



NORTEC



ЧЕТЫРЕХСТОРОННИЕ СТАНКИ

НЕГОЦИАНТ
инжиниринг

МОСКВА: (495) 797-8860, 450-6737
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ: (812) 718-6926, 324-4988
ЕКАТЕРИНБУРГ: (343) 379-5842
WWW.NORTECMACHINE.RU

ПЕЛЛЕТЫ И АВТОМОБИЛЬ: ВСТРЕЧА НЕИЗБЕЖНА!

ЧАСТЬ 2

Есть три стадии признания научной истины: первая – это абсурд, вторая – в этом что-то есть, третья – это общеизвестно...

Эрнест Резерфорд

В статье подробно рассмотрены основные проблемы, над решением которых сегодня работают конструкторы автомобильных газогенераторов. Обоснована целесообразность использования брикетированной биомассы в качестве автомобильного топлива. Рассмотрены перспективы использования топливных гранул как горючего для газогенераторных автомобилей.

106

ПРОБЛЕМЫ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

В технологии газификации биомассы достигнут значительный прогресс. Современные процессы газификации позволяют преобразовать от 80 до 90% энергии биомассы в энергию горючих газов. Однако широкомасштабное использование биомассы в силовых и энергетических целях зависит не столько от способности экономически и экологически конкурировать с традиционными видами топлива, сколько от ее эксплуатаци-

онных характеристик. Если вопросы надежности и долговечности работы агрегатов и отдельных деталей газогенераторного автомобиля были более или менее разрешены еще в прошлом веке, то вопрос динамики газогенераторного автомобиля в значительной мере непроработан до сих пор. Перевод бензиновых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на генераторный газ влечет за собой падение мощности на 40–45%, а дизельных двигателей – приблизительно на 20%. Работа современного транспортного агрегата на такой пониженной мощности недопустима. Кроме того, нестабильность режима работы традиционных транс-

портных газогенераторных установок может провоцировать еще большее падение мощности. Существующие газогенераторные автомобили обладают более низкими динамическими характеристиками по сравнению с автомобилями, работающими на жидких нефтепроизводных видах топлива.

Рассмотрим причины снижения динамических качеств газогенераторного автомобиля. Для этого проанализируем его рабочий баланс, т.е. распределение мощности двигателя при преодолении различных видов сопротивления его движению.

Рабочий баланс автомобиля может быть представлен следующим уравнением:

$$N_e = N_r + N_f \pm N_h \pm N_j + N_w \quad (1),$$

где

- N_e – эффективная мощность двигателя;
- N_r – мощность, теряемая на трение в механизмах трансмиссии;
- N_f – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению автомобиля;
- N_h – мощность, затрачиваемая на преодоление подъема;
- N_j – мощность, затрачиваемая на разгон автомобиля;
- N_w – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха.



Обслуживание автомобильного газогенератора кустарного изготовления



В левой части уравнения 1 стоит мощность двигателя, а в правой – сумма мощностей, идущих на преодоление различных видов сопротивления движению автомобиля.

Мощность N_r , теряемая на трение в механизмах трансмиссии, может быть выражена через мощность двигателя N_e :

$$N_r = N_e \cdot (1 - \eta_m) \quad (2), \text{ где}$$

η_m – механический коэффициент полезного действия трансмиссии автомобиля.

Если мощность, выраженную через мощность двигателя N_e и η_m , подставить в уравнение 1, то получим:

$$N_e \cdot \eta_m = N_f \pm N_h \pm N_j + N_w \quad (3).$$

В левой части уравнения 3 стоит мощность двигателя, подведенная к ведущим колесам автомобиля, т.е. за вычетом потерь мощности на трение в механизмах трансмиссии. Правая же часть этого уравнения составляет сумму мощностей, идущих на преодоление различных видов сопротивления движению автомобиля. Уравнение 3 показывает, что чем больше мощность двигателя N_e , тем лучше будут динамические качества автомобиля. При рассмотрении динамических качеств газогенераторного автомобиля следует иметь в виду, что мощность двигателя на генераторном газе в большинстве случаев составляет всего лишь 65–70% от мощности бензинового двигателя. Очевидно, что проблема потери мощности двигателя наиболее значимая. Над ее решением работали многие изобретатели, исследователи и конструкторы с момента создания первых газогенераторов транспортного типа, предлагая самые разнообразные конструкторские решения. Исследовав эти разработки, можно выделить три основных пути решения проблемы падения мощности в системе ДВС-газогенератор. Рассмотрим их детально.

1. Создание транспортного двигателя, специально сконструированного для работы на генераторном газе. Это решение с технической точки зрения является наиболее целесообразным и простым. Однако с практической точки зрения оно наименее приемлемо.



Газогенераторная пожарная машина (Финляндия)

2. Адаптация транспортного бензинового либо дизельного двигателя внутреннего сгорания для работы на генераторном газе. Причем подобная адаптация допускает лишь незначительную реконструкцию путем внесения ряда изменений в конструкцию двигателя. Это решение является наиболее экономически выгодным, но сложность заключается в том, что необходимо одновременно выполнить два противоречащих друг другу требования: возможно меньшее количество конструктивных изменений и минимальные потери мощности.

