

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТОПЛИВНОЙ БИОМАССЫ — ОСНОВА РАЗВИТИЯ РЫНКА БИОТОПЛИВА

ЧАСТЬ 4

КЛАССИФИКАЦИЯ БИОТОПЛИВА

Окончание. Начало в № № 5–7, 2006 г.

Проведем сравнительный анализ твердых видов биотоплива по физико-химическим свойствам. Для этого рассмотрим два сводных показателя: техническую транспортабельность топлива и легкость его применения в газогенераторных установках транспортного типа (ГУТТ).

Техническая транспортабельность топлива характеризуется следующими параметрами: объемным весом и сохранностью топлива при перевозках, т.е. количеством потерь топлива.

Объемный вес определяет коэффициент использования грузоподъемности транспортных средств:

$$\frac{\Gamma}{q} \cdot 100 = \gamma_m,$$

где:

Γ – количество груза при полной загрузке по объему кузова автомобиля, вагона, платформы и т.п.;

q – грузоподъемность автомобиля, вагона и т.д., в тоннах;

γ_m – коэффициент использования грузоподъемности.

Количество топлива пригодного к употреблению, согласно его технико-эксплуатационному назначению, будет меньше на величину потерь за время перевозки, т.е. на величину $\Gamma \cdot n$ или на единицу грузоподъемности,

$\frac{\Gamma \cdot n}{q}$ где n – нормальная (естественная) потеря топлива при перевозке.

Таким образом, техническая транспортабельность топлива может быть охарактеризована следующим выражением:

$$\frac{\Gamma}{q} - \frac{(\Gamma \cdot n)}{q} = T_p$$

или

$$T_p = \frac{\Gamma(1-n)}{q}$$

Откуда можно получить коэффициент технической транспортабельности топлива, который представляет собой скорректированный на потери коэффициент использования грузоподъемности транспортных средств при перевозке конкретного вида топлива:

$$\gamma = \frac{\Gamma(1-n)}{q} \cdot 100$$

Этот коэффициент будет отличаться для различных видов транспорта. При расчете норм потерь топлива,

