

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО КОРОННОГО РАЗРЯДА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНВЕРСИИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

**Бойко Н.И., Евдошенко Л.С.,
Зароченцев А.И., Иванов В.М.**

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт
«Молния» Национального технического университета
«Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков, Украина

2011

Цель

**Разработка электрофизической
установки с нагрузкой - реактором с
импульсным коронным разрядом для
плазмокаталитического
преобразования исходного
газообразного углеводородного сырья
с парами воды в синтез - газ**

Неравновесные плазмохимические процессы

- Для того, чтобы снизить затраты энергии на нагрев газа, которые в квазиравновесной дуговой плазме составляют не менее 40%, в последние несколько лет сделаны многочисленные попытки использования неравновесной плазмы импульсных разрядов, в том числе СВЧ-разрядов и коронного разряда в потоке предварительно нагретых газов.

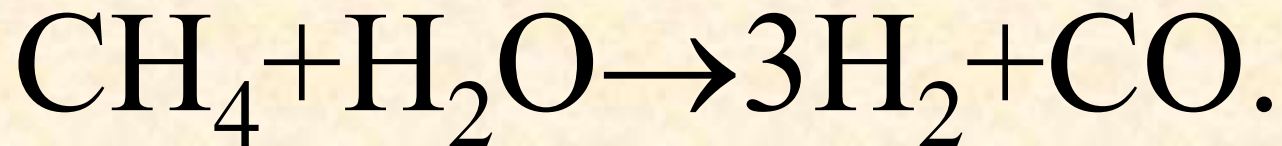
- Интересные результаты получены в работах при изучении пароводяной, паровоздушной конверсии в синтез-газ ($\text{CO} + \text{H}_2$) при атмосферном давлении, особенно в вариантах дополнительного использования катализаторов, нагреваемых от дополнительных источников. Энергозатраты на конверсию метана в высоковольтном разряде при атмосферном давлении в смеси $\text{CH}_4\text{-H}_2\text{O}$ составили 1-1,2 кВтч/Нм³ синтез газа при наличии Ni катализатора с температурой 500 - 720 °С при глубине конверсии в синтез-газ до 80%.

Поскольку традиционно для получения синтез-газа используется термическая (с температурами 1200°C и выше) плазмохимическая конверсия углеводородов с водяным паром, постольку предлагается использовать реактор с ИКР, плазма которого неравновесна, а энергия электронов достигает величины 10 эВ и более, для увеличения эффективности такой конверсии. Эффективность выражается в уменьшении удельных энергозатрат на конверсию (до величины менее 0,8 кВт×ч/м³) исходной газовой смеси, подлежащей конверсии, и снижении рабочих температур такой конверсии до ~700°C.

Основные начальные и конечные компоненты плазмохимических реакций в плазме ИКР

- Характерная цепочка плазмохимических реакций в неравновесной плазме коронного разряда для такой конверсии содержит такие начальные (слева от стрелки) и конечные (справа от стрелки) компоненты:

ИКР



Состав ИКР-установки

- Импульсное зарядное устройство на основе емкостных электролитических накопителей и мощных быстродействующих транзисторов.
- Генератор высоковольтных импульсов ($\sim 70\text{кВ}$) на основе трансформатора Тесла.
- Реактор для конверсии газообразных углеводородов в плазме импульсного коронного разряда в парах воды при температуре $\sim 700^\circ\text{C}$ и, возможно, в присутствии катализаторов. Реактор является электрической емкостно-резистивной нагрузкой для генератора.

