

представляют собой десорбцию продуктов реакции и удаление (ре-диффузию) их в газовую фазу. Таким образом, процесс в целом включает в себя три вида процессов: диффузионные, адсорбционные и собственно химические, из которых два последних весьма тесно переплетаются.

При низких температурах происходит медленное окисление углерода, при котором преобладают сорбционные процессы. Сорбционный механизм взаимодействия с кислородом даже для наименее активных углей (графит, электродный уголь, высокотемпературный кокс) перестает играть роль при температурах 600 - 800 К. (При взаимодействии углерода с двуокисью углерода или водяным паром сорбционные явления оказывают влияние даже при температурах 1000 - 1200 К). По мере повышения химической активности угля и увеличения экзотермического эффекта реакции наблюдается снижение значений тех температур, после достижения которых роль сорбционных процессов значительно сокращается.

При высокотемпературном горении скорости адсорбции и десорбции настолько велики, что можно пренебречь нестационарностью, связанной с сорбционными процессами. При этом можно считать, что данному количеству поглощенного углем окислителя отвечает стехиометрическое количество выделяющихся продуктов реакции. Механизм горения в этих условиях вследствие быстроты сорбционных процессов приобретает как бы мгновенный, «ударный» характер.

По результатам исследований можно сделать вывод об эффективности использования природного газа для улучшения экологических показателей автомобильных и тракторных дизелей, в том числе с турбонаддувом. Прежде всего это относится к снижению содержания в отработавших газах сажи, представляющей серьезную опасность для здоровья человека благодаря адсорбции на ее поверхности канцерогенных веществ.

## **МОБИЛЬНАЯ АВТОНОМНАЯ ЭНЕРГОУСТАНОВКА С ДВС НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ КОНТЕЙНЕРНОГО ИСПОЛНЕНИЯ ДЛЯ «МАЛОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»**

**Маслов Ю.Л., Лавров Б.П.** (МГТУ им. Н.Э.Баумана), **Шаповалов А.С.** (ООО «Энергомашсервис»)

Для исследования возможности использования альтернативных и возобновляемых топлив в «малой энергетике» в МГТУ им. Н.Э.Баумана, начиная с 1990 года/ в Проблемной лаборатории ДВС проводятся комплексные исследования по созданию энергоустановок с ДВС и двигателями Стирлинга и газогенераторными установками на растительных и древесных отходах для тепло-электроснабжения небольших предприятий, фермерских хозяйств, жилых объектов и т.п., а также для привода насосов, вентиляторов и разнообразных средств малой механизации. Это – продолжение работ, выполненных коллективом кафедры под руководством профессора Д.Н.Вырубова в 1941-43 г.г. по заданиям различных наркоматов по переводу ДВС и металлургических печей на газообразные топлива, получаемые из местных видов топлив.

После проведения обзора работ по использованию газогенераторных установок в различных отраслях народного хозяйства и их анализа, на кафедре был спроектирован и изготовлен газогенератор (ГГ) транспортного типа на растительных и древесных отходах обращенного процесса газификации с предварительным

подогревом топлива в бункере производительностью до  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$  для ЭУ с ДВС мощностью до 30 кВт.

В дальнейшем для решения поставленной задачи с разработанным ГГ был спроектирован, изготовлен и испытан опытный образец ЭУ с газовым ДВС на базе четырехтактного дизеля 2Ч 8,5/11 мощностью 8 кВт, работающий по газожидкостному циклу. Для расширения возможностей эксплуатации и областей применения разрабатываемых ЭУ в народном хозяйстве с указанным ГГ был разработан и испытан опытный образец ЭУ мощностью 8 кВт на базе серийных унифицированных электроагрегатов серии АБ-8-Т/230/М с бензиновыми карбюраторными двигателями 4Ч 7,6/7,5, которые в большом количестве выпускались для МО и которые в настоящее время передаются для эксплуатации в народное хозяйство.

Кроме того, в процессе испытаний были получены экспериментальные данные для разработки современных методов расчета рабочих процессов ДВС на генераторном газе на базе программ, разработанных на кафедре с получением эффективных и экологических показателей двигателя, что позволяет еще на стадии проектирования оптимизировать рабочий процесс ДВС, внести изменения в конструкцию двигателя и разрабатывать ЭУ с прогрессивными характеристиками, отвечающими современным требованиям.

