

ПЛАЗМЕННО-ДУГОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СИНТЕЗ-ГАЗА ИЗ ЖИДКИХ ОТХОДОВ

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

Авторами разрабатывается ряд плазмохимических процессов, в том числе реактор модульного типа (установка ПЛАЗЕР 201) мощностью 50 – 100 – 150 кВт для получения синтез-газа с улучшенными свойствами. Реактор (Рис.1 – схема, Рис.2 – общий вид, Рис.3 – электродный блок), представляющий собой замкнутую камеру, заполняется жидкостью, которую следует переработать в горючий газ. 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). Газ в пузырьках всплывает на поверхность, очищается от паров воды, охлаждается в теплообменнике и поступает в ресивер. Далее насосами закачивается в баллоны.

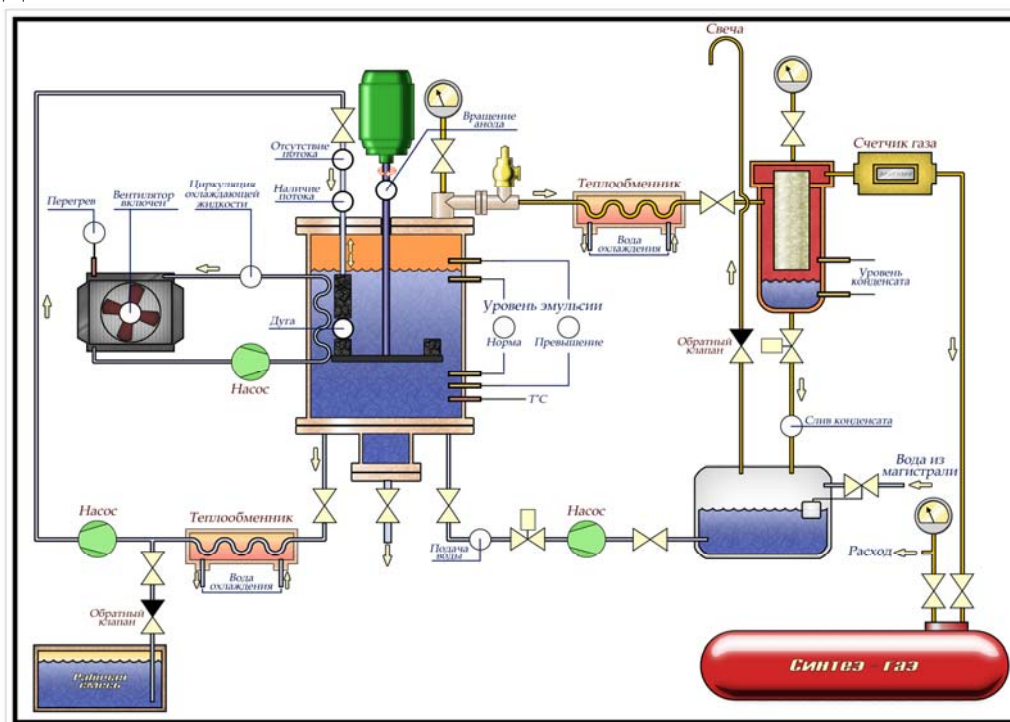


Рис. 1 Схема установки ПЛАЗЕР 201



Рис.2 Общий вид установки



Рис.3 Электродный блок

Молекулы образующегося в электрической дуге газа объединяются в кластеры благодаря наличию 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. 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 Украинский ученый 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_g , зависит от направления потока относительно дуги и может быть представлена выражением:

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

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.

Практически важный с точки зрения энергетики аспект данного явления состоит в том, что при определенных условиях группы атомов могут образовывать немолекулярные комплексы. Энергии связей в подобных комплексах могут существенно превышать соответствующие величины для обычных молекул, поэтому теплотворная способность полученного газа 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 с сохранением внутренней энергии плазмы. Кластеры устойчивы при обычных условиях, так что для хранения газа не требуется каких-либо особых условий, по сравнению с природным газом. Более того, такой газ 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 газа, 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 газа представлена следующими химическими соединениями: Н₂ 40-45%, СО 55-60%, СО₂ 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 газа вначале разрушаются магнитные кластеры, затем активизируются обычные химические реакции окисления. Поэтому продукты сгорания имеют обычную химическую структуру. Теплотворная способность газа 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.

Синтезированный газ 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 сведены в таблицу.

Элемент	Синтез-газ	Природный газ	Бензин	ЕРА 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	646,50 г/милю	458,65 г/милю	Нет
Кислород	9% - 12%	0,5% - 0,7%	0,5% - 0,7%	Нет

Приведенные данные свидетельствуют о превосходстве синтетического газа по чистоте выхлопа. Здесь уместно сделать несколько замечаний. Газ 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. Ее наличие в выхлопных газах свидетельствует о неполном сгорании. Содержание окислов азота определяются температурой сгорания и другими факторами.

Сравнительные испытания в различных режимах (ускорения, полная нагрузка и др.) показали, что мощность двигателя, работающего на сжатом синтетическом газе 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 синтетического газа (в зависимости от состава исходного сырья). Среднее потребление синтетического газа при езде в городских условиях, так же как и природного газа, составляет 12 нм³/час. Что касается резервов для снижения расхода газа, они есть.

В заключение приведем экономические показатели использования установки получения синтез газа с повышенными характеристиками. Перерабатывающая установка производит 14 нм³ горючего газа в час, если мощность составляет 50 кВт, и 28 нм³, если мощность составляет 100 кВт.

В одном литре бензина содержится около 8858 ккал. В одном нормальном метре кубическом горючего газа, полученном из утверждённой смеси воды и нефтепродуктов, содержится около 7382 ккал. Следовательно, бензиновый эквивалент (в литрах) горючего газа 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, $5 \times 24 \times 28 = 3360$ нм³ экологически чистого горючего газа, 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 отсутствие 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 газ 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 газа в качестве моторного топлива и 20 (грн/кг) \times 0,8 (кг/нм³) \times 28 (нм³/час) = 448 грн/час при использовании газа 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 24час \times 22дня/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 · 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 чистой энергетики и топлива.