

ПЛАЗМЕННО-ДУГОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТОПЛИВА

Петров С.В., Коржик В.Н., Маринский Г.С., докт. техн. наук ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины

Вербовский А.В. Институт газа НАН Украины

Серьезной проблемой современного общества является возрастающее негативное воздействие на окружающую среду продуктов сгорания природных топлив, как первичных угля и газа, так и вторичных бензина, дизельного топлива. Поскольку не существует естественных ресурсов, которые смогли бы обеспечить приемлемое для окружающей среды замещение природных топлив, поэтому новые чистые энергии и топлива должны быть синтезированы. А чтобы быть приемлемыми, они должны отвечать следующим требованиям: 1) Не создавать проблем с загрязнением окружающей среды; 2) Быть приемлемыми для использования в двигателях внутреннего сгорания; 3) Быть конкурентноспособными с доступными на рынке природными топливами.

Поиск новых видов топлива или способов более эффективного использования привычных особенно совмещенных с утилизацией отходов в последние годы привлекает все большее внимание ученых и специалистов во всем мире. Так д-р Ругерро Мария Сантилли при поддержке департамента энергетики США в 1978 г. разработал теоретические предпосылки предсказания новых чистых источников энергии, а в 1998 г. построил реактор Plasma Arc Flow, устройство для производства принципиально нового газообразного топлива «magnegas» [1,2]. Такой газ образуется в условиях очень интенсивных магнитных полей в электрической дуге, погруженной в перерабатываемое жидкое сырье. Задолго до этого сварщики замечали, что газ, который в пузырях всплывает на поверхность при подводной сварке, хорошо горит. Впервые обратил внимание на его уникальные свойства д-р Сантилли. Технологические основы горения стационарной электрической дуги в поперечном потоке жидкости разработал украинский ученый Носуленко В.И. [3,4] применительно к размерной обработке деталей. Первые публикации появились еще в 60 гг., а его школа и в настоящее время активно разрабатывает это направление [5].

Практически важный с точки зрения энергетики аспект изобретения Сантилли состоит в том, что при определенных условиях группы атомов могут образовывать немоллекулярные комплексы - "магнекулы". Энергии связей в подобных комплексах могут существенно превышать соответствующие величины для обычных молекул, поэтому теплотворная способность магнегаза выше, чем у обычного синтез-газа аналогичного химического состава. Ключевым обстоятельством является то, что температура в несколько тысяч градусов и мощное магнитное поле в зоне горения электрического разряда преобразуют электронные орбиты соединений углерода, кислорода и водорода, из которых преимущественно состоит плазма, окружающая электрическую дугу. По мере того как плазма вымывается потоком в окружающие слои жидкости, входящие в ее состав элементы быстро остывают и объединяются в кластеры (магнекулы – терминология д-ра Сантилли) с сохранением внутренней энергии плазмы. «Магнекулы» устойчивы при обычных условиях, так что для хранения газа не требуется каких-либо особых условий, по сравнению с природным газом. Более того, магнегаз легче воздуха и не воспламеняется от удара, что делает его еще более привлекательным с точки зрения безопасности.

Химическая структура полученного газа зависит от жидкости, использованной для его производства. В качестве сырья используются жидкие отходы на основе нефти (автомобильные жидкие отходы, сельскохозяйственные отходы нефти, отходы масла для жарения из ресторанов быстрого питания McDonald's, отработанное масло кораблей, сырая нефть, а именно, нефть, отходы легкоподвижной жидкости), и отходы на основе воды (городские, сельскохозяйственные сточные воды или шлам, вода из водоемов или отстойников и т.п.), в соотношении один объем нефтяных отходов к двум объемам отходов на основе воды.

Целесообразность смешивания отходов заключается в том, что из двух третей частей отходов на основе воды в горючий газ поступает до 60% водорода и до 23% кислорода, благодаря чему получают магнегаз, горючий газ, который является экологически чистым, а добавление нефтяных отходов способствует повышению энергоемкости магнегаза, что в свою очередь увеличивает прибыль от переработки жидких отходов. Собственно технология изначально позиционировалась как способ выгодной утилизации промышленных и хозяйственных отходов. Возможность использования в качестве сырья отходов органического происхождения причисляет это топливо к классу синтезирующихся из обновляемых источников.

Перерабатывающая установка работает в режиме, при котором полностью удаляется жидкая фракция отходов с помощью плазменной дуги до тех пор, пока все молекулы жидкости не преобразуются в горючий газ. В процессе переработки вырабатывается полезное тепло, небольшое количество углерода, который пригоден для использования в производстве электродов и вода, пригодная для ирригации..