3. Создание универсального двигателя, одинаково хорошо работающего на жидком топливе (в том числе и биодизели), генераторном газе, а также на сжатых и сжиженных газах. Это решение, хотя и является наиболее дорогим, имеет следующее преимущество: позволяет при езде на малые расстояния или маневрировании машины, не разжигая генератора, использовать в качестве топлива бензин или биодизельное, а при поездках на дальние расстояния переходить на газовое питание.

Каждое из трех перечисленных решений проблемы имеет свои достоинства и недостатки; соответствующие перспективы развития.

Рассмотрим подробнее особенности второго и третьего решения

как наиболее перспективных.

Основные моменты, которые необходимо учитывать при переводе автотракторных карбюраторных и дизельных моторов на питание генераторным газом, вытекают из формулы мощности двигателей внутреннего сгорания.

Для ДВС эта формула может быть представлена в двух видах:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot n}{30 \cdot \tau} \quad (4)$$

и

$$N_e = k \cdot V_h \cdot \eta_o \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot h \cdot n \quad (5),$$

где

P_e – среднее эффективное давление (кг/см²);

V_h – рабочий объем цилиндров двигателя (литры);

n – скорость вращения коленчатого вала двигателя (об./мин.);

k – постоянный коэффициент;

η_o – коэффициент подачи двигателя;

η_i – индикаторный коэффициент полезного действия двигателя;

η_m – механический коэффициент полезного действия;

h – теплосодержание рабочей смеси топливо-воздух;

τ – число тактов двигателя.

Для двигателей на газообразном топливе:

$$h = \frac{H}{1 + \alpha \cdot L_i} \quad (\text{Дж/м}^3) \quad (6)$$

Для двигателей на жидком топливе:

$$h = \frac{H}{\alpha \cdot L_t} \quad (\text{Дж/кг}) \quad (7), \text{ где}$$

H – теплотворная способность для газообразного (кал./м³) и жидкого топлива (кал./кг);

L_t – теоретически необходимое количество воздуха для сжигания 1 м³ газообразного (м³/м³) или 1 кг жидкого топлива (м³/кг);

α – коэффициент избытка воздуха (отношение действительного количества воздуха к теоретически необходимому).

В формуле 6 теплотворная способность газообразного топлива отнесена к объему газозоообразной смеси следующим образом: 1 м³ газа плюс объем действительного количества воздуха.

В формуле 7 теплотворная способность жидкого топлива отнесена к объему действительного количества воздуха (объемом 1 кг жидкого топлива обычно пренебрегают по сравнению с объемом действительного количества воздуха).

Анализ формулы 4 показывает, что падение мощности (при неизменном значении V_h и n) от перевода транспортного двигателя внутреннего сгорания жидкого топлива на питание генераторным газом происходит за счет снижения величины среднего эффективного давления P_e .

Как известно, для подъема среднего эффективного давления существуют три основных средства:

- 1) увеличение степени сжатия в двигателе (P_e почти прямо пропорционально ε (степени сжатия));
- 2) уменьшение скорости прохода газа во всасывающем клапане;
- 3) наддув двигателя (подача в рабочий цилиндр предварительно сжатого заряда).

Анализ формулы 5 позволяет более подробно уяснить причины падения мощности двигателей жидкого топлива при переводе их на питание генераторным газом.

Мощность бензиновых двигателей, переведенных на питание генераторным газом, падает примерно на 20–25% за счет меньшего теплосодержания смеси h . При переводе дизельных двигателей на газогене-

раторное питание теплосодержание смеси почти не меняется, т.к. коэффициент избытка воздуха у дизельных двигателей значительно выше, чем у карбюраторных и газовых. Известно, что теплосодержание смеси даже повышается (приблизительно на 10%) при конвертации дизелей в газогенераторные двигатели.

Падение коэффициента наполнения (коэффициент подачи h_v) происходит вследствие увеличения температуры рабочей смеси и повышения сопротивления на линии всасывания (за счет сопротивления как в самом газогенераторе, так и в очистителях, охладителях, трубопроводах и других механизмах) вызывает падение мощности двигателя примерно на 10%.

Падение индикаторного коэффициента полезного действия h_i происходит как за счет уменьшения скорости горения (особенно при малом содержании водорода в генераторном газе), так и за счет неподходящего для работы на генераторном газе клапанного распределения бензинового двигателя. Это вызывает падение мощности еще приблизительно на 10% (при переводе на генераторный газ дизельных двигателей эти потери не имеют места).

В итоге при переводе на генераторный газ мощность бензинового двигателя падает примерно на 40–45%, а мощность дизельного двигателя снижается примерно на 20%.

Из уравнения 3 видно, что чем меньше будет каждое из слагаемых правой его части, тем меньшая мощность двигателя потребуется для преодоления сопротивления движению автомобиля. Разберем более подробно составляющие правой части этого уравнения.

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению автомобиля, выражается следующим уравнением:

$$N_f = \frac{G_a \cdot f \cdot V_{\alpha \max}}{2000 \cdot \eta_T} \quad (8);$$

мощность для преодоления подъема:

$$N_h = \frac{G_a \cdot h \cdot V_{\alpha \max}}{2000 \cdot \eta_T} \quad (9);$$

мощность, идущая на разгон автомобиля:

$$N_j = \frac{G_a \cdot \delta \cdot j_a \cdot V_{\alpha \max}}{2000 \cdot \eta_T} \quad (10), \text{ где}$$

f – коэффициент сопротивления качению автомобиля;

G_a – полный вес автомобиля (кг);

V_a – скорость автомобиля (км/ч);

h – угол подъема (%);

δ – коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс на разгон автомобиля;

j_a – ускорение автомобиля (м/с²);

g – ускорение силы тяжести (м/с²);

η_T – КПД трансмиссии автомобиля.