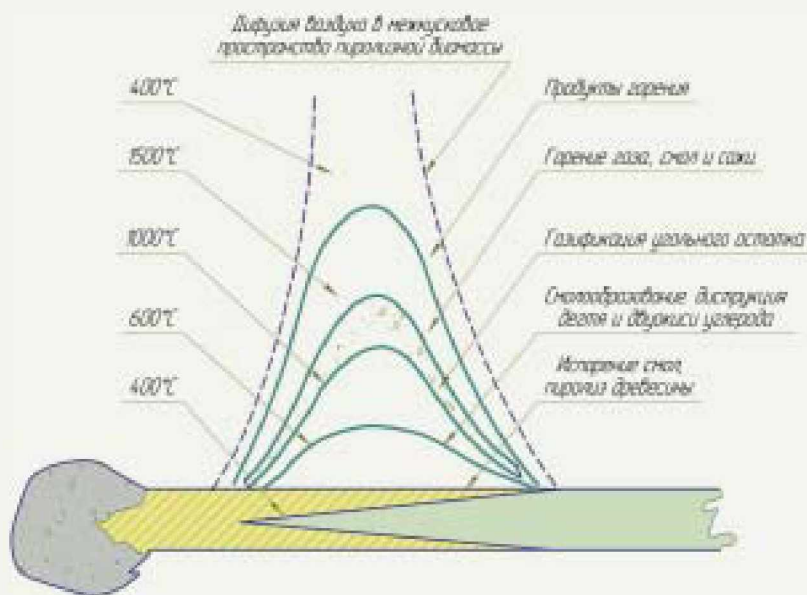


Рис. 1. Процессы, характерные для пиролиза и газификации твердого биотоплива

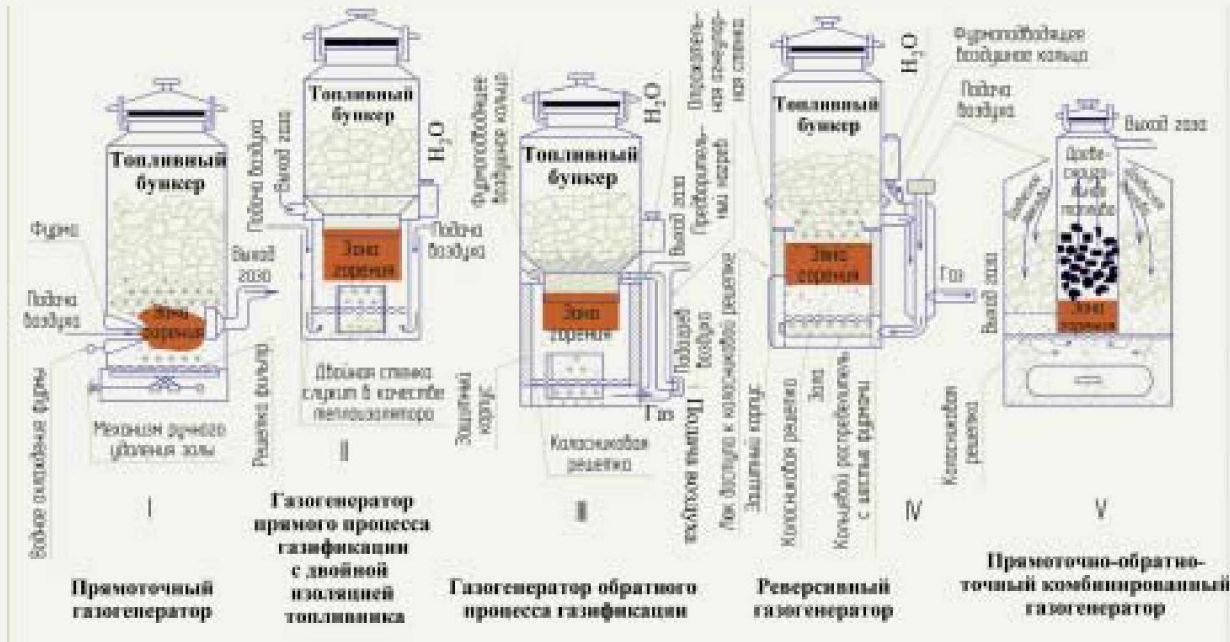


Рис. 2. Наиболее распространенные конструкции транспортных газогенераторов

также учитываются образующиеся при его перевозке мелочь и крошка, которые не могут быть в дальнейшем использованы как газогенераторное топливо.

Легкость газификации топлива в ГУТТ зависит от ряда причин: физико-химических свойств топлива, конструкции газогенератора и пр. Результирующего показателя здесь нет, и получить его весьма проблематично, вследствие многочисленности параметров, которые необходимо принимать во внимание при газификации и пиролизе твердых видов топлива из биомассы (рис. 1). Однако, для облегчения классификации топлив и унификации их оценки было бы целесообразно ввести такой показатель, например, в виде шкалы легкости применения топлив для газификации в ГУТТ. Вариант подобной классификации газогенераторных видов топлива по легкости их применения в ГУТТ мы привели в табл. 1.

Такая оценка дает наибольшую определенность и четкость при характеристике топлив для ГУТТ, и ее целесообразно было бы стандартизировать.

Согласно рассмотренной классификации, твердые виды биотоплива распределяются по классам следующим образом (см. табл. 2).

В табл. 2 мы также привели минимальные технические характеристики

различных видов биотоплива, соблюдение которых позволяет причислить тот или иной вид топлива к соответствующей классификационной группе.

Обобщая опыт испытаний и эксплуатации газогенераторных установок на различных видах топлива, можно дать сравнительную характеристику показателей их работы в зависимости от вида используемого топлива.

Специфические особенности применения каждого вида топлива от-

ражаются на долговечности работы газогенераторной установки, а также, косвенно, на работе других агрегатов силовой установки. По степени влияния на жизненный цикл силовых установок двигателей внутреннего сгорания (ДВС), различные виды топлива подразделяются следующим образом: к наибольшему износу приводят каменный уголь, антрацит, полукокс, торфяной кокс. Затем следуют древесные чурки, буроугольные брикеты, древесный уголь, жидкие и газообразные виды топлива.