В окружающую среду не поступает жидких, твердых или газообразных выбросов. Перерабатывающая установка работает бесшумно и не выделяет запаха. При эксплуатации установки не добавляется никаких химических препаратов, поскольку при переработке биологически загрязненные жидкие отходы полностью стерилизуются при воздействии высокой температуры > 3500 °С и очень сильного ультрафиолетового излучения плазменной дуги. Таким образом, получение экологически чистого газа связано с решением проблемы утилизации вредных выбросов.

Молекулярная структура магнегаза, исследованная различными лабораториями в США, представлена следующими химическими соединениями: H_2 40-45%, CO 55-60%, CO_2 1-2%. Эти простые вещества и индивидуальные атомы водорода, кислорода и углерода объединены в кластеры с малыми и большими молекулярными весами (порядка 1000 а.е.м.), При горении магнегаза вначале разрушаются магнитные кластеры, затем активизируются обычные химические реакции окисления. Поэтому продукты сгорания имеют обычную химическую структуру. Теплотворная способность магнегаза зависит от сырья, из которого он выработан – чем более насыщенность стоков углеводородами, тем она выше. Так, из смеси антифриза и органических стоков – около 7700 ккал/м³, из смеси нефтепродуктов с водой – 8900 ккал/м³.

По данным американских ученых, несмотря на внешне обычную химическую структуру, газ, представленный водородом и монооксидом углерода, дает при сгорании аномально высокое количество теплоты. Так, по сравнению с ацетиленом, смесь $CO+H_2$ имеет теплоту сгорания, почти в 8 раз меньшую. Однако использование магнегаза для резки металла показывает, что скорость резки при этом возрастает в два раза в сравнении с ацетиленом. Это аномальное явление объясняется большим запасом энергии в магнитносвязанных молекулах. Магнегаз – дешевый, безопасный и эффективный газ. По сравнению с углеводородами он горит быстрее, но взрывобезопасен, легче воздуха и поэтому быстро рассеивается, имеет четко выраженный естественный запах, что позволяет его легко обнаружить. магнегаз не воспламеняется самостоятельно, и баллоны для его транспортировки безопаснее, чем бензиновые резервуары.

Магнегаз был также испытан в качестве автомобильного топлива. Автомобили Ferrari 308 GTSi и Honda Civic, заправляемые этим газом, подвергались различным тестам. Так, автомобиль Honda Civic, первоначально работавший на природном газе, без существенных модификаций был заправлен магнегазом и успешно прошел все испытания (без катализатора). Сравнительные результаты этих испытаний, произведенных Национальным агентством США по защите окружающей среды (EPA), сведены в таблицу.

Элемент	MagneGas (MG)	Природный газ	Бензин	EPA стандарт
Углеводороды	0,026 г/милю	0,380 г/милю	0,234 г/милю	0,41 г/милю

Окись углерода	0,262 г/милю	5,494 г/милю	1,965 г/милю	3,40 г/милю
Оксиды азота	0,281 г/милю	0,732 г/милю	0,247 г/милю	1,00 г/милю
Диоксид углерода	235 г/милю	646,503 г/милю	458,655 г/милю	Нет
Кислород	9% - 12%	0,5% - 0,7%	0,5% - 0,7%	Нет

Приведенные данные свидетельствуют о превосходстве магнегаза по чистоте выхлопа. Здесь уместно сделать несколько замечаний. Магнегаз не содержит тяжелых углеводородов, так как создается при температуре выше 3500 °С, следовательно измеренные углеводороды в выхлопных газах являются следствием сгорания масла, поступающего для смазки в двигатель. Окись углерода является компонентом топлива магнегаза. Ее наличие в выхлопных газах свидетельствует о неполном сгорании. Содержание окислов азота определяются температурой сгорания и другими факторами. Приведенные результаты получены на автомобилях переоборудованных под природный газ и не относятся к лучшему из возможных способов сгорания магнегаза.

Сравнительные испытания в различных режимах (ускорения, полная нагрузка и др.) показали, что мощность двигателя, работающего на сжатом магнегазе полностью эквивалентна таковой для того же двигателя, работающего на сжатом природном газе. Сравнительные тесты по потреблению топлива также показали сходные результаты. Один литр бензина эквивалентен 1, 0 – 1,3 нм3 магнегаза (в зависимости от состава исходного сырья). Среднее потребление магнегаза при езде в городских условиях, так же как и природного газа, составляет 12 нм3/час. Что касается резервов для снижения расхода газа, они есть. Доказательством этому являются передовые разработки: Volkswagen продемонстрировал на днях в Москве три своих автомашины на «газовом» ходу Caddy EcoFuel. Эти автомашины, использовавшие вместо бензина природный газ, добрались до российской столицы своим ходом за 4 дня, пройдя более 2000 км. Для своего автомобиля немцы сконструировали поперечный четырехцилиндровый однорядный двигатель внутреннего сгорания, соответствующий нормам токсичности EU-4. Показатели автомобиля и с двухлитровым двигателем – расход топлива 8,3 нм3/100 км. При полном заполнении бака (26 килограммов или 36,6 нм3 природного газа) автомобиль преодолевает в среднем расстояние в 440 километров.