Из уравнений 8, 9 и 10 видно, что с увеличением веса и скорости движения автомобиля возрастает и мощность, затрачиваемая на преодоление указанных выше сопротивлений.

При равной скорости движения газогенераторного и бензинового автомобилей по дороге с одинаковым значением коэффициента качения f , затраты мощности на передвижение газогенераторного автомобиля будут больше по сравнению с бензиновым. Основной причиной этого является увеличение веса газогенераторного автомобиля за счет смонтированной на нем газогенераторной установки (вес которой для современных грузовых автомобилей колеблется в пределах 180–550 кг).

Вследствие уменьшения мощности газогенераторного двигателя, а также увеличения «мертвого» веса газогенераторного автомобиля обладает меньшим запасом мощности, который может быть израсходован на преодоление подъема или сообщение автомобилю ускорения. Этим и объясняется то, что газогенераторные автомобили для преодоления суммарного дорожного сопротивления вынуждены чаще, чем бензиновые, работать на низших передачах. По той же причине газогенераторные автомобили преодолевают меньшие подъемы и обладают значительно худшей приемистостью по сравнению с аналогичными бензиновыми автомобилями.

Мощность, идущая на преодоление сопротивления воздуха, может быть выражена уравнением:

$$N_w = \frac{K \cdot F \cdot V_a^3}{13000 \cdot \eta_T} \quad (11), \text{ где}$$



N_w – мощность, расходуемая на преодоление сопротивления воздуха;

K – коэффициент, характеризующий обтекаемость автомобиля;

F – лобовая площадь автомобиля (m^2);

V_a – скорость автомобиля (км/ч).

Зависимость величин, входящих в уравнение 11, показывает, что мощность, идущая на преодоление сопротивления воздуха, прямо пропорциональна коэффициенту обтекаемости K лобовой площади автомобиля F и скорости движения.

По сравнению с бензиновым газогенераторный автомобиль при одинаковой скорости движения испытывает большее сопротивление воздуха. Это происходит вследствие определенного увеличения лобовой площади автомобиля за счет размещения на нем газогенератора и модуля тонкой очистки. Дополнительные выступы деталей газогенераторной установки также снижают обтекаемость газогенераторного автомобиля.

При небольших скоростях движения затраты мощности на преодоление сопротивления воздуха незначительны и существенной роли не играют. Однако уже при скорости движения 40–50 км/ч сопротивление воздуха заметно возрастает, и пренебрегать им нельзя.

Суммируя все сказанное выше, можно сделать вывод, что снижение динамических качеств газогенераторного автомобиля по сравнению с бензиновым происходит по трем основным причинам:

- 1) падение мощности двигателя при переводе его с бензина или дизеля на генераторный газ;
- 2) увеличение «мертвого» веса автомобиля;
- 3) увеличение фактора воздушного сопротивления KF .

Очевидно, что влияние двух последних факторов незначительно по сравнению с потерей мощности. Одной из основных причин ее снижения является пониженная теплотворная способность газозвушной рабочей смеси по сравнению с бензиновоздушной. При работе двигателя на бензине калорийность рабочей смеси составляет порядка 3350 Дж/м³, в то время как рабочая смесь из ге-



Газогенераторная установка снижает обтекаемость автомобиля

нераторного газа и воздуха обладает калорийностью всего лишь 2220–2300 Дж/м³, что по отношению к калорийности бензиновой смеси составляет 65–70%.

На понижение мощности двигателя в значительной мере оказывает влияние коэффициент наполнения. Наполнение цилиндров двигателя при работе на генераторном газе меньше, чем при работе на бензине. Объясняется это тем, что температура газозвушной смеси, поступающей в двигатель, выше, чем температура бензиновоздушной. Следовательно, за единицу времени при всех прочих равных условиях в цилиндры газогенераторного двигателя будет засосано меньшее весовое количество газозвушной смеси. А при ее сгорании выделится меньшее количество тепловой энергии. Поэтому для улучшения наполнения двигателя целесообразно как можно лучше охладить поступающий газ.

В двигателях внутреннего сгорания, работающих на жидком топливе, для лучшего испарения горючего применяется подогрев рабочей смеси. В большинстве случаев для этой цели используется теплота отработанных

газов. Всасывающий и выхлопной коллекторы стремятся расположить ближе друг к другу. Зачастую оба коллектора отливаются совместно, как одна деталь. Также применяется ряд других специальных мер для подогрева воздуха, рабочей смеси или того и другого одновременно. Если в бензиновых двигателях подогрев рабочей смеси желателен, то в газогенераторном двигателе это совершенно не требуется. В целях лучшего наполнения двигателя, генераторный газ должен быть как можно лучше охлажден.