Дальнейшим продолжением работ по расширению возможностей использования ВИЭ в ДВС является разработка и изготовление ЭУ с двигателем ВАЗ-2106 мощностью 16 кВт совместно с ООО «Энергомашсервис», опытный образец, которой был представлен на форуме «Технологии в машиностроении» 2010 (г. Жуковский, 30.06.2010-04.07.2010) (рис.1).



Рис. 1. Энергоустановка с двигателем ВАЗ-2106 (Форум «Технологии в машиностроении» 2010г.)

Для использования ЭУ в экстремальных климатических условиях и улучшения условий труда обслуживающего персонала, все агрегаты смонтированы в стандартном 20-ти футовом морском контейнере размером  $5900 \times 2300 \times 2200$  мм.

Агрегаты ГУ (газогенератор, фильтр грубой очистки, охладитель газа и фильтр тонкой очистки), шкаф управления ЭУ и ящик для хранения древесного топлива расположены по продольной оси контейнера, а двигатель ВАЗ с электрогенератором

ром - поперек. Крепление агрегатов ЭУ жесткое, обеспечивающее их нормальную работу и способное выдерживать усилия, возникающие при транспортировке контейнера железнодорожным, водным или автомобильным транспортом (трогание с места, резкое торможение). Схема установки представлена на рис.2.

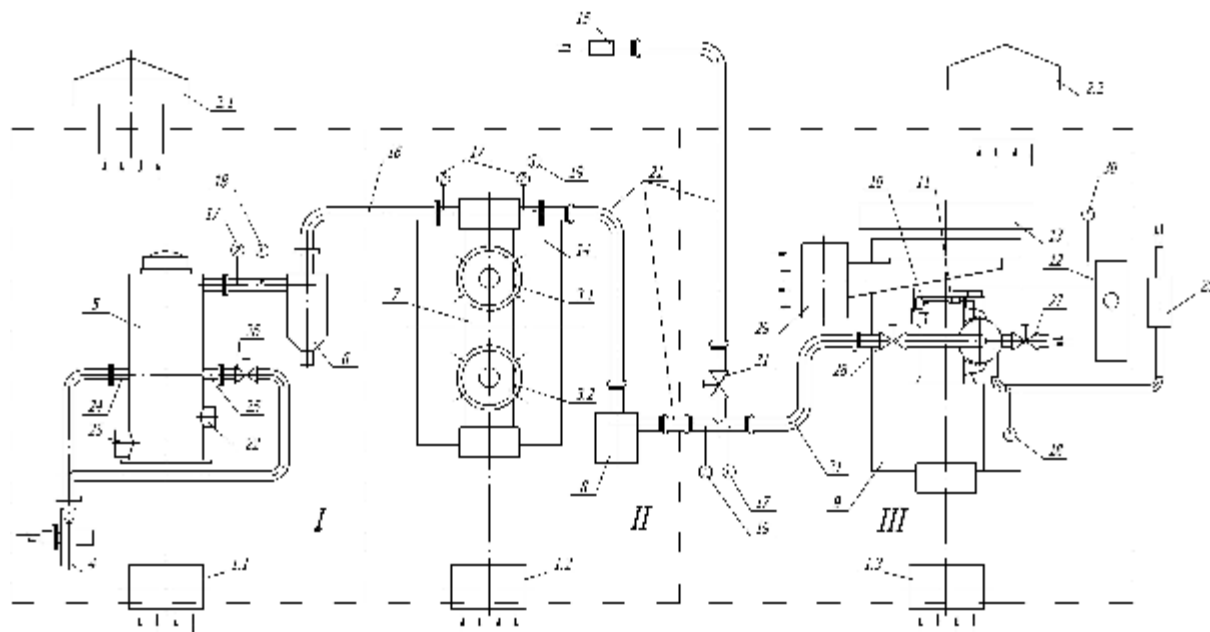


Рис.2. Схема установки: I - зона газогенератора и фильтра грубой очистки; II - зона охлаждения и тонкой очистки газа; III - зона двигателя и электрогенератора;