Авторами разрабатывается ряд плазмохимических процессов [6, 7], в том числе реактор модульного типа (установка ПЛАЗЕР 201) мощностью 50 – 100 – 150 кВт для получения синтез-газа с улучшенными свойствами (магнегаза). Реактор (Рис.1 – схема, Рис.2 – общий вид, Рис.3 – пульт управления), представляющий собой замкнутую камеру, заполняется жидкостью, которую следует переработать. Жидкость при помощи циркуляционного насоса прокачивается через электрический разряд постоянного тока. Электроды, между которыми горит дуговой разряд, находятся внутри реактора, т.е. они погружены в жидкость. Электропитание дуги осуществляется от одного выпрямителя сварочного универсального (ВДУ-1202) при мощности 50 кВт (однодуговой модуль), двух – 100 кВт (двухдуговой модуль), трех – 150 кВт (трехдуговой модуль). Магнегаз в пузырьках всплывает на поверхность, очищается от паров воды, охлаждается в теплообменнике и поступает в ресивер. Далее насосами закачивается в баллоны.

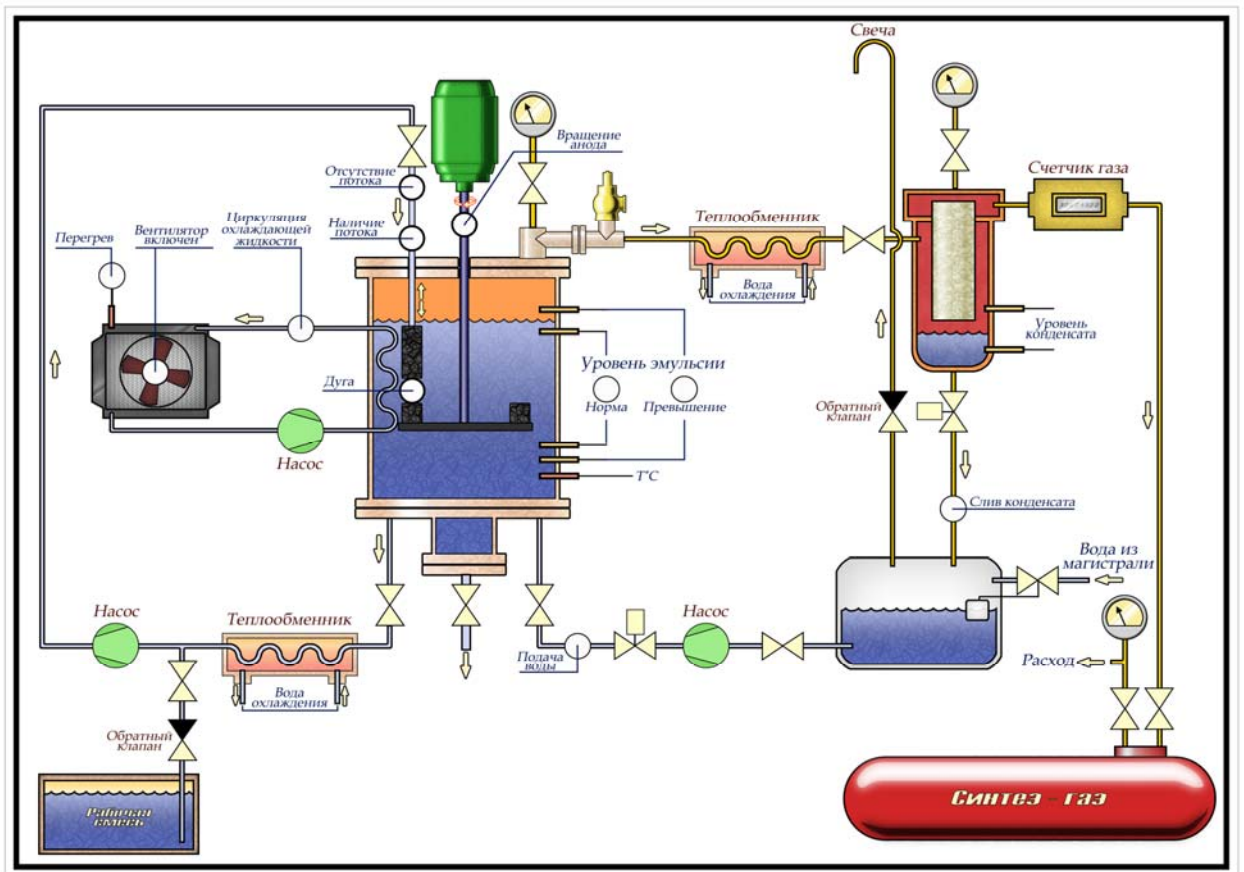


Рис. 1 Схема установки ПЛАЗЕР 201



Рис.2 Общий вид установки



Рис.3 Пульт управления

Ключевым условием объединения молекул образующегося в электрической дуге газа в кластеры является наличие собственного сильного магнитного поля. На его величину и пространственное распределение оказывает существенное влияние поперечный поток жидкости. Дуга в потоке является уравновешенной саморегулирующейся системой. В соответствии с принципом Ле-Шателье при изменении

динамического напора потока жидкости в результате процессов саморегулирования в дуге ее характеристики изменяются таким образом, чтобы ослабить эффект внешней силы. И действительно, при увеличении (уменьшении) динамического напора потока жидкости геометрические характеристики дуги, которые определяются площадью поперечного сечения и формой уменьшаются (увеличиваются), а энергетические характеристики дуги, которые определяются в первую очередь напряженностью электрического поля и плотностью тока, увеличиваются (уменьшаются), как результат саморегулирования. Следствием взаимодействия дуги с потоком есть также факты движения дуги в направлении поперечном потоку жидкости и скольжением относительно потока. Согласно существующих представлений единственной силой, которая может двигать дугу в направлении поперечном к потоку жидкости, является ее собственное магнитное поле. Причем, в сравнении с обычными сварочными дугами, индукция такого магнитного поля при других равных условиях (ток и напряжение дуги) заметно больше и являются не только функцией тока (как это определяется законом Био-Савара), но и динамическим давлением потока, поскольку такое магнитное поле двигает дугу в поперечном к потоку направлении. На основании экспериментальных данных Носуленко В.