

# Альтернативные энергетические системы: теперь и в России

Группой российских ученых разработана технология перевода мазутных котельных на использование биомассы

Владимир Байбурский, д. т. н.

Виктор Паслен, к. т. н.

Вячеслав Шаповалов

**В** настоящее время на европейском рынке широко представлены котельные агрегаты, вырабатывающие тепловую энергию путем сжигания растительной биомассы. Разработанные агрегаты позволяют сжигать растительную биомассу в крупнокусковом виде (финские котлы «Wartasila»), в виде специальных пресованных гранул-пилет (швейцарская компания Noval) или в виде стружки (оборудование компании Siemens). Однако перевод котельной на биомассу по западной технологии требует комплектной поставки импортного оборудования, что не позволяет применять данные технологии на территории России в массовом порядке.

Научно-производственными предприятиями «Альтернативные энергетические системы» и «Биоэнергетик» апробированы биоэнергетические установки в масштабах опытных моделей мощностью до 5 МВт, на которые в данный момент оформляются международные патенты. Новая разработка группы российских ученых и производителей позволяет переоборудовать существующие мазутные котельные под использование биомассы без потери произво-

дительности и КПД котлов.

Кроме ряда технических преимуществ, полученная отечественная разработка в сравнении с западными аналогами демонстрирует более экономичные характеристики уже на этапе капитальных затрат. Так, тепловая котельная «Wartasila» мощностью 12 МВт стоит 3,2 млн евро, а переделка двух мазутных котлов ДКВР-6 той же производительности по новой отечественной технологии обойдется примерно в 270 тыс. евро.

## Количественные показатели

При разработке технологии получения тепловой энергии планируется создать устройства дискретного сжигания биомассы производительностью от 50 кВт до 10 МВт, рассчитанные на перевод существующих котельных с жидкого углеводородного топлива на растительную и техногенную биомассу.

## Краткая характеристика работы

При разработке технологии и устройства для получения **электрической** энергии

**Таблица 1. Сравнительная характеристика различных видов топлива**

	<b>Влажность, %</b>	<b>Зольность, %</b>	<b>Выход летучих веществ, %</b>	<b>Калорийность сухого газа, ккал/кг</b>
Горючие сланцы	5,0	20,8	75,0	2 610
Бурый уголь	20,0	36,0	44,0	3 180
Козлятник восточный, кавказский	14,0	5,3	77,0	3 740
Сида многолетняя	14,0	5,5	76,7	3 840
Свербага	14,0	7,6	74,0	3 840
Торф	20,0	12,5	70,0	2 600
Лузга	20,0	3,0	70,0	3 200
Опилки	20,0	1,5	76,5	3 370
Солома	20,0	3,0	70,0	3 200

планируется создание технологии каталитического пиролиза биомассы и устройства для его реализации, которое позволит получать высококалорийный синтез-газ для дальнейшего его использования в промышленном производстве электроэнергии газопоршневыми, турбинными или паровыми установками. Пиролизное газогенераторное устройство будет выдавать охлажденный синтез-газ калорийностью не менее 3 500 ккал/нм<sup>3</sup>, который не должен содержать смолистых соединений и твердых примесей, вредных для энергетических машин поршневого или турбинного типа. Планируется разработать линейку пиролизных газогенераторных устройств различной производительности от 50 кВт до 10 МВт электрической генерации.

Разработчики планируют провести с крупными отечественными и зарубежными производителями дизельных и газопоршневых генераторных станций совместную работу по адаптации алгоритмов управления электронных блоков станций к составу пиролизного генераторного газа.

Проведенный патентный поиск не выявил действующих аналогов с подобными характеристиками.

При разработке технологии и устройства для получения **химической** энергии будут разработаны составы биомассы и каталитических добавок к ней, позволяющих получать синтез-газ в промышленных количествах, необходимых для проведения основных химических синтезов. Синтез-газ должен иметь постоянный технологический состав, не содержать серу и другие вредные для промышленных катализаторов примеси.

Отдельной задачей является разработка промышленной технологии подготовки, формования и хранения блоков биомассы, позволяющей при ее пиролизе поддерживать постоянство технологического регламента химических

процессов, основанных на синтез-газе.

Разработанные технологии и устройства для производства тепловой, электрической и химической энергии являются ключевым инновационным

**Сырьевой базой для производства тепловой энергии и синтез-газа являются древесина, листья, кора и хвоя, лигнин, травы, солома, шелуха, сухой навоз, сапрпель, канализационные стоки, бытовые отходы, торф.**

элементом и будут адаптированы под все виды отечественного сельскохозяйственного сырья.

### **Экологическая безопасность**

В технологические, конструкционные и эксплуатационные характеристики устройств по производству тепловой, электрической и химической энергии будет заложено соответствие отечественным и международным нормам по безопасности и надежности, предъявляемым к производственным объектам этого класса.