Таблица 1. Классификация газогенераторных видов топлива по легкости их применения в ГУТТ

Класс легкости применения топлива для газификации	Характеристика
I	Применение топлива трудности не вызывает. Может использоваться без подготовительных операций. Возможна автоматизация процесса подачи топлива
II	Применение топлива трудности не вызывает. Может использоваться без подготовительных операций
III	Требуется предварительная обработка топлива (сушка, разделка)
IV	Требуется предварительный отбор, обработка или обогащение топлива и дополнительные работы при эксплуатации газогенератора (чистка зольника, шуровка топлива и т.д.)
V	Применение топлива возможно только после сложной обработки (брикетирование, термическая обработка и т.п.) или специального отбора сортов. При эксплуатации наблюдаются трудности обеспечения нормальной работы газогенераторной установки
VI	Применение топлива в ГУТТ по физико-химическим свойствам и эксплуатационным показателям затруднительно или экономически нецелесообразно

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы:

- 1) эксплуатация ГУТТ должна соответствовать техническим нормам и правилам;
- 2) топливо для них должно быть качественным (не ниже установленных кондиций);
- 3) газогенераторная установка

и агрегаты очистки газа должны обеспечивать поступление в ДВС газа, свободного от химических и механических примесей (сернистых соединений, пыли, кислот и т.д.).

При соблюдении этих условий, долговечность работы двигателя на генераторном газе может быть выше, чем на бензине, а его межре-

монтный ресурс может превышать ресурс бензинового ДВС. Затраты труда на обслуживание и ремонт газогенераторных установок будут тем меньше, чем лучше качество применяемого топлива (меньшее пылеобразование, меньшее содержание кислот, сернистых соединений и т.д.), чем совершеннее конструкция установки и точнее выполнение правил эксплуатации.

Таблица 2. Техническая характеристика видов топлива для ГУТТ

Виды топлива и группа	Коэффициент рабочей теплотворности топлива, γ_{17}	Коэффициент удельной теплотности топлива, i	Средняя зольность Ар, %	Характер коксового остатка	Температурная характеристика золы	Среднее содержание серы, %	Реакционная способность	Механическая прочность	Сумма горючих в газе, %	Класс легкости газификации	Технический коэффициент транспортабельности
Группа I											
Пеллеты из древесины мягких пород деревьев	84	16,1	0,8	Порошкообразный	Тугоплавкая		Очень высокая	Хорошая	45	2	96
Пеллеты из древесины твердых пород деревьев	85	15,9	0,7	Порошкообразный	Тугоплавкая		Очень высокая	Хорошая	45	1	95
Группа II											
Древесно-угольные брикеты	90,9	38,4	4	Порошкообразный	Тугоплавкая	0,2	Высокая	Хорошая	-	1	98,8
Группа III											
Древесная чурка	73,0	19,8	0,9	«	«	0,02	«	«	33	2	80,5
Уголь древесный	88,0	14,9	2	«	«	0,3	Очень высокая	Очень слабая	39	2	60,3
Группа IV											
Полукокс каменного угля	86,1	34,8	6	Порошкообразный или спекшийся	Среднеплавкая	1,0	Высокая	Хорошая	42	3	85
Торфокос	84,8	31,3	8	Порошкообразный	«	0,2	«	Удовлетворительная	37	3	85
Группа V											
Торфобрикеты	78,3	43,1	8	«	«	0,4		Хорошая	36	3	98
Бурый уголь	72,5	54,3	8	Порошкообразный или слабо сплывшийся	«	0,6	Средняя	Слабая	«	3	80
Торф	50,4	21,0	6	Порошкообразный	«	0,3	Высокая	Удовлетворительная	36	3	54,3
Антрацит	89,2	69,8	7	«	«	1,0	Ниже средней	Хорошая	32	4	85
Солома брикетированная	76,5	39,7	5	Порошкообразный или спекшийся	Низкоплавкая	0,3	Высокая	«	32	5	98



Требования технически грамотной эксплуатации ГУТТ делают контроль над качеством топлива одним из важнейших условий возрождения и широкого распространения этой технологии. Основным условием обеспечения этого является установление стандартов на газогенераторное топливо, особенно на основе биомассы.