И. пришел к выводу, что магнитная индукция B собственного поля дуги, которая горит в поперечном потоке среды диэлектрика пропорциональна току I , динамическому напору $P_г$, зависит от направления потока относительно дуги и может быть представлена выражением:

$$B = k \cdot I \cdot P_г \cdot \sin \alpha$$

Где k – коэффициент пропорциональности при выборе единиц измерения, α – угол между направлением потока и столбом дуги.

Полученное выражение имеет принципиальное значение и важные последствия. Данное соотношение выражает по существу неизвестную ранее закономерность взаимодействия электрического поля (дуги) и силового поля (потока диэлектрической среды), результатом которого является преобразование энергии электрического поля дуги в энергию собственного магнитного поля прямо пропорционально векторному произведению тока дуги на динамический напор потока среды диэлектрика. Интенсивное магнитное поле удерживает и уравнивает давление плазмы в столбе дуги с высокими энергетическими параметрами. Таким образом, электрическую дугу можно рассматривать не только, как мощный преобразователь электрической энергии в тепло, но, и в частности при горении в поперечном потоке жидкости, еще и как эффективный преобразователь электрической энергии в энергию магнитного поля. Как следствие, в столбе такой дуги одновременно обеспечиваются как получение, так и удержание плазмы высоких энергетических параметров, которые во много раз превосходят энергетические характеристики плазмы в столбе известных дуг и позволяет рассматривать такую дугу как качественно новый источник тепла для науки и новых технологий.

В заключение приведем экономические показатели использования установки получения синтез газа с повышенными характеристиками. Перерабатывающая установка производит 14 м³ горючего магнегаза в час, если мощность составляет 50 кВт, и 28 м³, если мощность составляет 100 кВт.

В одном литре бензина содержится около 8858 ккал. В одном нормальном метре кубическом горючего газа магнегаза, полученном из утвержденной смеси воды и нефтепродуктов, содержится около 7382 ккал. Следовательно, бензиновый эквивалент (в литрах) горючего газа магнегаза составляет $8858/7382 = 1,2$ м³/л. Поэтому, работая при 100 кВт, перерабатывающая установка может произвести за 5 рабочих дней, работая 24 часа в сутки, $5 \times 24 \times 28 = 3360$ м³ экологически чистого горючего газа магнегаза, или в бензиновом эквиваленте 2800 л.