Эскиз ИКР-реактора

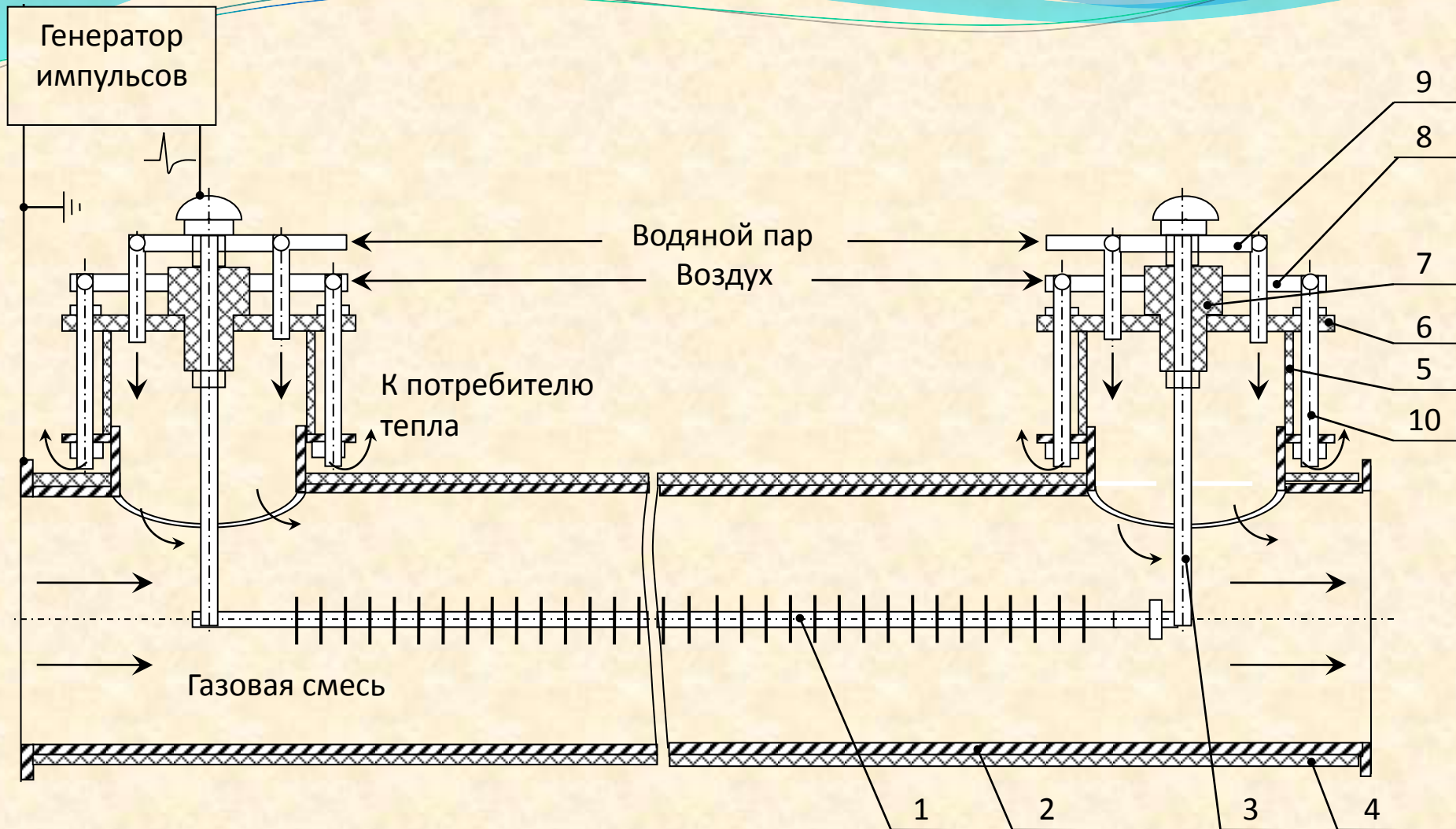


Рис. 1.

Подрисуночные подписи к рис. 1. - ИКР-реактор для получения синтез-газа путем конверсии из газообразных углеводородов с водяным паром

- 1 - коронатор, 2 - корпус, 3 - высоковольтный вывод; 4 - теплоизоляция, 5 - кварцевая труба, 6 - фланец, 7- изолятор, 8 - воздушный распределительный коллектор, 9 - коллектор подачи перегретого водяного пара, 10 - трубчатая стягивающая шпилька.