1.1; 1.2; 1.3 - приточный вентилятор; 2.1; 2.2 - вентилятор крышный, осевой с автоматическим клапаном; 3.1;3.2 - вентилятор охладителя генераторного газа; 4 - вентилятор розжига газогенератора; 5 - газогенератор производительностью 100  $\text{нм}^3/\text{час}$ ; 6 - фильтр грубой очистки (циклон); 7 - охладитель; 8 - фильтр тонкой очистки; 9 - электростанция мощностью 16 кВт; 10 - бензонасос двигателя; 11 - электроклапан отсечной бензиновый; 12 - бензобак; 13, 14- управляемые шалюзи; 15 - "свеча" розжига; 16 - высокотемпературный трубопровод; 17- мановакуумметр; 18 - термопреобразователь; 19 - термосопротивление (на выходе из охладителя - 2шт.); 20 - выпускная система двигателя; 21 - впускной трубопровод ( $D_v=50\text{мм}$ ); 22 - люк розжига; 23 - люк зольника; 24 - впускной патрубок (главный); 25 - впускной патрубок (дополнительный); 26 - кран регулировочный (воздушный); 27 - кран регулировочной подачи воздуха в двигатель; 28 - кран регулировочной подачи газа в двигатель; 29 - вентилятор охлаждения радиатора двигателя; 30 - термосопротивление (регулирование по воздуху); 31 - кран "свечи" розжига газогенератора.

Установка разделена на 3 зоны: I – зона газогенератора с вентилятором розжига и фильтром грубой очистки; II – зона охлаждения и тонкой очистки генераторного газа со «свечой розжига»; III – зона двигателя и электрогенератора. В состав установки также входят: приточно-вытяжная позонная вентиляция; шкаф управления ЭУ; система контроля загазованности; система экстренного пожаротушения.

Для обеспечения нормального труда обслуживающего персонала и работы всех агрегатов в контейнере предусмотрена принудительная приточная вытяжная вентиляция (три приточных вентилятора, два осевых вентилятора с автоматическим клапаном и два вентилятора для охлаждения газа). Указанная система вы-

тяжной вентиляции обеспечивает охлаждение всех агрегатов ЭУ и поддержание необходимых условий для безопасной работы обслуживающего персонала. Отвод отработавших газов организован по трубопроводу наименьшей длины за пределы контейнера через отверстие в задней стенке и глушитель, обеспечивающий глушение шума до установленных норм (80 дцБ на расстояние до 10 м) с обеспечением герметичности и требований противопожарной безопасности.

Для повышения эксплуатационной надежности и облегчения запуска двигателя на газе установка может работать на двух топливах: бензине или генераторном газе. Перевод работы двигателя с бензина на газ производится путем переключения тумблера на щите управления. При этом срабатывает электромагнитный отсечной клапан, перекрывающий подачу бензина в карбюратор. Топливные и масляные системы ЭУ штатные и смонтированы с учетом особенностей работы ДВС на генераторном газе и требований противопожарной безопасности.

Для обеспечения собственных нужд и для питания отдельных потребителей установка снабжена вспомогательным автономным электроагрегатом или обеспечивает их питание от собственного электрогенератора при работе на бензине. Система управления ЭУ выполнена по 1-ой степени автоматизации и включает в себя электронный регулятор частоты вращения, устройство корректировки рабочего состава смеси, которые обеспечивают запуск двигателя, прогрев и выход на синхронную частоту вращения (3000 об/мин) при работе на бензине, а затем перевод двигателя на работу на генераторном газе и прием нагрузки. Остановка двигателя производится в обратном порядке: сброс нагрузки, перевод его работы на бензине и остановка двигателя.

На станции обеспечивается автоматический контроль рабочих параметров двигателя и подзарядка собственной аккумуляторной батареи, а также защита по температуре охлаждающей жидкости, давлению масла и генератора от перегрузок.

Порядок работы ЭУ следующий: запуск двигателя производится вначале на бензине от собственного аккумулятора, затем осуществляется прогрев двигателя (частота вращения не более 1500 об/мин) с контролем параметров двигателя. После прогрева двигателя до температуры охлаждающей жидкости (60 -70) °С работа двигателя переводится на синхронную частоту вращения (3000 об/мин) и, отрегулировав выходное напряжение электрогенератора, включается нагрузка и производится розжиг газогенератора.