На каждый литр нефтепродуктов перерабатывающая установка использует дополнительно воду из отстойников, водоемов, артезианской воды или сточных вод. Скорость переработки в первую очередь зависит от желаемого испарения воды, которое, в свою очередь, устанавливается с помощью рабочей температуры. В отсутствии испарения воды скорость переработки жидкости составит около 1000 / 1 при производстве горючего газа без водяного пара. Поэтому к одному

литру перерабатываемых нефтепродуктов добавляется 3 литра воды и с них производится 4 нм³ горючего газа, или 3,33 л бензинового эквивалента. Добавляя испарение (с целью дополнительного получения дистиллированной воды), можно перерабатывать при скорости до 113 л/ч. При линейном режиме работы установки использовать тепло невозможно.

ПРИБЫЛЬНОСТЬ. Перерабатывающая установка ПЛАЗЕР 201 позволяет получать доходы, который можно рассчитать из соотношения прибыльной и расходной частей от 1) переработки жидких отходов, 2) использования горючего газа как моторного топлива, 3) использования дистиллированной воды, МИНУС 1) прямые эксплуатационные расходы (электроэнергия, персонал, техобслуживание и амортизация закупочной цены) и косвенные издержки (административные, уплата налогов и т.п.).

Предполагаемый валовый доход. Существует множество разнообразных жидких отходов, переработка которых приносит доход от их утилизации. Оставляя в стороне эту статью доходов, предположим, что сырье бесплатное, а магнегаз продается по 1/2 от стоимости бензина ($3,6/2 = 1,8$ грн/л) и ацетилена ($40/2 = 20$ грн/кг). В этом случае мы получим доход $1,8$ (грн/л)/ $1,2$ (нм³/л) \times 28 (нм³/час) = 42 грн/час при использовании магнегаза в качестве моторного топлива и 20 (грн/кг) \times 0,8 (кг/нм³) \times 28 (нм³/час) = 448 грн/час при использовании магнегаза вместо ацетилена.

Доходная часть составляет от 42 до 448 грн/час. В месяц и год при 5 дневной рабочей неделе и круглосуточной работе установки 42 грн/час \times 24 час \times 22 дня/мес = 22176 грн/мес = 266112 грн/год. Либо 442 грн/час \times 24 час \times 22 дня/мес = 233376 грн/мес = 2800512 грн/год

Прямые затраты. Электроэнергия в среднем $0,17$ грн/кВт \cdot час (день – ночь) \times 100 кВт = 17 грн/час. Персонал зарплата 6000 грн/мес + электроды 2000 грн/мес + техобслуживание 2000 грн/мес = 10000 грн/мес.

Валовый доход от работы одной установки составляет 22176 грн/мес – 10000 грн/мес = 12176 грн/мес (14612 грн/год), либо 233376 грн/мес – 10000 грн/мес = 223376 грн/мес (2680512 грн/год).

Исходя из изложенного, и складывающейся в Украине ситуации в топливной и экологической сферах данная работа является своевременной и важной как в практическом, так и научном аспектах. Ее можно рассматривать, как базу для технологического прорыва в области экологически чистых энергетики и топлива.

Литература.

1. R.M. Santilli. Foundations of Hadronic Chemistry With Applications to New Clean Energies and Fuels. Kluwer Academic Publishers, Boston-Dordrecht-London, 2001, - 431 p.
2. Ruggero Maria Santilli. The Novel Magnecular Species of Hydrogen and Oxygen with Increased Specific Weight and Energy Content. Preprint Institute for Basic Research IBR-TC-033, of December 29, 2001 in press at the International Journal of Hydrogen Energy, Pergamon Press, Oxford, England.
3. Patent 1570197 GB, B23P1/16. Method of electro-erosion machining of metals/ V.I. Nosulenko, G.N. Mescheryakov, 12.07.77
4. А.С. СССР 921740, B23P1/100, Способ обработки электрической дугой. В.И. Носуленко, В.С., Запороженко, В.Н. Онопенко. 27.08.80
5. Боков В.М. Розмірне формоутворення поверхонь електричною дугою. – Кіровоград: поліграфічно-видавничний центр ТОВ „Імекс ЛТД”, 2002, - 300с.
6. Б. Е. Патон, Г.С. Маринский, В.Н. Коржик, С.В. Петров Перспективы применения плазменных технологий для уничтожения и переработки медицинских и других опасных отходов "Современная электрометаллургия", №3, 2005 г.
7. С.В. Петров, Г.С. Маринский, В.Н. Коржик, В.М. Мазунин Применение пароплазменного процесса для пиролиза органических, в том числе медицинских и других опасных отходов "Современная электрометаллургия", №2, 2006 г.