами: на испарение влаги в топке расходуется огромное количество теплоты горения, и это тепло выбрасывается через дымовую трубу. С целью увеличить общую мощность и эффективнее использовать биотопливо устанавливается конденсационный экономайзер, который утилизирует содержащиеся в дымовых газах водяные пары, охлаждая их ниже температуры точки росы (50–60 °С). При конденсации водяных паров выделяется конденсационное тепло. Таким образом, в экономайзере образуется большое количество тепла – до 20–30 % от производительности котла. Производительность конденсационного экономайзера зависит не только от содержания влаги в топливе, но и от температуры обратной воды, поступающей в экономайзер, а также от избытка воздуха в дымовых газах, существенно влияющим на температуру конденсации.



Рис. 6. Конденсационный экономайзер, подсоединен к вертикальному котлу

Конструкцию экономайзера составляют вертикальные водоорошаемые трубки, по которым также поступают и дымовые газы – экономайзеры контактного типа. Для предотвращения коррозии все контактирующие с дымом части конденсационного экономайзера изготавливаются из стали AISI 316L. Теплофикационная вода подается в межтрубное пространство. Таким образом исключается промежуточный теплообменник и улучшается эффективность экономайзера. В систему экономайзера также включено целое хозяйство по очистке конденсата – от фильтров механической очистки до системы химической нейтрализации. Часть конденсата возвращается на впрыскивающие устройства, а часть удаляется в канализационную сеть, так как соответствует всем требованиям. Другая отличительная черта конденсационных экономайзеров нашей конструкции – малое гидравлическое сопротивление (для дыма и для воды), что обуславливает малый расход электроэнергии.

Компания Enerstena производит широкую гамму конденсационных экономайзеров, в основном предназначенных для котлов, сжигающих древесное топливо большой влажности, а также для газовых котлов. Конструкция последних другая, водотрубная. О практической роли конденсационного экономайзера говорят такие цифры: при мощности котельной 16 МВт и экономайзера 4 МВт, при работе котельной на протяжении 8000 час/год на влажном топливе котлы производят около 120 000 МВт·ч тепла, экономайзер – около 30 000 МВт·ч.

Общей мощности конденсационных экономайзеров, построенных и установленных фирмой Enerstena до настоящего времени, хватило бы на отопление города с населением около 50 тысяч человек без расходования топлива, только за счет конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах.

Помимо того что экономайзер при том же количестве сжигаемого биотоплива производит дополнительно 20–30 % тепла, с его помощью эффективно решается проблема выбросов твердых частиц (ТЧ) и других веществ. Если обычные котельные производят выбросы ТЧ в объеме 300–350 мг/м³, то с конденсационным экономайзером этот показатель составляет не более 50 мг/м³.

Современные разработки топок, котлов и конденсационных экономайзеров позволяют не только без проблемно использовать низкосортное древесное топливо, но и производить тепло с большей эффективностью по сравнению с старыми газовыми или мазутными котлами.

Вавилов А.В.,
д. т. н., профессор
Бартошевич А.В.,
к. воен. н., доцент

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ВОЕННЫХ ОБЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Энергетическое хозяйство Республики Беларусь, современная структура которого создавалась еще в эпоху социализма и которое в течение последних 20 лет не получало достаточного финансирования на обновление основных фондов, стоит на пороге кризиса. Ученые полагают, что экономика столкнется с проблемой нехватки электроэнергии через 4–6 лет. Причин, которые к этому ведут, много. Одной из основных ученые называют выработку ресурса отечественных теплоэлектростанций. Электроэнергия становится дефицитным товаром, причем товаром, который постоянно дорожает. Недавнее повышение тарифов на электроэнергию – не последнее в этом году.

Новые законы, обеспечивающие законодательную базу новой структуре энергетики в стране, предусматривают частичную либерализацию энергетического рынка. Резкий скачок цен на электрическую и тепловую энергию, который за этим следует, экономисты обосновывают как закономерное следствие.

Таким образом, как для рядового потребителя, так и экономики в целом, приближающиеся изменения в энергетике будут означать дефицит и высокую стоимость энергии.

Общеизвестно, что в стоимость киловатт-часа энергии, электрической или тепловой, входит себестоимость производства и затраты на транспортировку до конечного потребителя. Современные энергосберегающие решения связаны прежде всего с разукрупнением энергетического хозяйства и созданием в малой энергетике достаточного количества мощностей, приближенных к потребителю. Это обеспечивает: снижение потерь на транспортировку тепловой и электрической энергии, достигающих 20 % первоначально выработанного электричества и

20–30 % тепловой энергии; переориентирование малой энергетики на использование газовых турбин и газопоршневых двигателей, так как они имеют в диапазоне свыше 30 МВт (газовая турбина) и до 30 МВт (газопоршневой двигатель) лучшие экономические показатели.

В равной степени этим достигается снижение стоимости производства энергии, уменьшение потерь при транспортировке энергии и экологическая безопасность. В ситуации возможного энергетического кризиса реальным выходом для предприятий, учреждений, коммунальных хозяйств, военных и государственных объектов, имеющих потребность в электроэнергии до 30 МВт, является использование малых электростанций на основе газопоршневых двигателей (мини-ТЭЦ). Такие установки окупают себя в течение 3–5 лет. Автономность мини-ТЭЦ, производящих электроэнергию и тепло на месте потребления, дает гарантию от перебоев или аварийных отключений, которые неизбежны из-за изношенности электрических и тепловых сетей. Срок службы самих двигателей – до 200 000 моточасов, или 25 лет при эксплуатации по 8000 часов в год, делает мини-ТЭЦ надежнейшим источником бесперебойного энергообеспечения.

