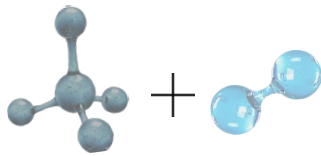


АО «Институт нефтехимпереработки»

ВОДОРОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

2021 год

Метан Водород



Метано-водородная смесь – это вид топлива, состоящий из смеси H₂ и природного газа, с содержанием водорода 5-10 % масс. (20-40% об.)

Преимущества использования МВС

- Легкость интеграции установок генерации водорода в эксплуатируемые АГНКС
- Не требуется переоборудования газобаллонного транспорта
- Сокращение расхода топлива на 30 %
- Снижение выбросов в атмосферу

Снижение выбросов при добавлении водорода (10 % масс.) в метан

NO _x ▼ 50 %	CH ₄ ▼ 16 %
C _n H _m ▼ 23 %	CO ₂ ▼ 7 %

Сокращение расхода топлива на 30 %

Расход на 100 км:

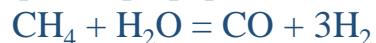
 15 м ³	 10,5 м ³
Газомоторное топливо	Метано-водородная смесь

Среднегодовой пробег автобуса:

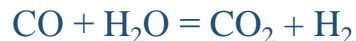
 55 000 км	 132 000 руб.
	 86 625 руб.

Одним из способов получения водорода является процесс «паровой риформинг», который широко реализован в промышленности и включает в себя такие стадии как:

- Паровой риформинг (на примере метана):



- Реакция водяного сдвига:



В промышленности реакции протекают в разных реакторах при повышенном давлении.

Проведены пилотные испытания на установках малых объемов (более 20 000 часов).

Применены современные методы моделирования:

- CFD-моделирование конструкции реактора,
- Статическое и динамическое моделирование всех стадий процесса получения водорода, от сероочистки до стадии короткоциклового адсорбции.

На базе данных исследований разработана особая форма конструкции реактора, позволяющая осуществлять все стадии процесса в одном реакторе:

- нагрев сырья от центральной горелки,
- генерация пара,
- паровой риформинг,
- реакция водяного сдвига (низко- и высокотемпературную).

При этом:

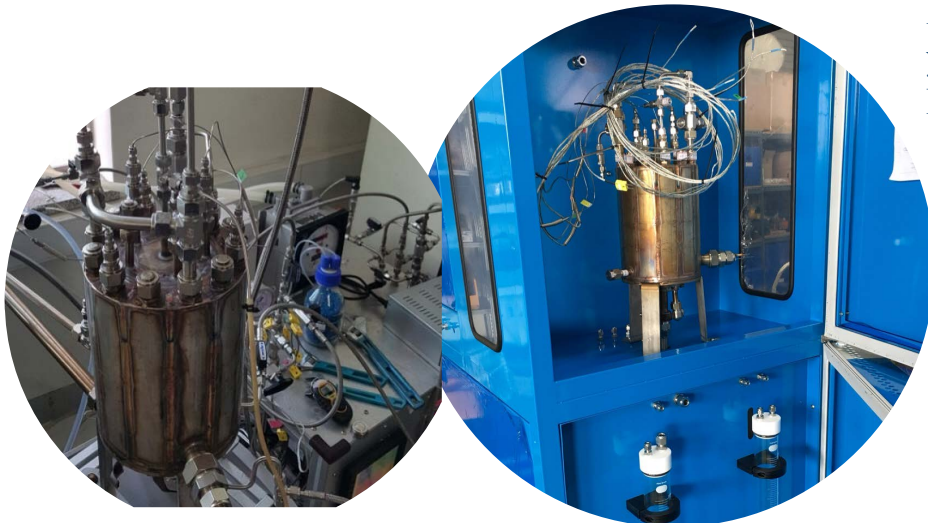
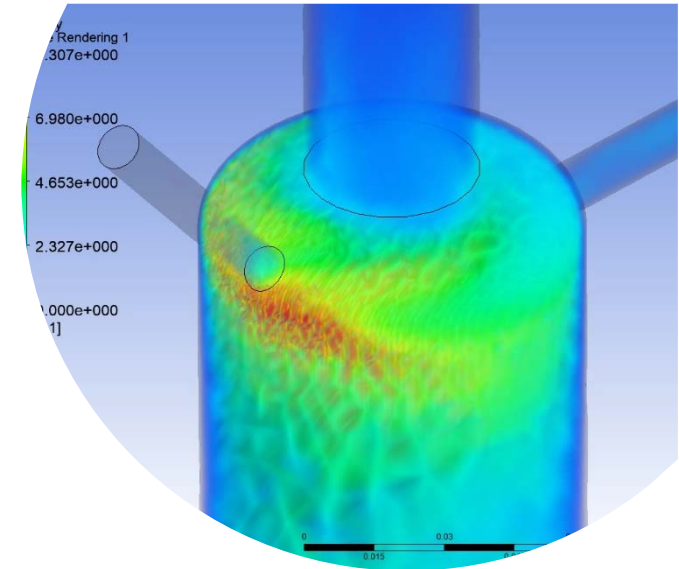
- выходными потоками являются только дымовые газы с температурой 80-100 °С и водородсодержащий газ (с максимальным содержанием водорода и остаточным содержанием монооксида углерода – не более 1 % об.);
- снижена общая металлоемкость на 40 % по сравнению с традиционным вариантом оформления процесса получения водорода.