Наполнение двигателя уменьшается



Генераторный газ, прежде чем попасть в цилиндры, проходит довольно длинный путь

еще и по той причине, что сопротивление всасыванию при работе двигателя на газе значительно выше, чем при работе на бензине. В бензиновом двигателе рабочая смесь проходит небольшое расстояние от карбюратора до цилиндров двигателя по всасывающему коллектору. В газогенераторном двигателе ситуация полностью противоположная. Генераторный газ, прежде чем попасть в цилиндры, проходит довольно длинный путь через систему очистителей, а также трубопроводов, соединяющих между собой отдельные агрегаты газогенераторной установки. Поэтому и сопротивление всасыванию здесь значительно выше.

Кроме того, причиной понижения мощности газогенераторного двигателя является меньшая скорость горения газозооной смеси. Рабочая смесь, составленная из генераторного газа и воздуха, для обеспечения достаточно быстрого и хорошего сгорания требует большего сжатия, чем это необходимо для сгорания бензиновозоной смеси. Работа двигателя на генераторном газе при низких степенях сжатия (4–5) протекает неустойчиво. Рабочая смесь горит медленно, при этом мощность двигателя значительно понижается. По этой причине при работе двигателя на газе применяется более высокая степень сжатия, нежели при работе на бензине. Оперевание зажигания в газогенераторных двигателях обычно также дается несколько большее, чем в бензиновых.

Таким образом, падение мощности газогенераторного двигателя по сравнению с бензиновым происходит по трем основным причинам:

- 1) меньшая калорийность газозоной рабочей смеси по сравнению с бензиновозоной;
- 2) уменьшение коэффициента наполнения двигателя вследствие повышения сопротивления всасыванию и увеличения температуры рабочей смеси;
- 3) меньшая скорость сгорания газозоной смеси по сравнению с бензиновозоной.

По нашему мнению, повышение мощности газогенераторного двигателя может быть достигнуто только 2 методами.

1. Конструктивная оптимизация двигателя, переводимого на газовое питание, а именно:

- повышение степени сжатия;
- увеличение проходных сечений всасывающих клапанов и коллектора;
- изоляция всасывающего коллектора от подогрева выхлопными газами;
- увеличение литража двигателя за счет расточки цилиндров;
- значительная реконструкция самого двигателя (изменение диаметра и хода поршня и системы распределения);
- наддув газовой смеси в цилиндры двигателя и другое.

Это направление достаточно широко освещено в специальной литературе, т.к. перечисленные проблемы актуальны для всех ДВС, работающих на газу. По этой причине в рамках данной статьи мы не будем подробно останавливаться на первом методе.

2. Повышение калорийности генераторного газа. Калорийность генераторного газа напрямую зависит от вида и качества применяемого топлива. На сегодняшний день наиболее перспективным газогенераторным видом топлива является топливо на основе биомассы, особенно на базе древесины и сельскохозяйственных остатков. Однако малый насыпной вес растительных и древесных отходов, их невысокая теплотворность в слое, а также неудобство транспортировки заставили искать новые решения и подходы. Брикетирование топлива – это один из наиболее интересных методов повышения калорийности генераторного газа.

БРИКЕТИРОВАНИЕ ТОПЛИВА

Брикеты, как топливо для газификации в автомобильных газогенераторах, имеют ряд существенных преимуществ перед ископаемым углем или натуральным растительным топливом. Основные преимущества заключаются в однородности состава брикета, его большем насыпном весе и более высокой теплотворности.

Брикетирование растительных отходов, наравне с брикетированием древесной мелочи, было впервые применено в СССР. В 30-х годах прошлого века советскими учеными раз-

рабатывались теоретические вопросы брикетирования и осуществлялась постройка первых промышленных образцов машин для этого. В результате развития технологии брикетирования сухой биомассы наибольшее распространение получили 2 метода – холодного и горячего брикетирования.

В то время создание систем автоматического питания газогенераторных установок было невозможно, поэтому размеры брикетов выбирались из условий удобства их ручного обслуживания. Кроме того, после окончания Второй Мировой войны, когда мировой парк газогенераторных автомобилей сократился только в течение 1949 года с 1 млн до 50000 единиц транспорта, спрос на брикетированную биомассу пропал, уступив место спросу на более дешевые нефтепродукты и уголь. Кроме того, многие потребители предпочитали сами заготавливать топливную биомассу для своих нужд. В результате рынок топливной биомассы практически исчез.

Второе рождение технологии брикетирования можно отнести к 80-м годам прошлого века. В результате ряда нефтяных кризисов, разразившихся тогда, во многих развитых странах были начаты компании по энергосбережению и поиску альтернативных источников энергии. Однако проводимые тогда в США, Швеции, Германии и Финляндии научные изыскания не получили большого практического и коммерческого успеха. Главным образом из-за последующего удешевления нефти. Тогда же классические древесные и древесноугольные брикеты «эволюционировали» к своему современному образу в виде древесных топливных гранул (пеллет). Это было обусловлено созданием первых систем автоматического управления и питания тепловыми агрегатами, стоимость которых была приемлема для их бытового использования. Классические брикеты, изначально предназначенные для ручной загрузки маломощных тепловых и силовых агрегатов, были не пригодны для автоматического питания газогенераторных систем. В результате новых требований исходные форма и размеры брикетов (50*50*80 мм) были уменьшены до размеров современных пеллет. При этом классические брикеты не вышли из потребления, но их рынок и потребление значительно сократились, уступив место более



В 1984 году компания Volvo открыла завод в Верденге (Германия), который функционировал до 1989 года. В том же 1984 году еще 2 завода аналогичного профиля были открыты в США. Но проработали они лишь до 1988 года.