Обычный (традиционный) способ получения электричества и тепла заключается в их раздельной генерации (электростанция и котельная). При этом значительная часть энергии первичного топлива не используется. Можно значительно уменьшить общее потребление топлива путем применения когенерации (совместного производства электроэнергии и тепла). Когенерация есть термодинамическое производство двух или более форм полезной энергии из единственного первичного источника энергии.



Две наиболее используемые формы энергии – механическая и тепловая. Механическая энергия обычно используется для вращения электрогенератора. Вот почему именно следующее определение часто используется в литературе (несмотря на свою ограниченность).

При эксплуатации традиционных (паровых) электростанций в связи с технологическими особенностями процесса генерации энергии большое количество выработанного тепла сбрасывается в атмосферу через конденсаторы пара, градирни и т. п. Большая часть этого тепла может быть утилизирована и использована для удовлетворения тепловых потребностей, это повышает эффективность с 30–50 % для электростанции до 80–90 % в системах когенерации. Исследования, разработки и проекты, реализованные в течение последних 25 лет, привели к существенному усовершенствованию технологии, которая теперь действительно является зрелой и надежной. Уровень распространения когенерации в мире позволяет утверждать, что это наиболее эффективная (из существующих) технология энергообеспечения для огромной части потенциальных потребителей.

Технология когенерации действительно одна из ведущих в мире, наиболее важными чертами которой следует признать высочайшую эффективность использования топлива, более чем удовлетворительные экологические параметры, а также автономность рассматриваемых систем. Это уникальная концепция, сочетающая преимущества распределенной энергетики и оптимизации энергопотребления. Выгоды от использования систем когенерации условно делятся на четыре группы, тесно связанные друг с другом: экономика; надежность; утилизация тепла; экология.

Когенерация – фактически идеальная форма обеспечения энергией с точки зрения безопасности энергоснабжения. Развитие современных технологий усиливает зависимость человеческой деятельности от энергоснабжения во всех областях: и в доме, и на работе, и на отдыхе. Непосредственная зависимость человеческой жизни от бесперебойного энергоснабжения растет на транспорте (начиная с лифтов, систем обеспечения безопасности на скоростных железнодорожных магистралях и заканчивая системами безопасности военных и государственных объектов транспорта) и в медицине, полагающейся сегодня на сложные и дорогие приборы. Повсеместное распространение компьютеров только повышает требования к энергоснабжению. Не только «количество», но и «качество» электроэнергии становятся критичными для телекоммуникационных или промышленных компаний, систем управления войсками

и оружием. Скачок или сбой напряжения могут повлечь сегодня не просто остановку или порчу машины, но и потерю информации, восстановление которой иногда несравнимо сложнее ремонта оборудования, потерю контроля в управлении системами безопасности и защиты, что может оказаться критичным.

Требования к энергоснабжению формулируются просто: надежность, постоянство. Становится ясно, что сегодня единственный путь иметь продукт высшего качества – произвести его самому. Военные во всем мире знают это давно, промышленники уже пришли к таким решениям, а семьи и предприятия малого бизнеса начали осознавать преимущества владения электрогенераторами и тепловыми котлами только сейчас. Кризис сложившейся монополизированной энергетической инфраструктуры и начавшаяся либерализация энергетических рынков одновременно и увеличивают степень неопределенности будущего, и привлекают открывающимися возможностями. И тот и другой фактор увеличивают спрос потребителей энергии на собственные генерирующие мощности.

В случае использования системы когенерации потребитель застрахован от перебоев в централизованном энергоснабжении, время от времени возникающих вследствие крайнего износа основных фондов в электроэнергетике, природных катаклизмов или других непредвиденных причин. У него, скорее всего, не возникнет организационных, финансовых или технических трудностей при росте мощностей предприятия, поскольку не понадобится прокладка новых линий электропередач, строительство новых трансформаторных подстанций, перекладка теплотрасс и т. д. Более того, вновь приобретенные когенераторы встраиваются в уже существующую систему.

Расположение энергоцентра в непосредственной близости от потребителя подразумевает то, что он находится в зоне безопасности конкретного предприятия (объекта) и энергоснабжение зависит только от потребителя. Когенерация повышает надежность энергоснабжения сооружений – это существенное преимущество в условиях меняющегося рынка энергии и высокотехнологичного общества. Высоконадежное электроснабжение критически важно для большинства компаний, работающих в информационной, производственной, исследовательской областях, сфере безопасности и т. д. Сооружения, подобные информационным центрам, пунктам управления войсками и оружием требуют «6 девяток», или 99,9999 % вероятности бесперебойной подачи электроэнергии. Распределительные электросети обеспечивают только «4 девятки»,

или 99,99 % вероятности, – это недостаточная вероятность для организации, которая тратит миллион долларов (особенно бюджетных средств) в минуту при сбоях электропитания. Автономная энергетика обеспечивает основное электроснабжение, а сети используются в качестве резерва.

