

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИИ,  
МЕДИЦИНЫ, БИОЛОГИИ

УДК 533.9

СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ПЛАЗМОТРОН

© 2014 г. А. Г. Жерлицын, В. В. Буянтуев, В. С. Косицын, В. П. Шиян

Физико-технический институт Национального исследовательского

Томского политехнического университета

Россия, 634050, Томск, просп. Ленина, 2а

E-mail: schijan@tpu.ru

Поступила в редакцию 16.12.2013 г.

После доработки 10.02.2014 г.

Разработан с.в.ч.-плазмотрон волноводного типа на основе волноводно-коаксиального перехода (в.к.п.). В качестве плазмообразующей среды использован азот. Разработан и экспериментально проверен инициатор с.в.ч.-разряда на основе разупорядоченной укладки из вольфрамовых спиралек, размещенной на торце внутреннего проводника коаксиальной линии в.к.п. При атмосферном давлении и мощности с.в.ч.-генератора 1.5 кВт получен устойчивый плазменный факел. Разработанный плазмотрон ориентирован на применение в установке для утилизации попутного нефтяного газа с получением метано-водородной смеси и углеродного наноматериала.

DOI: 10.7868/S0032816214050243

Необходимость рационального использования природных ресурсов ставит задачу глубокой переработки природного и попутного газа нефтедобычи. Среди методов реализации данного процесса особый интерес представляет использование плазмы с.в.ч.-разряда. Многими авторами отмечается высокая эффективность применения данного типа разрядов для осуществления целого ряда эндотермических плазмохимических реакций [1].

В данной работе описан с.в.ч.-плазмотрон волноводного типа с вольфрамовым инициатором разряда, являющийся основным узлом установки, реализующей процесс утилизации углеводородных газов, согласно технологии, описанной в работе [2].

Структурная схема разработанного авторами с.в.ч.-плазмотрона представлена на рис. 1. Конструктивно он представляет собой волноводно-коаксиальный переход (в.к.п.), состоящий из прямоугольного волновода 1 и коаксиальной линии 2 с полым внутренним проводником 3 и внешним проводником 4, образующим разрядную камеру.

Данный в.к.п. относится к переходам “пуговичного типа” с широкой полосой (около 20%) и высокой электропрочностью, допускающей использование в.к.п. при высоких уровнях мощности. Прямоугольный волновод 1 сечением 90 × 45 мм<sup>2</sup> выполнен из нержавеющей стали толщиной 2 мм. Внутренний проводник 3 коаксиальной линии 2 диаметром 16 мм и внешний проводник 4 с внутренним диаметром 40 мм также выполнены из нержавеющей стали.

Волновод 1 снабжен трубопроводом 5 для подачи плазмообразующего газа. В выходном конце волновода установлен подвижный короткозамыкатель 6 для подстройки режима плазмотрона. Для инициирования с.в.ч.-разряда на торце внутреннего проводника 3 коаксиальной линии 2 размещен инициатор 7 в виде разупорядоченной укладки вольфрамовых спиралек.

Питание плазмотрона осуществляется от с.в.ч.-генератора на основе магнетрона М-143-1 (производство ОАО “Тантал”, Саратов) с выходной регулируемой мощностью до 1.5 кВт в непрерывном режиме и рабочей частотой 2450 ± 50 МГц. Защита магнетрона от отраженной волны, в случае срыва разряда, обеспечивается применением ферритового вентиля ВФВВ2-13 (производство НПО “Феррит”, С.-Петербург), рассчитанного

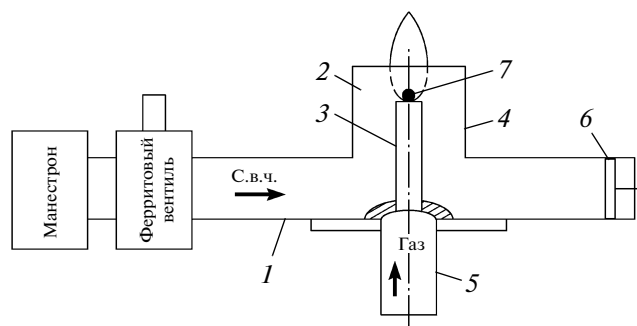


Рис. 1. Структурная схема с.в.ч.-плазмотрона. 1 – волновод; 2 – коаксиальная линия; 3 – внутренний проводник коаксиальной линии; 4 – внешний проводник коаксиальной линии; 5 – трубопровод; 6 – короткозамыкатель; 7 – инициатор разряда.