Только в 1987 году в шведском городе Кил был построен завод, который функционирует до сих пор. Он является старейшим предприятием данного профиля в мире. Проектная производительность предприятия составляла 3000 тонн/год. Коммерческим успехом этот пеллетный завод во многом обязан принятию шведским правительством в 1990 году новой схемы налогообложения минеральных видов топлива. Новые правила налогообложения сделали экономически рентабельным использование биомассы в качестве топлива и создали мощные предпосылки для развития рынка. Это был поворотный момент в истории. С тех пор область использования древесных гранул начала быстро расширяться.

Были созданы бытовые котельные, более дешевые и экономичные по сравнению с котельными на природном газе. Впоследствии общемировые объемы продаж древесных топливных гранул следовали за кривой спроса на такие мини-котельные. По мере увеличения популярности мини-котельных и их географического распространения росла популярность древесных пеллет и область их применения. Увеличивалось количество производителей и поставщиков топливных гранул. Ситуация, которая сложилась на сегодняшний день, позволяет с уверенностью говорить о перспективности использования древесных гранул в качестве альтернативы жидким нефтепроизводным видам топлива в транспортном секторе.

Транспортировка – исключительно важный экономический фактор отрасли гранулирования древесных отходов. Поставка на сравнительно большое расстояние резко уменьшает рентабельность производства древесных гранул. В свою очередь ограниченность региона сбыта сдерживает рост объемов производства пеллет.

Обычно древесные гранулы перед отгрузкой потребителю фасуют в большие полиэтиленовые мешки (т.н. биг-бэги), но пеллеты можно транспортировать и в нерасфасованном

прогрессивной форме – древесным топливным гранулам.

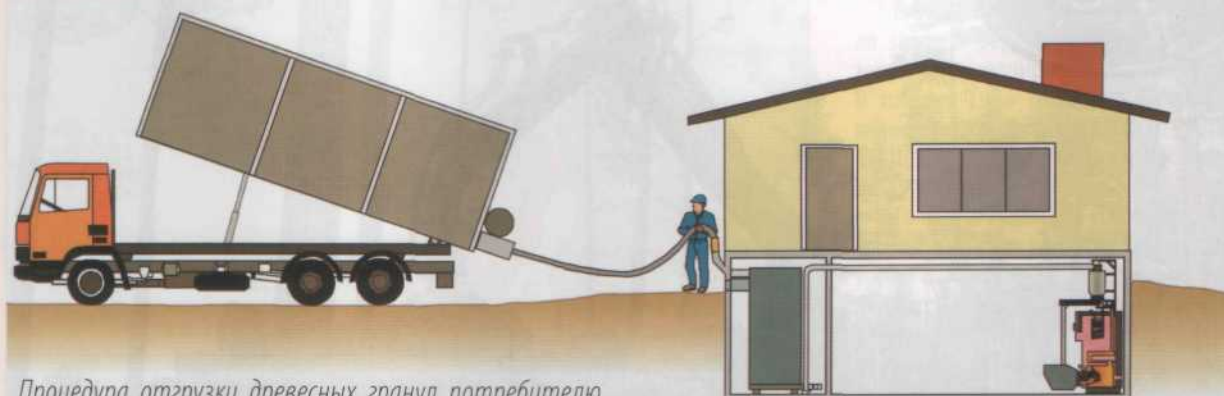
ДРЕВЕСНЫЕ ГРАНУЛЫ

Впервые древесные гранулы для топливных целей были предложены в Швеции в 70-х годах прошлого века. В то время появились первые системы автоматической подачи

твердого топлива для печей. Однако производство гранул в промышленных масштабах началось только в ноябре 1982 года в г. Мора. Как это обычно бывает, после запуска завод сразу же столкнулся с целым рядом проблем, связанных не только с самим производством, но и в первую очередь со сбытом готовой продукции. Отсутствие производственного опыта сказывалось на неоправданно высокой себестоимости пеллет, а новизна систем сжигания такого топлива ограничивало рынок сбыта. Кроме того, завод не имел опыта и не умел контролировать состав древесных гранул и регулировать их энергетическую ценность. Первые древесные гранулы промышленного производства изготавливались преимущественно из коры. Их зольность составляла от 2,5 до 17%. Из-за несовершенства технологии и ряда проблем, которые завод не сумел решить, в 1986 году производство было закрыто.



Упаковка топливных гранул в биг-бэги



Процедура отгрузки древесных гранул потребителю

виде – тракторами или грузовиками насыпью под брезентом. Погрузочно-разгрузочные работы выполняются с помощью т.н. пневматических погрузчиков. Удобство таких систем не только в том, что они позволяют полностью механизировать процесс загрузки-выгрузки транспортного средства (подача древесных гранул может осуществляться на расстояние до 20 м с производительностью 10 тонн/час), но и автоматически контролировать количество отгруженного продукта. Кроме того, для перемещения пеллет нет необходимости использовать системы пневмоподачи какой-то особой

конструкции. Для этих целей вполне подойдут обычные системы пневматической подачи растительного фуража.