Производство энергии – главный источник загрязнения. Когенерация, используя первичное топливо, в два-три раза эффективней традиционной энергетике, снижает выбросы загрязняющих веществ (оксида азота, двуокиси серы и летучих органических соединений) в два-три раза в зависимости от конкретного случая. В настоящее время электростанции ответственны за 2/3 суммарных национальных выбросов двуокиси серы (SO_2), 1/4 окиси азота (NO_2), 1/3 ртути (Hg) и 1/3 выбросов двуокиси углерода (CO_2), основного парникового газа. Эмиссии способствуют усугублению серьезных экологических проблем, включая глобальное изменение климата, кислотные дожди, смог, загрязнение водных артерий. Новые крупные электростанции наносят главный удар по экологии, а атомная энергетика еще и по безопасности региона. Станции когенерации малы и обычно расположены внутри существующих зданий и сооружений. Кроме того, уровень выбросов установок когенерации (КГУ) на порядок ниже уровня крупных электростанций. Системы когенерации могут быть особенно полезны в районах, где развитие ограничено вследствие экологических проблем, удаленности и автономности при выполнении задач подразделениями силовых структур в интересах безопасности государства.

Кроме того, свалки больших городов и очистные сооружения городской канализации при утилизации метана в малых и средних системах когенерации дадут не только дополнительную электроэнергию городу, но и примерно в 20 раз уменьшат загрязнение атмосферы по сравнению с его сжиганием.

Одним из альтернативных источников когенерации электрической и тепловой энергии являются солнечные тепловые коллекторы, выпускаемые в промышленных масштабах и совершенствующиеся с развитием технологий материалов и аккумуляторов энергии.

Традиционные простые плоские солнечные коллекторы были спроектированы для применения в регионах с теплым солнечным климатом. Они резко теряют в эффективности в неблагоприятные дни – в холодную, облачную и ветреную погоду. Более того, вызванные погодными условиями конденсация и влажность приводят к преждевременному износу внутренних материалов, а это, в свою очередь, к ухудшению эксплуатационных качеств системы и ее

поломкам. Эти недостатки устраняются путем использования вакуумированных коллекторов.

Вакуумированные коллекторы нагревают воду для бытового и специального применения там, где нужна вода более высокой температуры. Солнечная радиация проходит сквозь наружную стеклянную трубку, попадает на трубку-поглотитель и превращается в тепло. Оно передается жидкости, протекающей по трубке. Коллектор состоит из нескольких рядов параллельных стеклянных трубок, к каждой из которых прикреплен трубчатый поглотитель (вместо пластины-поглотителя в плоских коллекторах) с селективным покрытием. Нагретая жидкость циркулирует через теплообменник и отдает тепло воде, содержащейся в баке-накопителе.

Вакуум в стеклянной трубке – лучшая из возможных теплоизоляций для коллектора, снижает потери тепла и защищает поглотитель и теплоотводящую трубку от неблагоприятных внешних воздействий. Результат – отличные рабочие характеристики, превосходящие любой другой вид солнечного коллектора.

Фокусирующие коллекторы (концентраторы) используют зеркальные поверхности для концентрации солнечной энергии на поглотителе, который также называется «теплоприемник». Достигаемая ими температура значительно выше, чем на плоских коллекторах, однако они могут концентрировать только прямое солнечное излучение, что приводит к плохим показателям в туманную или облачную погоду. Такие коллекторы-концентраторы наиболее пригодны для регионов с высокой инсоляцией – близко к экватору и в пустынных районах.

Существуют и другие недорогие технологически несложные солнечные коллекторы узкого назначения: солнечные печи (для приготовления еды) и солнечные дистилляторы, которые позволяют получить дистиллированную воду практически из любого источника и без особых затрат. Они дешевы и просты в изготовлении, состоят из просторной хорошо теплоизолированной коробки, выстеленной отражающим свет материалом (например, фольгой), накрытой стеклом и оборудованной внешним отражателем. Кастрюля черного цвета служит поглотителем, нагреваясь быстрее, чем обычная посуда из алюминия или нержавеющей стали. Солнечные печи можно использовать для обеззараживания воды, если доводить ее до кипения.

Солнечные дистилляторы обеспечивают дешевую дистиллированную воду, причем источником может служить даже соленая или сильно загрязненная вода. В их основе лежит принцип испарения воды из открытого контейнера. Солнечный дистиллятор использует энергию Солнца для ускорения этого процесса. Состоит он из



теплоизолированного контейнера темного цвета с остеклением, которое наклонено с таким расчетом, чтобы конденсирующаяся пресная вода стекала в специальную емкость. Небольшой солнечный дистиллятор размером с кухонную плиту в солнечный день может вырабатывать до десяти литров дистиллированной воды.

Горячее водоснабжение – наиболее распространенный вид прямого применения солнечной энергии. Типичная установка состоит из одного или более коллекторов, в которых жидкость нагревается на солнце, а также бака для хранения горячей воды, нагретой посредством жидкоститеплоносителя. Даже в регионах с относительно небольшим количеством солнечной радиации, например, в Северной Европе, солнечная система может обеспечить 50–70 % потребности в горячей воде. Больше получить на сегодняшний день невозможно, разве что с помощью сезонного регулирования. В Южной Европе солнечный коллектор может обеспечить 70–90 % потребляемой горячей воды. Нагрев воды с помощью энергии Солнца – очень практичный и экономный способ. В то время как фотоэлектрические системы достигают эффективности 10–15 %, тепловые солнечные системы показывают КПД 50–90 %. В сочетании с деревосжигающими печами бытовую потребность в горячей воде можно удовлетворять практически круглый год без применения ископаемых видов топлива.