### **Сырьевая база**

Сырьевой базой для производства тепловой энергии и синтетического газа с высокой калорийностью сгорания (3 500–4 500 ккал/куб. м) может быть:

- древесина и отходы ее переработки, листья, кора и хвоя,
- лигнин и другие отходы целлюлозно-бумажных комбинатов,
- энергетические травы, солома, шелуха, сухой навоз, сапрпель, илы орошения станций очистки канализационных стоков, бытовые отходы свалок, торф.

Разработка заявляемой технологии каталитического пиролиза должна позволить

газифицировать вышеперечисленное сырье с получением синтез-газа, имеющего стандартные потребительские свойства: калорийность, технологически приемлемую точку росы, температуру, наличие вредных примесей.

### **Три вида энергии**

При разработке технологий получения **тепловой, электрической и химической** энергии способы получения этих энергий из биомассы различного происхождения следует рассматривать как самостоятельные направления.

Получение тепловой энергии прямым сжиганием широко используется на бытовом уровне. Технологии энергетического использования древесных отходов постоянно совершенствуются. Наиболее распространенным является перевод котельных с жидкого топлива или угля на древесные отходы, что требует реконструкции топочных устройств и создания необходимой инфраструктуры для хранения и подготовки топлива.

В России на предприятиях лесной и деревообрабатывающей промышленности можно встретить десятки котлов для сжигания древесных отходов. Но поскольку они модифицированы из агрегатов, предназначенных для сжигания угля, газа или мазута, их коэффициент полезного действия, другие технические и экологические характеристики являются очень низкими. При переводе котельного оборудования с мазута на биомассу КПД котла снижается с 92 до 45–55 %, и вдвое уменьшается его производительность по теплу.

Этот эффект объясняется разными температурами топочных газов, получаемых при сжигании жидкого нефтяного топлива и биомассы. Высококалорийное жидкое нефтяное топливо, сгорая, развивает температуру более 1 200 °С, что обеспечивает КПД котлов на уровне не менее 90 %. Биомасса не является высококалорийным топливом и, как правило, содержит воду, что при сжигании не позволяет получить температуру топочных газов более 850 °С. Подача топочных газов с температурой 850 °С в теплообменник мазутного котла, рассчитанного на 1 200 °С, приводит к снижению КПД и производительности котельного оборудования, а также перерасходу топлива.

Цель разработки технологии получения **тепловой энергии** — создание спо-





Пятимегаваттная пилотная установка для получения энергии из твердой биомассы

«Альтернативные энергетические системы»

лиз биомассы способен дать высококалорийный газ (до  $5\,000\text{ ккал/м}^3$ ), однако прямое его использование в поршневых машинах и газовых турбинах невозможно, поскольку в нем содержится жидкость, образующаяся в процессе пиролиза, которую часто называют «дегтем» или «смолой». Очистка пиролизного газа от паров смолы является трудновыполнимой технической задачей, требующей значительных энергетических и аппаратных ресурсов.

4. Для очень влажной полуразложившейся биомассы (более 85 % влаги) применяются биохимические технологии переработки с получением биогаза (анаэробное разложение органического сырья). Биогаз может содержать 50–70 % метана, 30–40 % диоксида углерода, примеси водорода, аммиака и оксидов азота. Получаемый технологией анаэробного разложения биогаз является высококалорийным ( $5\,000\text{--}6\,000\text{ ккал/м}^3$ ) и может использоваться для производства электроэнергии в газовых турбинах, поршневых двигателях и котельных агрегатах. Технология анаэробного разложения биомассы применяется в основном для переработки навоза скота и птицы непосредственно на месте его образования, т. к. высокая влажность этих продуктов не позволяет транспортировать их и использовать в качестве привозного топлива.

Цель разработки технологии получения **электрической энергии** — создание способа каталитического пиролиза биомассы и устройства для его реализации, которое позволит получать высококалорийный синтез-газ для дальнейшего его использования в промышленном производстве электроэнергии газопорш-

невыми, турбинными или паровыми установками. Пиролизное устройство должно выдавать охлажденный синтез-газ с калорийностью не менее  $3\,500\text{ ккал/м}^3$ , который не должен содержать смолистых соединений и твердых примесей, вредных для энергетических машин поршневого или турбинного типа. Планируется разработать линейку пиролизных устройств различной производительности от 50 кВт до 10 МВт электрической генерации.

Цель разработки технологии производства **химической энергии** связана со свойствами синтез-газа, получаемого каталитическим пиролизом. Эксперты считают, что в будущем синтез-газ станет основным сырьевым ресурсом химической промышленности. Если цены на ископаемое сырье снижаются в ряду нефть → природный газ → уголь, то их запасы располагаются в обратной последовательности. За последние годы в исследованиях в области синтезов на основе CO и H<sub>2</sub> достигнуты впечатляющие успехи, которые позволяют вести органические синтезы практически в любом направлении.