Еще одним преимуществом топливных гранул является удобство их транспортировки. Оборудование доставки топливных древесных гранул построено по взаимозаменяемому, модульному принципу. Другими словами, для перевозки пеллет не требуется использовать специальный автотранспорт, как в случае с транспортировкой нефтепродуктов. Пневмотранспортер подачи древесных гранул приводится в движение от трансмиссии грузовика и не требует дополнительных источников энергии. Механические характеристики пеллет позволяют перевозить их по дорогам второго класса контейнерами объемом 18 м³, разделенными на 3 отсека по 6 м³ каждый.

В Финляндии не так давно проводилось исследование эффективности поставки древесных гранул с помощью взаимозаменяемых контейнеров и цистерн к оптовым складам. Дальше поставка с промежуточного оптового склада потребителю должна была осуществляться грузовиками с пневматическими насосными установками, предназначенными для фуража. В результате использование дорогих насосных грузовиков было сокращено. Исследование подтвердило, что с перевозкой пеллет успешно справляется более простая и дешевая техника. А для временного хранения древесных гранул можно использовать, например, зернохранилища, которые пустуют большую часть года. Это позволяет привлекать дополнительные финансы в аграрный сектор.

Древесные гранулы для рознич-

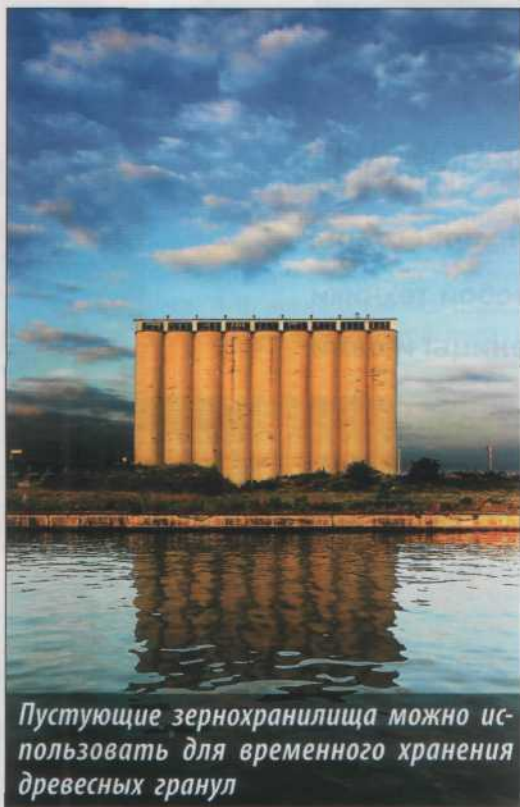
ной продажи населению фасуются в емкости по 15–25 кг либо по 1–1,5 м³ (преимущественно для фермерских хозяйств, имеющих автокар или гидро- и электропогрузчики). Мешки для упаковки пеллет изготавливаются из вторичных полимеров. Рост спроса на такой упаковочный материал не принесет экологического вреда.

Для использования топливных гранул в автомобильных газогенераторных установках необходимо, чтобы характеристики гранул соответствовали достаточно жестким требованиям. Однако стоит упомянуть, что для использования в современных автоматических котельных и печах пеллеты также должны соответствовать весьма жестким требованиям. Иначе производитель может снять гарантию. Кроме того, при невыполнении требований к топливу производительность котельной будет резко падать, а расход горючего повышаться. Таким образом, пеллеты могут стать одним из наиболее перспективных альтернативных видов топлива не только для тепловых, но и для силовых целей.

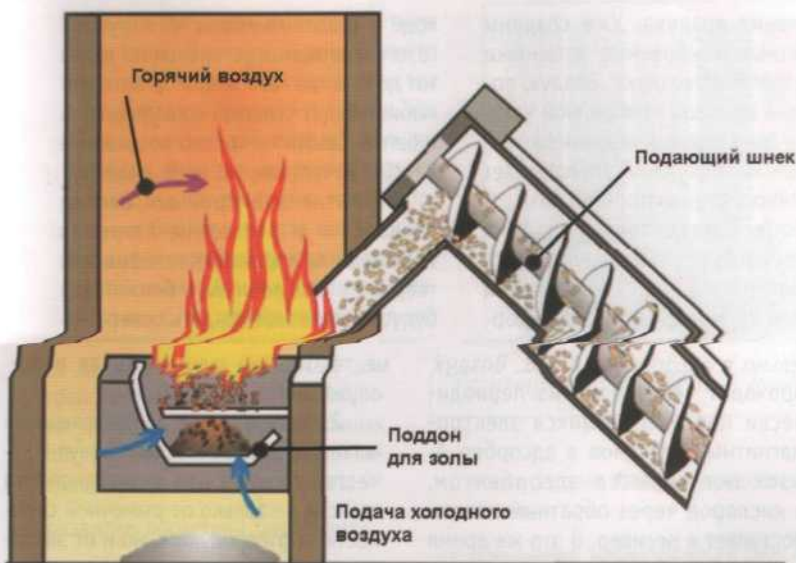
ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАНУЛИРОВАННОГО ТОПЛИВА

Внешние признаки хорошего качества древесных гранул следующие:

- поверхность. Поверхность гранул должна быть гладкой, блестящей, не иметь трещин и вздутий. Это свидетельствует об их прочности и малом истирании;
- диаметр. Чаще всего встречается 6 и 8 мм, намного реже 4 или 10 мм. Диаметр впоследствии играет значительную роль в настройке