В качестве топлива использовались древесные обрезки, получаемые в процессе производства мебели, с влажностью не более 20%, которые измельчались в стандартной рубильной машине типа БРП-5222 до средних размеров щепы 35 мм и затем загружалось в бункер ГГ.

Для быстрого и надежного первоначального розжига ГГ камера газификации загружалась древесным углем выше воздушного пояса камеры, а бункер - основным топливом. Затем плотно закрывался загрузочный люк бункера и через люк розжига запальным устройством (автономная газовая горелка или паяльная лампа) воспламенялось топливо, лежащее на колосниковой решетке. После достижения устойчивого горения топлива включается вентилятор розжига (электродвигатель вентилятора может работать от внешнего источника или от электрогенератора станции при работе на бензине) и через «свечу розжига» получаемый газ направлялся в атмосферу за пределы контейнера, где проводился контроль его качества по устойчивому горению факела и цвету пламени.

Дополнительно осуществлялся контроль температуры газа соответствующими термопарами на выходе из ГГ и температуры газа после охладителя газа и фильт-

ра тонкой очистки перед поступлением во впускной трубопровод двигателя с цифровой фиксацией значений температур на регистрирующих приборах. После получения газа необходимого состава производится перевод работы двигателя с бензина на газ.

Дополнительно в процессе работы ЭУ измерялись гидравлические потери при течении газа в газозвоздушной системе всей установки и в ее отдельных агрегатах: газогенераторе, фильтрах грубой и тонкой очистки и охладителе. После окончания работы производится остановка двигателя в следующем порядке: вначале отключается внешняя нагрузка и работа двигателя переводится с газа на бензин и «глушится» газогенератор – отключается вентилятор розжига и закрывается впускной патрубок. Затем полностью снимается нагрузка с электрогенератора (работа без источника внешнего питания) и двигатель переводится на работу с синхронной частоты вращения на частоту прогрева (1500 об/мин), на которой, поработав не менее 1-ой минуты, двигатель останавливается.

Разработанная установка прошла доводочные и сдаточные испытания, которые показали надежную работу газогенератора, агрегатов системы очистки и охлаждения газа, двигателя и электрогенератора на всех исследованных режимах работы и позволили наметить пути дальнейшего совершенствования ЭУ. В настоящее время ЭУ передана Заказчику и используется для утилизации отходов и выработки электроэнергии для нужд собственного производства, обеспечивая существенную экономию затрат на электроэнергию и вывоз отходов до места их переработки.

Имеющийся предыдущий и накопленный за последние годы опыт создания ЭУ с ДВС на ВИЭ для «малой энергетики» позволяет уже в настоящее время приступить к разработке серийных образцов ЭУ для регионов РФ, обладающих запасами растительных и древесных отходов, которые практически теряются или уничтожаются ( по данным ВНИИдрева только в Европейской зоне РФ около 60 млн.м<sup>3</sup> ) и которые позволяют надежно обеспечивать топливом более 100 тысяч ЭУ мощностью (10-15) кВт. Это позволит дополнительно автономно ежегодно вырабатывать несколько млн.кВт.ч электроэнергии без затрат дефицитного углеводородного топлива, а организация серийного производства ЭУ в контейнерном исполнении и широкое их внедрение в народное хозяйство, особенно в отдаленных регионах Сибири, Дальнего Востока и Северной Европейской зоны РФ, может принести дополнительный быстрый и ощутимый социальный и экономический эффект.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЧ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АКТИВАЦИИ ГОРЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ**

**Маслов Ю.Л., Лавров Б.П.** (МГТУ им. Н.Э.Баумана), **Лавров П.Б.** (МРТИ РАН)

В современном мире темпы технической революции во многом определяются успехами в исследованиях и применении новых видов энергии в различных областях народного хозяйства. Немаловажным фактором развития в этом направлении является использование уже известных традиционных видов энергии в новых областях применения. К такому виду энергии можно отнести энергию сверхвысоких частот (СВЧ-колебаний), которую длительное время связывали в основном с военным применением - радиолокация, телеметрия и т.п. Однако, после достижения в последние годы значительных успехов в создании источников СВЧ-энергии