Крупные солнечные установки центрального отопления используются в Дании, Швеции, Швейцарии, Франции и Германии. Солнечные модули устанавливаются прямо на земле. Без хранилища такая солнечная отопительная установка может покрыть около 5 % годовой потребности в тепле, так как установка не должна вырабатывать больше, чем минимальное количество потребляемого тепла, включая потери в районной системе отопления (до 20 % при передаче). Если есть хранение дневного тепла в ночное время, то солнечная отопительная установка может покрывать 10–12 % потребности в тепле, включая потери при передаче, а с сезонным хранением тепла – до 100 %. Существует также возможность комбинирования районного отопления с индивидуальными солнечными коллекторами. Районную систему отопления можно отключить на летний период, когда горячее водоснабжение обеспечивается Солнцем и нет потребности в отоплении.

Интересную комбинацию представляют собой солнечное отопление и котлы, работающие на твердой биомассе. Так же комплексно решается и проблема сезонного хранения солнечной энергии. Использование биомассы летом не является оптимальным решением, так как КПД котлов при частичной загрузке невелик, к то-

му же относительно высоки потери в трубах, а в небольших системах сжигание древесины летом может причинять неудобство. В таких случаях все 100 % тепловой нагрузки летом может обеспечиваться за счет солнечного отопления. Зимой, когда количество солнечной энергии незначительно, практически все тепло вырабатывается за счет сжигания биомассы.

В Центральной Европе накоплен большой опыт комбинирования солнечного отопления и сжигания биомассы для производства тепла. Обычно около 20–30 % общей тепловой нагрузки покрывает солнечная система, а главная нагрузка (70–80 %) обеспечивается биомассой. Это сочетание может применяться и в индивидуальных жилых домах, и в системах центрального (районного) отопления. В условиях Центральной Европы около 10 м³ биомассы (например, щепа, опилки) достаточно для отопления частного дома, причем солнечная установка помогает сэкономить до 3 м³ древесины в год.

Существует несколько основных способов пассивного использования солнечной энергии в архитектуре. Используя их, можно создать множество различных схем, тем самым получая разнообразные проекты зданий. Приоритетами при постройке здания с пассивным использованием солнечной энергии являются удачное расположение дома; большое количество окон, обращенных к югу (в Северном полушарии), чтобы пропускать больше солнечного света в зимнее время (и наоборот, небольшое количество окон, обращенных на восток или запад, чтобы ограничить поступление нежелательного солнечного света в летнее время); правильный расчет тепловой нагрузки на внутренние помещения, чтобы избежать нежелательных колебаний температуры и сохранять тепло в ночное время; хорошо изолированная конструкция здания.

Расположение, изоляция, ориентация окон и тепловая нагрузка на помещения должны представлять собой единую систему. Для уменьшения колебаний внутренней температуры изоляция должна быть помещена с внешней стороны здания. Однако в местах с быстрым внутренним обогревом, где требуется немного изоляции, или с низкой теплоемкостью изоляция должна быть с внутренней стороны, тогда дизайн здания будет оптимальным при любом микроклимате. Стоит отметить и тот факт, что правильный баланс между тепловой нагрузкой на помещения и изоляцией ведет не только к сбережению энергии, но также и к экономии строительных материалов. Пассивные солнечные здания – идеальное место для жизни. Здесь полнее ощущается связь с природой, в таком доме много естественного света, в нем экономится электроэнергия.

Пассивное использование солнечного света обеспечивает примерно 15 % потребности обогрева помещений в стандартном здании и является важным источником энергосбережения. При проектировании здания необходимо учитывать принципы пассивного солнечного строительства для максимального использования солнечной энергии. Эти принципы можно применять везде и практически без дополнительных затрат.

Во время проектирования здания также следует учитывать применение активных солнечных систем, таких как солнечные коллекторы и фотоэлектрические батареи. Это оборудование устанавливается на южной стороне здания. Чтобы максимизировать количество тепла в зимнее время, солнечные коллекторы в Европе должны устанавливаться с углом наклона более 50° от горизонтальной плоскости. Неподвижные фотоэлектрические батареи получают в течение года наибольшее количество солнечной радиации, когда угол наклона относительно уровня горизонта равняется географической широте, на которой расположено здание. Угол наклона крыши здания и его ориентация на юг являются важными аспектами при разработке проекта здания. Солнечные коллекторы для горячего водоснабжения и фотоэлектрические батареи должны быть расположены в непосредственной близости от места потребления энергии. Важно помнить, что близкое расположение ванной комнаты и кухни позволяет сэкономить на установке активных солнечных систем (в этом случае можно использовать один солнечный коллектор на два помещения) и минимизировать потери энергии на транспортировку. Главным критерием при выборе оборудования является его эффективность.