Эскиз ИКР-реактора с катализаторами

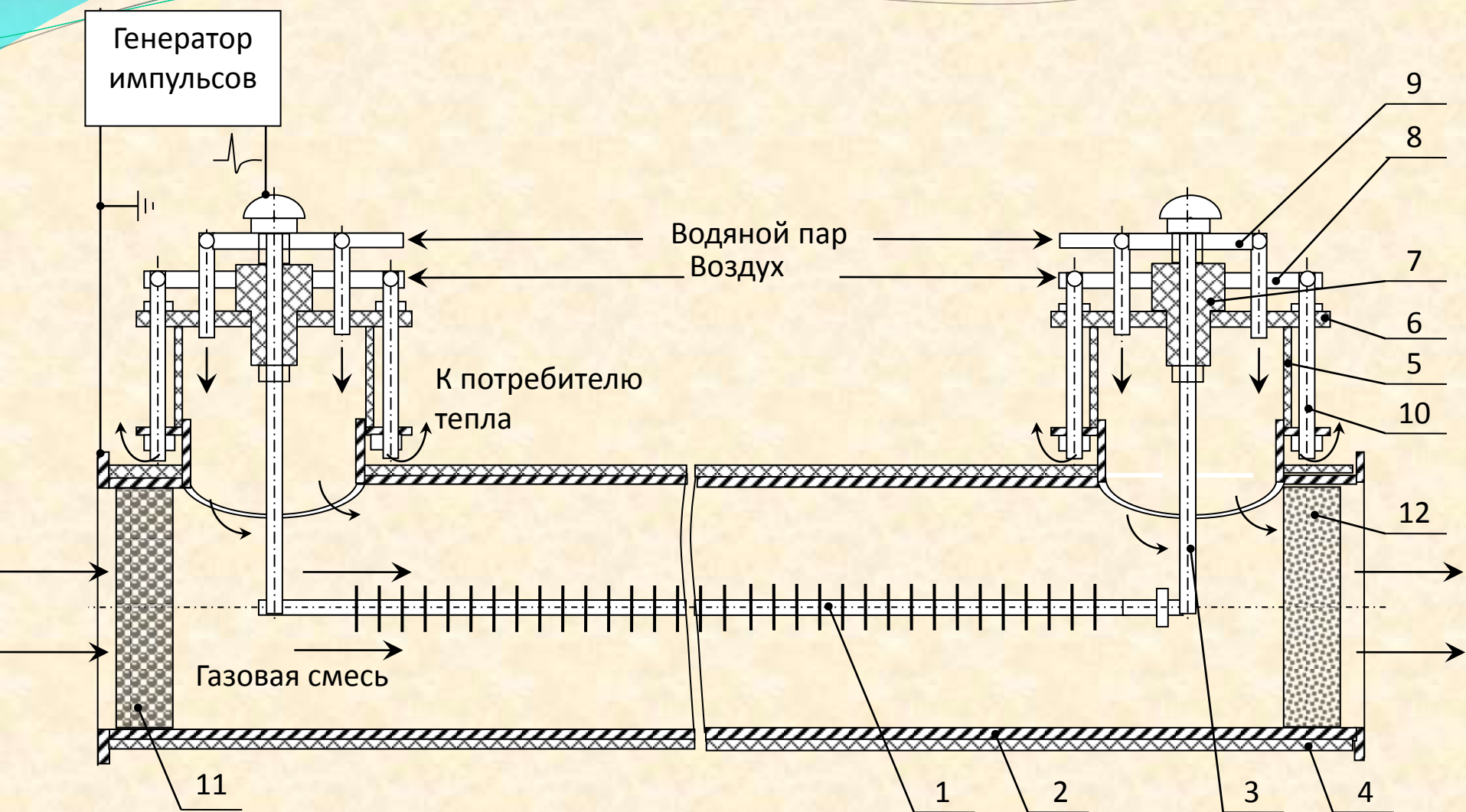


Рис. 2. 11 – катализатор № 1; 12 – катализатор № 2. Остальные обозначения соответствуют обозначениям на рис. 1. 10

Особенности работы реактора

Реактор рассчитан на ИКР с рабочим напряжением до 70 кВ, которое подается от генератора ИКР. Реактор содержит: рабочую высокотемпературную зону (до 900°C) и две одинаковых вспомогательных низкотемпературных зоны (от 200°C до 900°C). В рабочую высокотемпературную зону поступает предварительно нагретая газовая смесь, подлежащая конверсии с водяным паром. Через две вспомогательные зоны в реактор подается водяной пар, который принудительно вдувается в направлении к оси цилиндрической рабочей высокотемпературной зоны. При этом охлаждается периферийная часть вспомогательных зон (до $200\div 250^{\circ}\text{C}$), а водяной пар, перемещаясь в направлении оси рабочей зоны, нагревается до рабочей температуры ($400\div 900^{\circ}\text{C}$).

Особенности работы реактора (продолжение)

В периферийной части вспомогательных зон расположена электрическая изоляция ИКР-реактора, выполненная из кварцевого стекла и фторопласта. Материалами рабочей зоны ИКР-реактора, в том числе и для коронирующих электродов, служат жаропрочные коррозионно стойкие металлы и сплавы. Теплоизолирующий материал стенок вспомогательных зон – кварцевое стекло в виде трубок. В ИКР-реакторе в потоке протекают все основные плазмохимические реакции конверсии в плазме ИКР. Расчетная производительность ИКР-реактора длиной 1 м внешним диаметром 159 мм – 50 м³/ч. При удельных энергозатратах на конверсию в ИКР-реакторе 0,1 кВт×ч/м³ требуемая средняя мощность должна составлять 5 кВт. Использование ИКР может сделать рентабельными процессы конверсии в синтез-газ, в том числе попутных (сопутствующих) газов, которые в настоящее время часто бесполезно сжигаются (как отходы).

Выводы

- Недостатком, с одной стороны, и преимуществом, с другой стороны, термо-каталитических процессов по сравнению с электроплазмокаталитическими в производстве чистого водорода являются более высокие давления и температуры (от 1200°C и выше) получающегося синтез-газа, необходимые для извлечения из него чистого водорода.
- Разработана электроплазмокаталитическая установка для увеличения эффективности конверсии газообразного углеводородного сырья на основе импульсного (ИКР) коронного разряда с расширенной зоной ионизации (РЗИ). В реакторе установки с ИКР планируется использовать водяной пар и, возможно, катализаторы. Рабочие температуры ~ 700°C и ниже.

**Спасибо за
внимание.**