Пустующие зернохранилища можно использовать для временного хранения древесных гранул



Традиционная схема подачи пеллетного топлива в мини-котельную

работы потребляющего агрегата. Большой или меньший диаметр указывает, что предприятия не занимались производством древесных гранул, а производили другие гранулированные продукты;

- **длина.** Длина гранул ограничивается для систем всасывания. Диаметр шлангов в Европе не позволяет всасывать гранулы длиной более 50 мм. Но гранулы не должны быть бесконечно малы по длине;
- **запах.** Легкий сладковатый запах клея – признак хорошего качества, достигаемого текучестью и высокими температурами при гранулировании;
- **цвет.** Цвет не должен быть серым – это указывает на долгое лежание сырья, появление грибка, плохое хранение, что для древесины является потерей энергии. Более популярны гранулы светлых тонов. Хотя темные цвета не являются признаком плохого качества, некачественные гранулы, как правило, темного цвета;
- **пыль.** Большое содержание древесной пыли – это признак хрупкости гранул, их быстрого истирания и плохого качества. При хранении в закрытых мешках пыли, как правило, меньше.

Перечисленные выше характеристики пеллет в скором времени будут закреплены общеевропейским

стандартом на твердые виды топлива на основе биомассы. Это позволит создать дополнительные предпосылки для развития спроса и предложения на топливные гранулы. А это, в свою очередь, должно повысить их доступность для конечного потребителя в разных территориальных зонах.

ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМОБИЛЕЙ НА ДРЕВЕСНОМ ТОПЛИВЕ

В практике эксплуатации транспортных газогенераторов середины прошлого века автоматическое регулирование их работы редко применялось ввиду необходимости дополнительного, сложного, дорогого и малонадежного оборудования. Правильно спроектированное устройство для автоматического управления должно базироваться на научно установленных и обоснованных взаимосвязях основных параметров работы газогенераторного агрегата, подлежащего управлению, с учетом взаимного переплетения отдельных факторов и влияния их друг на друга. Это условие в изобретениях и работах прошлого века в большинстве случаев не соблюдалось. И это вполне понятно и естественно, поскольку данные изобретения относятся к начальному периоду развития технологии транспортных газогенераторов. На тот момент происходящие в газогенераторах сложные процессы были еще толком не изучены. Да и сегодня еще нет однозначного описания

всех физико-химических процессов, протекающих в газогенераторной установке. Кинетика процесса газификации и пиролиза биомассы до сих пор остается вопросом открытым. Однако за 60 лет застоя в технологии транспортных газогенераторов, в смежных областях науки и техники достигнут значительный успех. Эти достижения научно-технического прогресса позволяют создать полностью

установку транспортного типа с высоким КПД преобразования твердой биомассы в генераторный газ.

Создание таких систем в настоящий момент не представляет сложности, а их применение позволяет поднять КПД системы ДВС-газогенератор на 50–60%. Кроме того, использование такой системы уменьшит содержание смол в генераторном газе, а смолы – это наиболее энергоемкая составляющая биотоплива. Достигается это за счет более эффективной очистки и более полного крекинга в топливнике газогенератора. Применение таких газогенераторных установок наиболее целесообразно с системами автоматической подачи топлива, т.к. это создает замкнутый регулируемый цикл. Для транспортных агрегатов целесообразна автоматическая подача только гранулированного топлива.

Нет ни одной конструкции транспортного газогенератора, в которой бы не была предусмотрена регенерация тепла, рассеиваемого установкой. Раньше теплота, выделяемая генераторным газом, использовалась преимущественно для подогрева и подсушки топлива в генераторном



Современный автомобиль с кустарной газогенераторной установкой



Современный газогенераторный трактор с газогенераторной установкой типа «Имберт» (Франция, 2004 год)

бункере. Поскольку влажность пеллет строго регламентирована и они не нуждаются в сушке, их применение дает возможность использовать тепло, рассеиваемое установкой, для других нужд.

Содержание коррозионноагрессивных веществ в топливных гранулах сравнительно невелико. Это значит, что ресурс двигателя, работающего на генераторном газе, будет значительно выше по сравнению с карбюраторным или дизельным двигателем. При условии, конечно, качественной очистки генераторного газа от твердых угольных частиц.

Увеличение калорийности генераторного газа становится возможным благодаря достижениям в технологии

разделения воздуха. Уже созданы компактные мембранные установки для разделения воздуха. Воздух, подаваемый из такой мембранной установки в зону горения газогенератора, обогащен кислородом. А это повышает калорийность генераторного газа.

Процесс разделения воздуха основан на том, что молекулы азота способны поглощаться микропорами твердого гранулированного адсорбента. Это происходит последовательно в адсорберах А и В. Воздух проходит через один из периодически переключающихся электромагнитных клапанов в адсорбер А. Азот поглощается адсорбентом, а кислород через обратный клапан поступает в ресивер. В это же время в адсорбере В происходит понижение давления и выброс накопленного азота. Через время полцикла адсорберы обмениваются своими функциями. Адсорбер В задерживает азот и продуцирует кислород, а адсорбер А освобождается от накопленного азота.