Таким образом, в настоящее время используется лишь ничтожная часть солнечной энергии из-за того, что существующие солнечные батареи имеют сравнительно низкий коэффициент полезного действия и очень дороги в производстве. Однако не следует сразу отказываться от практически неистощимого источника чистой энергии: по утверждениям специалистов гелиоэнергетика могла бы одна покрыть все мыслимые потребности человечества в энергии на тысячи лет вперед, а в области защиты от излучений различного типа, кроме того, обеспечить выполнение задач военного и специального назначения. Повысить КПД гелиоустановок в несколько раз возможно при размещении их на крышах домов (объектах военного назначения) и рядом с ними. Этим мы обеспечим обогрев помещений, подогрев воды и работу бытовых электроприборов даже в умеренных широтах. Для нужд промышленности (военной в том числе), требующих больших затрат энер-

гии, можно использовать километровые пустыри, крыши производственных (специальных) зданий и сооружений, площади специальных машин, оборудованные солнечными тепловыми коллекторами и мощными гелиоустановками. Но перед гелиоэнергетикой встает множество трудностей с сооружением, размещением и эксплуатацией гелиоэнергоустановок на тысячах квадратных километров земной поверхности. Поэтому общий удельный вес гелиоэнергетики был и останется довольно скромным, по крайней мере в обозримом будущем.

Большое внимание нужно уделить и тому, что производство энергии, являющееся необходимым средством для существования и развития человечества, оказывает воздействие на природу и окружающую человека среду. С одной стороны, в быт и производственную деятельность человека настолько твердо вошла тепло- и электроэнергия, что человек даже и не мыслит своего существования без нее и потребляет само собой разумеющиеся неисчерпаемые ресурсы. С другой стороны, человек все больше и больше свое внимание заостряет на экономическом аспекте энергетики и требует экологически чистых энергетических производств. Это говорит о необходимости решения комплекса вопросов, среди которых перераспределение средств на покрытие нужд человечества, практическое использование в военном деле и народном хозяйстве достижений, поиск и разработка новых альтернативных технологий для выработки тепла и электроэнергии.

Литература

1. Поиски жизни в Солнечной системе: Перевод с английского. – М.: Мир, 1988. – С. 44–57.
2. Жуков Г.Ф. Общая теория энергии. – М., 1995. – С. 11–25.
3. Дементьев Б.А. Ядерные энергетические реакторы. – М., 1984. – С. 106–111.
4. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник. Кн. 3. – М., 1985. – С. 69–93.
5. Энциклопедический словарь юного астронома. – М.: Педагогика, 1980. – С. 11–23.
6. Видяпин В.И., Журавлева Г.П. Физика. Общая теория. – М., 2005. – С. 166–174.
7. Дагаев М.М. Астрофизика. – М., 1987. – С. 55–61.
8. Тимошкин С.Е. Солнечная энергетика и солнечные батареи. – М., 1966. – С. 163–194.
9. Илларионов А. Г. Природа энергетики. – М., 1975. – С. 98–105.

Web-sites

1. <http://www.stroyca.ru>
2. <http://www.astro.alfaspace.net>
3. <http://www.solbat.narod.ru/1.htm>
4. <http://www.sunenergy.4hs.ru>
5. <http://solar-battery.narod.ru>



Никитин С.А.,
начальник отдела
энергосбережения

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Основными технологическими видами топлива, используемого при обжиге строительных материалов (в частности, цементного клинкера и извести) на предприятиях Минстройархитектуры являются каменные угли и природный газ. К альтернативным видам топлива для условий Республики Беларусь относятся местное топливо (торфобрикеты), отработанные автомобильные покрышки, в перспективе – отходы переработки нефти (нефтекокс), твердые бытовые отходы (ТБО), сухие осадки сточных вод, высокосернистые и местные бурые угли.

Наибольший прогресс в замещении импортных видов топлива альтернативными на сегодня достигнут на ОАО «Бело-

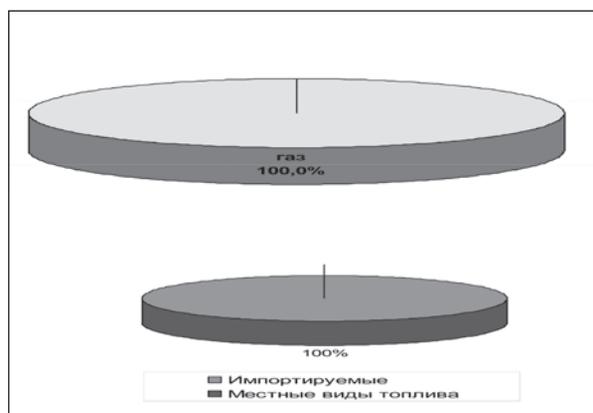


Рис. 1. Фактическая структура топливного баланса ОАО «Кричевцементношифер»

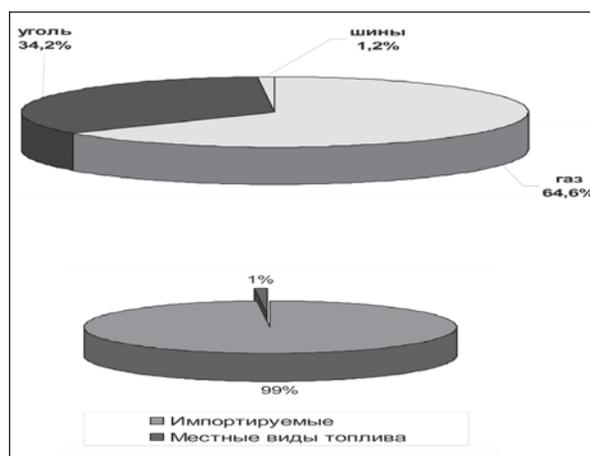


Рис. 2. Фактическая структура топливного баланса ОАО «Красносельскстройматериалы»