КОНСТРУКЦИИ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

Как было показано выше, каждое из твердых топлив предъявляет свои специфические требования к конструкции газогенератора. Полное удовлетворение этих требований обеспечило бы наиболее эффективные результаты газификации данного вида топлива в ГУТТ. Однако для этого потребовалось бы создание специальных конструкций газогенераторных установок для каждого топлива в отдельности, что усложнило бы их эксплуатацию и сократило бы унификацию.

Опыт газификации различных видов твердых топлив показал, что их можно разделить на четыре основные группы, определяющие выбор конструкции газогенератора. Это деление основано на принципе процесса газификации, оптимального для конкретного вида топлива (рис. 2.).

- I. Перекрестноточный газогенератор (рис. 2-I) характеризуется горизонтальным процессом газификации. В середине прошлого века применялся, наряду с «опрокинутым» процессом, в газогенераторах автотракторных установок. Основной причиной, определившей область использования газогенератора этой конструкции, была высокая напряженность и интенсивность процесса (высокоскоростная газификация), а также компактность конструкции генераторной установки и возможность использования топлива с легкоплавкой золой.
- II. Противоточный газогенератор (рис. 2-II) характеризуется прямым процессом газификации. Он наиболее удобен для бессмольных, но многозольных топлив, например для бурого угольного кокса. Основным недостатком прямого процесса газификации является

необходимость присадки к воздуху водяного пара для повышения калорийности генераторного газа. Но это уменьшает устойчивость процесса по причине трудности точного регулирования количества паровой присадки в зависимости от производительности генератора.

- III. Прямоточный газогенератор (рис. 2-III) характеризуется опрокинутым (обращенным) процессом газификации. Газогенераторы этой конструкции получили в свое время наибольшее распространение в качестве силовых установок для автомобилей и тракторов. Обращенный процесс обеспечивает разложение и выжигание смол, образующихся в зоне швелования, в самом газогенераторе, что позволяет применять смолистые топлива и обходиться без специальных устройств для очистки генераторного газа от смол. Кроме того, в прямоточных газогенераторах обеспечивается наибольшая устойчивость процесса газификации за счет постоянства высоты активной зоны. Ввиду того что водяные пары, выделяющиеся из топлива при его подсушке в швел-зоне газогенератора, проходят через активную зону, получается обогащение генераторного газа без применения специальных устройств для парообразования.

- IV. Реверсивный газогенератор (рис. 2-IV). Конструкция этого типа газогенератора, предложенного Денгамом и Джонсоном (англ. патент № 22174, кл. 24e, 3, опубликованный в 1931 г.), на наш взгляд, сегодня является наиболее перспективной для дальнейшей конструкторской оптимизации. Реверсивный газогенератор позволяет использовать наиболее широкий диапазон сортов и видов топлива, пригодных для газификации: в случае применения смолистых топлив газогенератор может быть пущен в работу по обращенному процессу, а в случае применения многозольных топлив может быть быстро переключен (прямо на ходу) на работу по прямому процессу. Такой реверс достигался в конструкциях этого типа

газогенераторов за счет взаимного переключения концентрично расположенных трубопроводов, один из которых использовался для подвода воздуха, а другой – для отбора газа.

- V. Комбинированный газогенератор (рис. 2-V) характеризуется совмещенным прямоточно-опрокинутым процессом газификации. Этот тип газогенераторов так и не получил широкого распространения из-за больших размеров и конструктивных сложностей. Хотя комбинированная конструкция имеет хорошие перспективы для дальнейшей конструкторской доработки.

Сравнительные характеристики описанных типов газогенераторных установок приведены в табл. 3.