Технология получения синтез-газа из биомассы имеет ряд преимуществ перед получением его из других видов сырья. Растительная биомасса не содержит серу, каталитическое пиролизное разложение сразу дает синтез-газ с определенным соотношением CO и H<sub>2</sub>, которое может регулироваться свойствами применяемой биомассы и каталитическими добавками.

Предлагается разработать технологию получения синтез-газа с заданными свойствами, для дальнейшего применения его в органических синтезах, с полу-

чением ценных веществ, аккумулирующих химическую энергию, перешедшую в них из биомассы.

## Производство метанола

Существующие технологии по производству метанола и синтетических моторных топлив, как правило, базируются на традиционных технологиях двух- и более стадийных процессов, при которых на первой, наиболее сложной и дорогостоящей стадии, осуществляется паровая, парокислородная или углекислотная конверсия метана в присутствии катализатора при температурах 700–900 °C и давлении 2–3 МПа.

Происходит это в высокотемпературных трубчатых печах из дорогостоящей аустенитной стали. Процесс протекает с высоким потреблением тепла. Если добавить к этому энергозатраты на производство кислорода и пара, то уже первая стадия получается весьма энергоемкой. Полученный таким образом синтез-газ после охлаждения и очистки от серы, мышьяка и других вредных примесей компримируется до 8–30 МПа, что опять же связано с высоким энергопотреблением.

Производство синтез-газа из биомассы в значительной степени свободно от перечисленных выше недостатков и позволит существенно снизить себестоимость этого ценнейшего химического продукта.

## Характеристика ожидаемого результата

Развитие производства энергии из биомассы является одним из значимых век-

◀ торов мировой экономики, имеющей пока «углеводородный» характер. Это связано с необходимостью решения таких глобальных проблем, как сокращение запасов нефти, рост экологических проблем, обеспечение национальной энергетической безопасности.

Данный проект направлен на решение важной прикладной задачи — создание соответствующего мировым стандартам отечественного производства тепловой, электрической и химической энергии из возобновляемого растительного сырья. Решение этой комплексной задачи возможно только при внедрении на основных стадиях технологического процесса отечественных инновационных научных разработок в технологии биоинженерии, биокаталитических и биосинтетических технологиях, технологии создания энергосберегающих систем потребления тепла и электроэнергии, технологии экологически безопасного ресурсосберегающего производства и переработки сельскохозяйственного сырья.

С целью обеспечения комплексности и глубины переработки сельскохозяйственного сырья, сокращения отходов производства, снижения энергоемкости, повышения рентабельности, расширения ассортимента и увеличения роста продук-

ции, обеспечения полной экологической безопасности планируется разработать и организовать единый, взаимосвязанный комплекс следующих производств:

- производство тепловых агрегатов дискретного сжигания биомассы, позволяющих переоборудовать 30 000 мазутных котельных, работающих в России с использованием биомассы;
- производство пиролизных газогенераторов, способных стать основой локальных электрогенерационных мощностей в диапазоне от 50 кВт до 10 МВт. Это позволит решить вопрос муниципального и поселкового теплоэнергоснабжения с использованием местных ресурсов;
- производство стандартных блоков биомассы, способных обеспечить бесперебойное соблюдение регламентных норм на химических предприятиях, использующих синтез-газ.

### Уникальность разработки

Производство электрической энергии из пиролизных газов в настоящее время не реализовано в серийном масштабе. Имеющиеся газогенерационные установки работают по принципу частичного сжигания биомассы, т. е. используют воздух в качестве окислителя. Газ, получаемый

от таких генераторов, является низкокалорийным, он не пригоден для работы высокооборотных двигателей, оснащенных турбонадувом. Внедрению технологии пиролизного газа мешают органические смолы, отделение которых от газа является сложной технической задачей.

Технологии дискретного сжигания биомассы основаны на получении высокотемпературного потока горящего газа, не уступающего по своим характеристикам топочным газам горелок на жидком нефтяном топливе. Проведенный патентный и литературный поиск не выявил аналогов, способных реализовать подобные характеристики.

Коммерциализация в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» научных разработок профильных институтов РАН, ведущих вузов и научно-исследовательских организаций, положенных в основу разрабатываемых уникальных отечественных технологий получения тепловой, электрической и химической энергии, позволит обеспечить очевидные преимущества новой продукции по сравнению с аналогами, выпускаемыми ведущими мировыми производителями. ■

**THE CHEMICAL JOURNAL WEB SITE**

SUBSCRIPTION IS AVAILABLE 24 HOURS A DAY, 7 DAYS A WEEK

**www.tcj.ru**

Тел. (495) 786-25-18, факс (495) 741-66-43

- анонс свежего номера
- архив прошлых выпусков
- избранные публикации в открытом доступе
- оформление подписки через сайт

**«ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ» В ИНТЕРНЕТЕ**

**ПОДПИСКА КРУГЛОСУТОЧНО, БЕЗ ВЫХОДНЫХ**