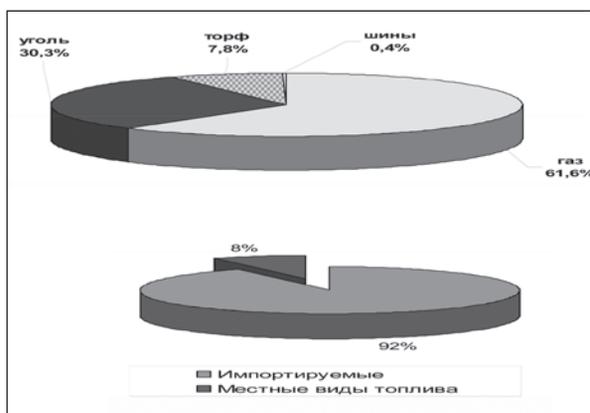


Рис. 3. Фактическая структура топливного баланса ОАО «Белорусский цементный завод»

Таблица 1

Экономические показатели использования различных видов топлива

Вид топлива	Цена при поступлении на завод, \$/т.у.т.	Дополнительные затраты на заводе
1	2	3
1. Природный газ	275–281	Нет
2. Каменный уголь	98–120	Складирование, приготовление форсуночного топлива, дозирование
3. Торфобрикет	103–137	Складирование, приготовление форсуночного топлива
4. Автопокрышки	0	Складирование, транспортирование
5. Нефтекокс (прогноз по нефтекоксу пр-ва ОАО «Нафтан»)	50–60	Складирование, приготовление форсуночного топлива, дозирование
6. АТ из ТБО	70*	Складирование, предварительная подготовка, транспортирование, дозирование
7. Бурые угли	Нет данных	Складирование, приготовление форсуночного топлива, дозирование
8. Сухие осадки сточных вод	Нет данных	Складирование, дозирование

русский цементный завод», а наименьший – на ОАО «Кричевцементношифер». В разрезе видов местного топлива основная доля приходится на торфобрикет.

С целью импортозамещения и увеличения использования местных видов топлива отраслевым ГП «Институт НИИСМ» разработана прогнозная стратегия по замещению импортируемых видов топлива альтернативными на период до 2016 года. Согласно данной стратегии в 2013 году на ОАО «Кричевцементно-

шифер» будут реализованы следующие проекты по замещению природного газа:

- внедрение установки по сжиганию отработанных автомобильных шин во вращающейся печи № 1», затраты – 11 млрд руб., экономический эффект – 21,06 млрд руб.;
- внедрение комплекса оборудования для замещения природного газа альтернативными видами топлива (торфобрикет) на вращающейся печи № 2», затраты – 24,5 млрд руб., экономический эффект – 71,4 млрд руб.

Предполагаемый срок ввода комплексов оборудования – IV квартал 2013 г. Результатом реализуемых проектов при полной отладке технологии сжигания торфа явится ежегодный прирост потребления торфа и отработанных шин. Так, прогноз объемов использования торфобрикета при реализации данной стратегии по Минстройархитектуры на период 2013–2016 годы составит:

- 2013 год – 33–34 тыс. тут.;
- 2014 год – 65–70 тыс. тут.;
- 2015 год – 113 тыс. тут.;
- 2016 год – 210,0 тыс. тут.

Однако в последние годы возникли сдерживающие факторы для увеличения использования торфа, и самый основной – экономические диспропорции в ценах на топливо:

- **затраты на менее калорийное местное топливо из торфобрикета (в пересчете на условное топливо) приблизились к стоимости закупки, транспорта и подготовки ввозимого по импорту каменного угля.**

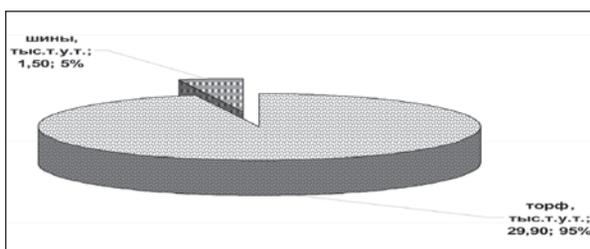


Рис. 4. Фактическая структура используемых МВТ на ОАО «Белорусский цементный завод»

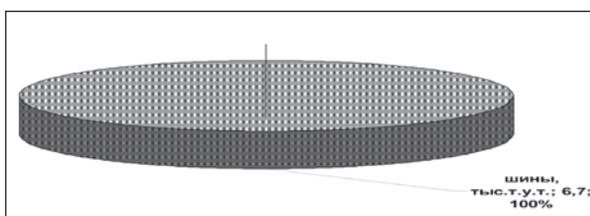


Рис. 5. Фактическая структура используемых МВТ на ОАО «Красносельскстройматериалы»



Причиной являются ценовые диспропорции, с одной стороны, в достижении снижения на закупаемый РУП «Беларусьторг» цен на уголь со 160 до 86–90 дол. США/тонну, а с другой – непрерывном увеличении цен на отечественный торф, реализуемый торфобрикетными заводами ГПО «Белтопгаз», до 62 дол. США/тонну.