Использование CFD-моделирования позволило:

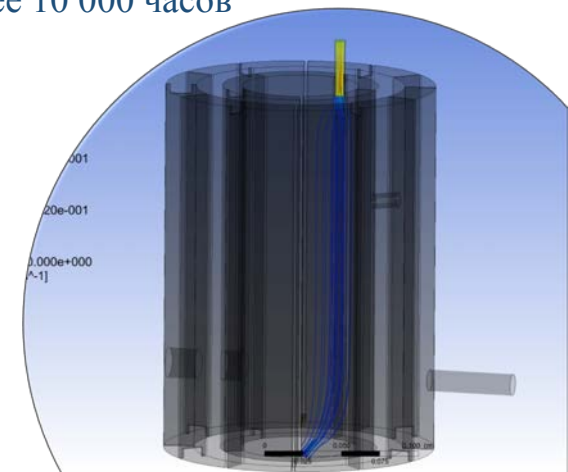
- оптимизировать геометрические размеры реактора
- интенсифицировать процесс за счет изменения внутренних устройств
- выявить застойные зоны и зоны с неоптимальной температурой, снизить образование побочных продуктов.

Модель учитывает:

- изменение в объеме реактора концентраций компонентов в ходе химических превращений
- изменение температуры и давления по сечению реактора обусловленное тепловым эффектом реакций



Реактор опытно-промышленной
установки, производительностью 1 $\text{nm}^3/\text{ч}$
Ресурсные испытания более 10 000 часов



Стадии реализации проекта в формате ЕРСm

Этап реализации	Наименование работ	Срок реализации
Предпроектное исследование / разработка ТЭО	Определение объекта для внедрения, оценка потенциала внедрения	от 1 мес до 2 мес
Разработка ПД и РД	Разработка технической документации	до 3 мес
Поставка под ключ	Изготовление узлов, сборка установки, тестирование, поставка на площадку заказчика	до 8 мес
Пуск и интеграция	Пусконаладочные работы	2 недели – 1 мес
Техническая поддержка и сервис	Замена катализаторов/сорбентов, отдельных узлов высокой нагрузки	весь период или 2 года после ввода в эксплуатацию

Водородная установка генерации электроэнергии включает в себя:

- Блок получения водорода
- Блок разделения и очистки водорода (степень чистоты 99,998 %)
- Блок хранения и подачи водорода (опционально)
- PEMFC (протонно-мембранный топливный элемент) и инвертор

Установка мощностью 100 кВт · ч

Габариты, м (длина X ширина X высота)	2*(6 x 2,4 x 2,6)
Потребление газа (CH ₄), м ³ /год	400 609, 8
Производительность по H ₂ , м ³ /год	1 095 000
Деминерализованная вода после топливных элементов, м ³ /год	876

Установка мощностью 400 кВт · ч

Габариты, м (длина X ширина X высота)	8*(6 x 2,4 x 2,6)
Потребление газа (CH ₄), м ³ /год	1 602 439, 2
Производительность по H ₂ , м ³ /год	4 380 000
Деминерализованная вода после топливных элементов, м ³ /год	3 504

* 6 x 2,4 x 2,6 м – габариты 20-футового контейнера,
Установка 100 кВт состоит из двух 20-фут. контейнеров

Опытно-промышленная установка получения водорода (8000 нм³/год по Н₂)



Характеристики	Значения
Габариты, м	1,8 x 2,0 x 1,0
Вес установки, не более, кг	300
Чистота водорода, %	99,998

Опытно-промышленная установка запущена в эксплуатацию в июле 2018 года

Сравнение с основными поставщиками

Характеристика	Air Liquide, Франция	Hydrogenics, Канада	ITM-Power, Англия	АО «ИНХП», Россия	Mitsubishi Gas Chemicals, Япония	ErreDue S.p.A., Италия
Сырье	природный газ, пропан, бутан, водно-щелочной с неорганической ионообменной мембраной	водно-щелочной с неорганической ионообменной мембраной	твёрдо- полимерный электролит с протонообмен- ной мембраной	природный газ, СУГ, нафта	природный газ, пропан, бутан, нафта, керосин	мембранный электролиз водных растворов щелочей
Способ получения водорода	электролиз и паровой риформинг метана	водно-щелочной электролиз	электролиз воды на твёрдо- полимерном электролите	паровой риформинг углеводородн ого сырья	паровой риформинг углеводородного сырья	привозной сжатый или жидкий водород
Мощность установки, нм ³ /ч	20-100	10-60	2-50	1-1500	50-300	40-85
Стоимость установки, млн. \$	1,5 – 5,0	1,2-2,5	0,25-0,7	0,2-10,0	4 - 7,5	1,0-1,2

Конкурентные преимущества продукта

- Низкая стоимость водорода
- Высокий выход и чистота продуктового водорода
- Блочно-модульное исполнение
- Малые габариты
- Возможно использование сырья от метана до дизеля