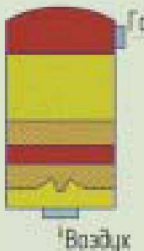
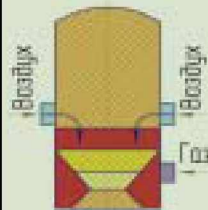
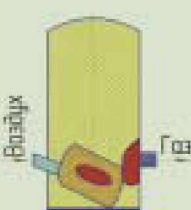
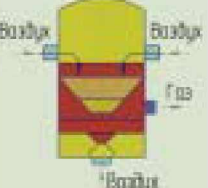
Отметим также, что комбинированная и реверсивная конструкции газогенераторов не нашли особого распространения в прошлом веке по одной простой причине: конструкции находились на стадии разработки и экспериментальной апробации. Но полученные на тот момент результаты позволяют оценивать эти конструкции как весьма перспективные.

Унификация конструкций газогенераторов, базирующаяся на стандартизации исходных газогенераторных топлив, упрощает вопросы их эксплуатации и изготовления, что в свою очередь дает возможность снизить их стоимость. Кроме того, возможность газификации различных видов топлива в газогенераторе одного типа расширяет область его использования в различных районах России.

Из всего вышесказанного можно сделать такой вывод: топливо, конструкции ГУТТ и процесс газификации должны соответствовать жестким требованиям. Топливо должно обладать высокими физико-химическими свойствами, быть малозольным и иметь однородный фракционный состав, не должно содержать вредных примесей, разрушающе действующих на газогенератор, газопроводы или двигатель. Оно должно использовать все возможные ресурсы работающего на нем агрегата и быть транспортабельным.

Большое разнообразие твердых топлив на основе биомассы вызывает необходимость их классификации

Таблица 3. Сводные характеристики наиболее перспективных ГУТТ

№ п/п	Характер процесса газификации. Особенности процесса	Прямой процесс (прямоточный газогенератор)	Опрокинутый процесс (обратноточный газогенератор)	Горизонтальный процесс (перекрестно точный газогенератор)	Комбинированный процесс
1	СХЕМА Обозначения: 				
2	Наиболее подходящий сорт топлива	Швелькок	Буроугольные брикеты. Коксовые брикеты с присадкой смолы	Швелькок	Буроугольные брикеты
3	Другие допустимые к использованию сорта топлива	Древесный уголь. Древесноугольные брикеты. Антрацит. Кокс торфяной. Каменноугольный швелькок. Каменноугольный высокотемпературный кокс. Пеллеты	Древесина. Торф. Пеллеты	Древесный уголь. Древесноугольные брикеты. Антрацит. Кокс торфяной. Каменноугольный швелькок. Каменноугольный высокотемпературный кокс	Древесина. Торф. Пеллеты
4	Допускаемая смолистость применяемых топлив	Ничтожно малая	Значительная (ввиду разложения смол в газогенераторах)	Средняя	Любая
5	Доступность колосниковой решетки	При работе газогенератора доступна и может быть очищена от золы	При работе газогенератора не доступна	Колосниковая решетка не нужна	При работе генератора доступна и может быть очищена от золы
6	Наличие присадки водяного пара к воздуху	В большинстве случаев применяется	В большинстве случаев не применяется	В большинстве случаев не применяется	В большинстве случаев не применяется
7	Необходимость уплотнения крышки загрузочного люка бункера при работе газогенератора	Требуется плотное закрытие	Плотное закрытие не требуется	Требуется плотное закрытие	Плотное закрытие не требуется
8	Общая характеристика:	<ol style="list-style-type: none"> Использование физического тепла газа для подогрева и подсушки топлива в бункере. Сравнительно низкая температура газа, выходящего из генератора. Доступность колосниковой решетки во время работы 	<ol style="list-style-type: none"> Устойчивость процесса. Возможность применения смолистых топлив. Простота загрузки топлива во время работы генератора. Отсутствие необходимости присадки к воздуху водяного пара 	<ol style="list-style-type: none"> Возможность ведения высокоскоростного процесса газификации. Малый габарит по высоте. Ограниченный размер высокотемпературной зоны (активной). Умеренная температура стенок топливника, т.к. активная зона находится в его центре 	<ol style="list-style-type: none"> Хороший состав генераторного газа. Возможность применения смолистых топлив
		<ol style="list-style-type: none"> Невозможность использования смолистых топлив. Сложность, а зачастую невозможность загрузки бункера при работе. Необходимость присадки водяного пара 	<ol style="list-style-type: none"> Сравнительно высокая температура газа, выходящего из газогенератора (необходимы большие радиаторы). Трудность очистки колосниковой решетки и зольника при работе 	<ol style="list-style-type: none"> Необходимость водяного охлаждения воздушных сопел 	<ol style="list-style-type: none"> Большая высота генератора. Усложненное обслуживание. Сравнительно высокая температура газа, отходящего из генератора (требуются большие радиаторы)