СПРАВОЧНО:

Начиная с 11.09.2013 ОАО «Торфопредприятие Днепровское» (Могилевская область) увеличило цену на торфобрикет в одностороннем порядке на 12% (согласно Прейскуранту № 38). Проведенные ОАО «Белорусский цементный завод» расчеты фактической стоимости 1 тонны условного топлива каменного угля (составляет **100 долларов США/тут.**: 89 дол. США/тонну // (6250 ккал/кг / 7000 ккал/кг)) и торфобрикета (составляет **136,7 доллара США/тут.**: 61,8 дол. США/тонну // (3165 ккал/кг / 7000 ккал/кг)), показали, что с сентября 2013 г. на каждой тонне отечественного торфа организация несет дополнительные издержки 36,7 доллара США по сравнению с импортируемым каменным углем. Годовые дополнительные издержки составят около 1,1 млн дол. США в год.

Результаты входного контроля качества приобретаемых торфобрикетов свидетельствуют о необеспечении торфобрикетными заводами заявленного качества топлива. Фактическая калорийность находится на уровне 3165–3200 ккал/кг, при заявленной 3700 ккал/кг по СТБ 1919-2008.

Учитывая вышеизложенное, в целях увеличения использования местного вида топ-

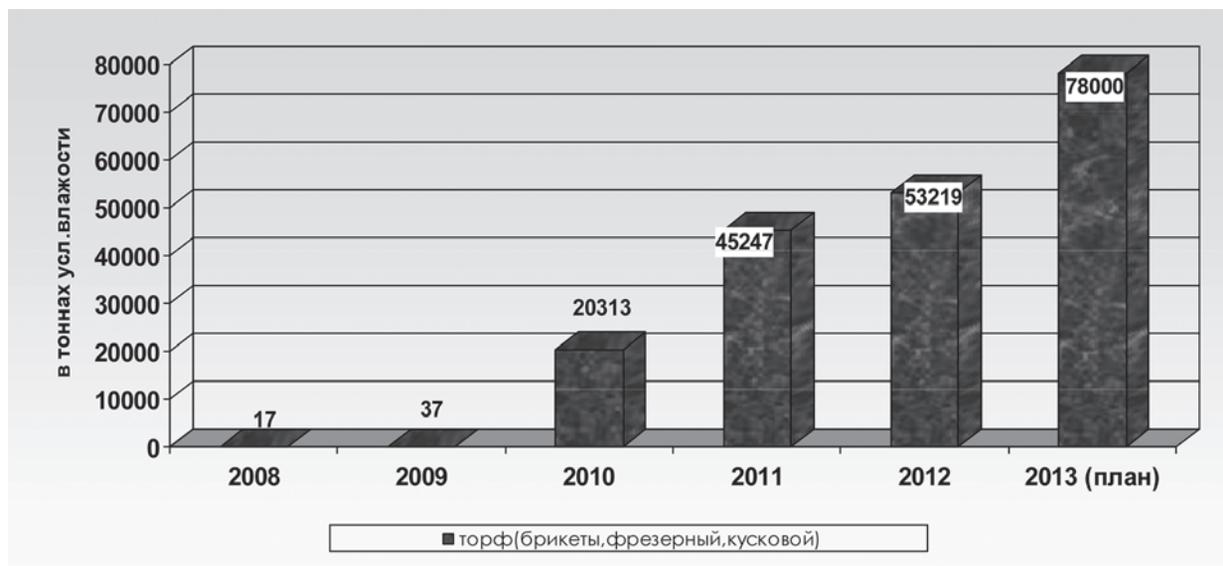
лива (торфобрикетов) и экономии валютных средств республики Минстройархитектуры направлены в Минэнерго аналитические материалы с предложением рассмотреть возможность снижения цен на торфобрикеты для цементных заводов до уровня, обеспечивающего экономическую целесообразность его использования в качестве альтернативного топлива на цементных заводах. В противном случае **экономический стимул** для предприятий в увеличении использования местного топлива **будет отсутствовать**;

- **к хранению и сжиганию торфобрикета в цементных печах предъявляются значительно более жесткие требования по взрывопожаробезопасности, чем к каменному углю**;
- **в процессе транспортировки ж/д транспортом довольно часто ухудшается качество торфа (высокая влажность), что приводит к его нестабильной калорийности.**

В этой связи действующее увеличение доли его использования на цементных предприятиях возможно только с одновременным улучшением качества торфобрикета;

- **по мнению Минэкономики целесообразно ограничение использования торфа на топливные нужды и переориентация на его химико-технологическое использование.**

В этой связи 2 октября 2013 г. на заседании Республиканской межведомственной комиссии по контролю за экономией и рациональным использованием топливно-энергетических и материальных ресурсов по инициативе Минстройархитектуры был рассмотрен вопрос «О целесообразности разработки и реализа-



ции инновационных и инвестиционных проектов по вовлечению в топливный баланс Республики Беларусь продуктов переработки твердых коммунальных отходов».

В мировой практике производства цементного клинкера широко используются топливные отходы. По данным Европейского союза еще в начале 2000-х в цементных печах Евросоюза использовалось более 5000 тыс. т топливных отходов, из которых доля RDF составляла около 730 тыс. т или около 14% от общего объема отходов. На ряде цементных заводов Европы доля сжигаемых топливных отходов составляет 100% общего теплоснабжения на обжиг клинкера, при этом доля RDF достигает 70–80% («Хэлм», Польша). В Германии с 2005 года (в Австрии с 2009 года) на законодательном уровне запрещено захоронение на полигонах непереработанных коммунальных отходов, промышленных отходов и зеленой массы (биоотходов). Производство RDF из твердых бытовых отходов за рубежом осуществляется на мусороперерабатывающих заводах (МПЗ).