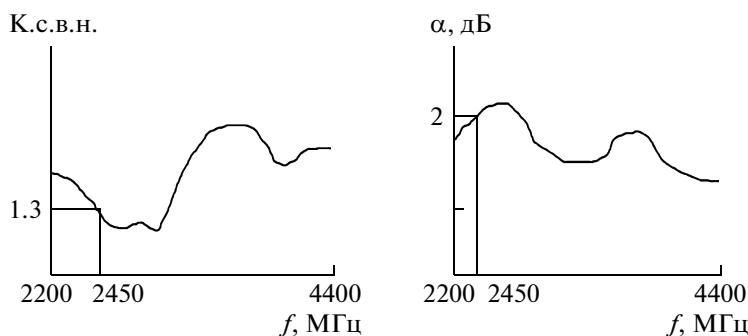


Рис. 2. Частотная зависимость к.с.в.н. и коэффициента ослабления  $\alpha$  волноводной системы с.в.ч.-плазмотрона.

на использование при уровне непрерывной с.в.ч.-мощности до 3 кВт.

На начальном этапе исследования с.в.ч.-плазмотрона предварительно были проведены холодные измерения параметров согласования и ослабления его волноводной системы с помощью панорамного измерителя коэффициентов стоячей волны по напряжению (к.с.в.н.) и ослабления ( $\alpha$ ) Р2-56 в диапазоне частот от 2200 до 4400 МГц. Измерения проводились без ферритового вентиля. Частотные зависимости к.с.в.н. и коэффициента ослабления  $\alpha$  приведены на рис. 2. Как следует из приведенных зависимостей, на рабочей частоте 2450 МГц величина к.с.в.н. = 1,3, а коэффициент ослабления  $\alpha$  = 2 дБ, что вполне приемлемо для нормальной работы плазмотрона.

С.в.ч.-плазмотрон работает следующим образом. Через трубопровод 5, полый внутренний проводник 3 коаксиальной линии 2 и газопроницаемый инициатор разряда 7 в охлаждаемую разрядную камеру подается плазмообразующий газ (азот) с расходом до 20 л/мин, а по волноводу 1 и коаксиальной линии 2 подается с.в.ч.-энергия от генератора с.в.ч. Коаксиальная линия 2 с укороченным внутренним проводником 3 переходит в своем продолжении в круглый волновод, являющийся внешним проводником 4 коаксиальной линии.

По мере повышения подаваемой в разрядную камеру с.в.ч.-мощности и достижения пробивного значения напряженности электрического поля зажигается с.в.ч.-разряд. Поток газа в разряд-

ной камере формируется плазменный факел. При указанном выше расходе плазмообразующего газа длина факела за срезом разрядной камеры составляла ~50 мм. Для уменьшения уровня с.в.ч.-мощности, необходимой для зажигания и поддержания стабильного с.в.ч.-разряда, применен вольфрамовый инициатор. За счет возникновения микроразрядов между его частями создается начальная концентрация плазмы, облегчающая поджиг с.в.ч.-разряда.

В процессе работы плазмотрона контролировались уровни падающей и отраженной от плазмы с.в.ч.-мощности. Так при падающей мощности 1,5 кВт уровень отраженной мощности составлял около 30 Вт, что свидетельствует о достаточно хорошем согласовании системы.

Таким образом, разработанный с.в.ч.-плазмотрон при экспериментальной проверке показал свою работоспособность, что дает основание считать возможным его использование для создания установки по переработке углеводородных газов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабарицкий А.И., Герасимов Е.Н., Демкин С.А., Животов В.К., Книжник А.А., Потапкин Б.В., Русанов В.Д., Рязанцев Е.И., Смирнов Р.В., Шолин Г.В. // ЖТФ. 2000. Т. 70. Вып. 11. С. 36.
2. Медведев Ю.В., Жерлицын А.Г., Гюнтер В.Э., Галанов С.И., Шиян В.П., Рябчиков А.И., Сидорова О.И., Яковлев В.Г., Польшгалов Ю.И., Степанов В.П., Ахмедов А.Ю., Лидер Д.В. Патент на изобретение № 2317943 РФ. 2008. Бюл. № 6; <http://www.fips.ru>