для научных и технических потребностей. Состав и качество топливной биомассы (ТБ) зависят от применяемого для ее изготовления сырья и способа производства. Всякая ТБ обладает рядом физико-химических свойств, изучение и анализ которых позволяют определить пригодность и рациональность ее использования в заданном направлении, а также установить границы этих свойств, при которых использование топлива (в данном случае его газификация) является еще технически возможным и экономически целесообразным. Стандартизация и сертификация в этой области не только создадут предпосылки к развитию рынка ТБ в России, но и позволят ей выступить полноправным партнером на международном рынке ТБ, который сегодня активно развивается и вскоре обещает представлять значительный экспортный интерес для России.

Широкое использование возобновляемых топлив местных видов значительно снизит потребность внутреннего рынка России в топливах нефтяного происхождения. Это позволит соответственно увеличить экспорт нефти и пропорционально уменьшить выбросы вредных веществ, присущих нефтепроизводным топливам. Современные газогенераторные установки позволяют преобразовывать ТБ, соответствующую перечисленным выше требованиям, в горючие газы с высокими показателями эффективности. Однако пока ТБ не будет широко доступна потребителям, технология ГУТТ не получит особого распространения. Невозможно это также без установления стандартов на твердое биотопливо. Так что первоочередной сегодня становится задача создания и апробации таких стандартов.

Для современных технологий транспортного газогенераторостроения характерно плотное переплетение научной теории и эксперимента, что обусловлено дефицитом необходимой технической информации и результатов исследований. В связи с этим представленный в статье развернутый анализ перспектив использования биомассы может иметь особую ценность, демонстрируя в каких основных направлениях теория и практика применения биомассы движутся сейчас.

Установление стандартов на биотопливо создаст предпосылки для ста-

новления отечественного рынка ТБ, спрос на которую, в свою очередь, инициирует разбивку в обезлесенных районах России энергетических плантаций. Такие плантации будут способствовать рекультивации непригодных для сельского хозяйства почв, восстановлению микроклимата лесов и оздоровлению ландшафтов. Создание таких плантаций, помимо экономического, имеет и важный социальный аспект – возможность создания новых рабочих мест и повышение качества жизни людей в регионах.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ

Сегодня в области силового использования биомассы главенствуют методы проб и ошибок, поэтому дальнейшее развитие технологий силового использования биомассы зависит от ее стандартизации и сертификации как топлива, что создаст предпосылки к созданию эффективных, простых в эксплуатации и экологически безопасных газогенераторных установок. Упадок газогенераторных технологий в середине прошлого века был обусловлен неоправданно низкими ценами на нефтепроизводные топлива. Сегодня это преимущество топлив нефтяного происхождения ис-

черпало себя, создав благоприятные предпосылки для бурного развития технологии газификации твердых топлив на основе биомассы. Наиболее перспективными направлениями этого развития сейчас являются:

- механизация и автоматизация загрузки топлива и выгрузки негорючих остатков;
- автоматическая регулировка процесса горения и очистки;
- повышение КПД системы газогенератор–ДВС;
- вывод на переднюю панель транспортного средства информации о работе всех систем ГУТТ, в частности о моменте дозаправки топливом и пр.

Стандартизация ТБ является необходимым условием и залогом успеха вышеуказанных перспектив.

А. А. САМЫЛИН,
Н. М. ЦЫВЕНКОВА,
М. Г. ЯШИН

Задать свои вопросы авторам вы можете по e-mail: gasgen@gmail.com

Сообщаем нашим читателям, что сфера биоэнергетики будет широко освещена в следующем номере журнала «ЛесПромИнформ» № 1 за 2007 год.

137