Применение таких установок позволило бы избежать падения мощности двигателя, работающего на генераторном газе, за счет значительного повышения калорийности газа уменьшением содержания балластного азота в смеси. Высвобождаемый азот можно, в свою очередь, рационально использовать для теплоизоляции рабочей зоны газогенератора, например.

ВЫВОДЫ

1. В транспортном газогенераторостроении еще много проблем, связанных с повышением КПД системы ДВС-газогенератор. Но на одном небольшом примере возможности повышения калорийности генераторного газа мы хотели бы показать, что на сегодняшний день неразрешимых проблем в этой области нет. Все проблемы, на которых мы подробно остановились в начале статьи, сегодня уже имеют свои решения. Для развития транспортного газогенераторостроения, успеха и популярности автомобилей «на дровах» нужно проделать еще много работы по совершенствованию существующих систем ДВС-газогенератор и оптимизации эксплуатационных характеристик разных видов генераторного топлива. При умелом использовании последних достижений смежных отраслей техники и смелом новаторском под-

ходе в создании новых конструкций газогенераторных установок не так далеко тот день, когда газогенераторные автомобили будут успешно конкурировать с бензиновыми не только по динамическим качествам, но и по дизайну.

Развитие электронных систем управления и последние открытия в кинематике и динамике газификации твердых видов топлива в ближайшем будущем позволят создать совершенные транспортные газогенераторы, не требующие ручного труда в обслуживании.

2. В наши дни рентабельность использования древесных гранул в качестве топлива для автотранспорта зависит не только от рыночной стоимости нефтепродуктов, но и от экологических требований к использованию нефтепроизводного топлива. К слову, для выполнения условий Киотского протокола по частичному переходу от традиционных видов топлива к биотопливу только Европейскому союзу необходимо будет использовать не менее 120 млн тонн древесных гранул в год. Таким образом, неудивительно, что биотопливо все чаще и чаще рассматривается как топливо будущего, особенно для транспортных средств.

3. Твердые виды топлива на основе биомассы, которые могут быть использованы для двигателей внутреннего сгорания с газогенераторной установкой, весьма разнообразны

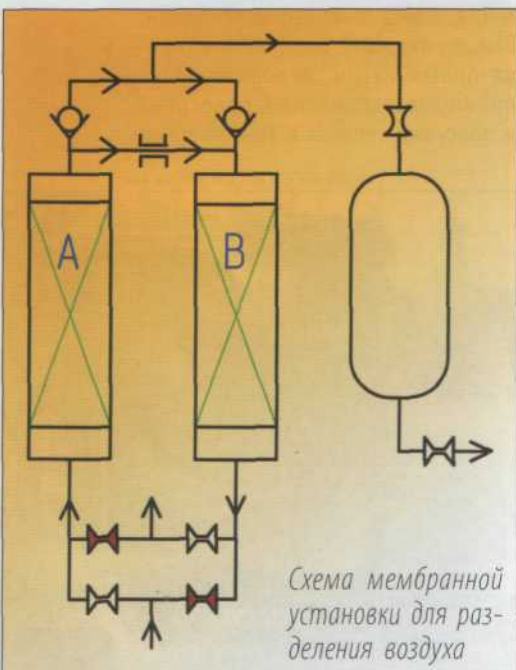


Схема мембранной установки для разделения воздуха



Древесные топливные гранулы

по своим физическим и химическим свойствам. У каждого вида такого биотоплива есть свои достоинства и недостатки применительно к использованию в газогенераторном автомобиле. В настоящее время ведутся разработки по созданию нового поколения биотоплива для использования в транспортных газогенераторных устройствах. Укажем основные направления, по которым ведутся исследования и работа:

- создание новых, удобных для транспортировки видов биотоплива, в частности композиционных материалов энергетического назначения (т. н. энергопеллет);
- развитие логистики биотоплива;
- разработка программы мероприятий по стимулированию прямого и косвенного экспорта биотоплива;
- исследование возможностей интенсификации лесного хозяйства;
- разработка программы мероприятий по повышению эффектив-



Разновидности древесных гранул

- ности использования древесины в целом;
- повышение эффективности сжигания древесины в газогенераторных установках;
- разработка линейки высокоэффективных транспортных газогенераторов нового поколения.

Анализу физических и химических свойств существующих ви-

дов твердого биотоплива, а также анализу предпочтительности их использования для силовых и энергетических целей будет посвящена наша статья в следующем номере журнала.

А. А. САМЫЛИН,
инженер-конструктор 1-й категории

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

Международная специализированная выставка

20-22 июня 2006

Санкт-Петербург

↑ БиоТоп ↓
ЭКСПО

Выставочный Центр
Северо-Запада РФ

Выставочное объединение
"СИВЕЛ"

194100, Санкт-Петербург,
ул. Капитана Воронина, 13
тел./факс: (812) 596 3781,
(812) 324 6416,

e-mail: drevo@sivel.spb.ru

sivel@sivel.spb.ru,

www.sivel.spb.ru

Оборудование и технологии для
производства и использования биотоплива

Международная конференция "Актуальные
проблемы биотоплива и биоэнергетики"

Информационная поддержка

ДЕРЕВО.RU

Лесной

Лес

PRO LЕС

WOOD ENERGY

ДЕЛОВОЙ ЛЕС

лесной

лес

M&T Consulting Ltd.

лесной

ВЕСТНИК

лесной

лесной

лесной

лесной

лесной

лесной