В Беларуси основная часть ТБО в объеме 3,8 млн т/год подлежит захоронению на полигонах, количество которых составляет около 170 шт.

Производство RDF наиболее быстро, с нашей точки зрения, можно наладить на введенном в 2011 году в Бресте австрийским концерном Strabag мусороперерабатывающим заводе (МПЗ) мощностью 100 тыс. т/год.

Под руководством государственного предприятия «Институт НИИСМ» 29.08.2013 проведены промышленные испытания по сжиганию альтернативного топлива, полученного на установке компании VOMM из осадков сточных вод на очистной станции ОАО «Минскводоканал» в количестве 16,75 т в печи \varnothing 4,3-80 «сухого» способа обжига цементного клинкера ОАО «Белорусский цементный завод». Результаты промышленных испытаний свидетельствуют о перспективности данного направления, что позволит решить серьезную экологическую проблему столицы, а также при постоянной эксплуатации использовать на цементных заводах до 30 тыс. т у.т. в год альтернативного топлива с соответствующим замещением импортируемого угольного топлива (5,3% от годовой потребности цементных заводов в каменном угле на 2014 год).

Учитывая ежегодно растущую необходимость в поисках альтернативных к традици-

онным видам топлива в промышленности строительных материалов (экспортные цены на продукцию, производимую отечественной промышленностью строительных материалов, испытывают жесткое конкурентное давление на территории основного рынка сбыта – РФ, из-за более низких цен на ТЭР у российских предприятий промышленности строительных материалов), 2 октября 2013 г. на заседании Республиканской межведомственной комиссии по контролю за экономией и рациональным использованием топливно-энергетических и материальных ресурсов по инициативе Минстройархитектуры был рассмотрен вопрос «О целесообразности разработки и реализации инновационных и инвестиционных проектов по вовлечению в топливный баланс Республики Беларусь продуктов переработки твердых коммунальных отходов». Комиссией приняты следующие поручения:

- разработать и утвердить в установленном порядке технико-экономическое обоснование проекта модернизации Брестского мусороперерабатывающего завода с участием компанией STRABAG Umweltanlaen GmbH (Федеративная Республика Германия);
- Департаменту по энергоэффективности Госстандарта и Минэкономики до 1 февраля 2014 г. проработать вопрос участия международных организаций (Всемирный банк, Европейский банк реконструкции и развития и др.) в финансировании проектов по получению альтернативного топлива из твердых коммунальных отходов и осадков сточных вод.

Выводы:

- 1) переработка ТБО и получение из него топлива для цементных заводов, удовлетворяющего утвержденным техническим условиям, обеспечит значительное улучшение экологической обстановки крупных городов за счет частичной ликвидации мусорных полигонов (исключения – загрязнения и отравления водоносных горизонтов; чистая питьевая вода через 10 лет станет главным жизненным ресурсом, а Республика Беларусь обладает ее запасами на душу населения, вчетверо превосходящими среднеевропейский уровень);
- 2) осуществляется замещение альтернативным возобновляемым топливом возобновляемого в длительном периоде отечественного торфа;
- 3) объемы замещения топливом из ТБО до 10% проектного расхода топлива на производство цемента в Республике Беларусь.



Научное издание

**Научно-технические проблемы использования
альтернативных видов топлива
в строительном комплексе Республики Беларусь**

Материалы VII Международной
научно-технической конференции
Минск, 2013 г.

Редактор *С.А. Никитин, М.А. Басовская*
Компьютерный дизайн и верстка *Е.Ю. Гурбо*
Корректор *М.А. Басовская*

Подписано в печать 28.10.2013. Формат 60 x 84^{1/8}.
Бумага офсетная. Гарнитура HeliosC. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 4,65. Тираж 100 экз. Заказ 2273.

Республиканское унитарное предприятие «СтройМедиаПроект».
Редакция журнала «Архитектура и строительство».
ул. В. Хоружей, 13/61, г. Минск, 220123.

Отпечатано в Республиканском унитарном предприятии «СтройМедиаПроект».
ЛП № 02330/0494102 от 11.03.2009.

ЭКОЛОГИЯ ГОРОДА

КОМПЛЕКС УСЛУГ ПО ОБРАЩЕНИЮ С ОТХОДАМИ



ОДО «Экология города» предлагает услуги по вывозу промышленных и строительных отходов (вывоз коробками по 10 м³, возможна установка на территории предприятия), крупногабаритного мусора, изношенных шин, по сбору и передаче на переработку отработанных масел.



ПРОИЗВОДСТВО И ПРОДАЖА:

Контейнеры для сбора отходов 0,75 м³

Контейнеры для сбора вторичного сырья 1,1 м²

Урны, скамейки, оборудование для благоустройства

Детские игровые и спортивные комплексы

Биотуалеты, ящики металлические для песка

и другие малые архитектурные формы



www.ecocity.by

220024, г. Минск, ул. Бабушкина, 14
Тел./факс: (017) 291-80-18, 291-82-49
e-mail: Natalia.ecocity@mail.ru