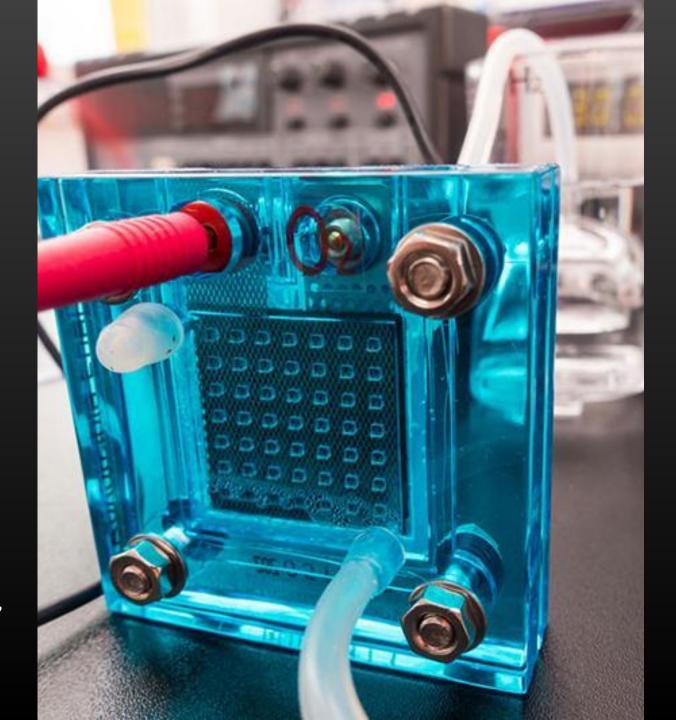
Разработка конструкции микрореакторной установки для получения водорода из водно-спиртовой смеси

Выполнил:

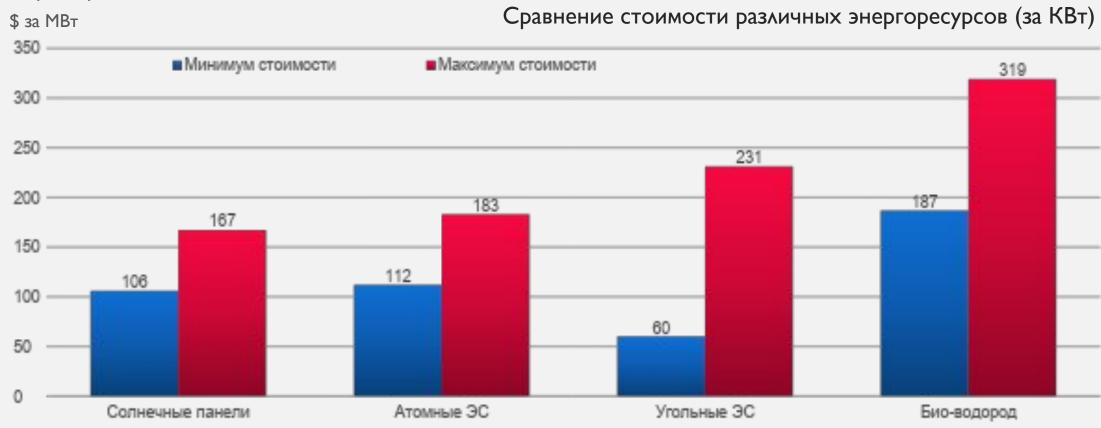
Студент гр. ХТм-183,**Щербо Никита Сергеевич** Руководитель:

К.Х.Н., начальник Научно-Исследовательской Части, Фефелов Василий Федорович



# Актуальность

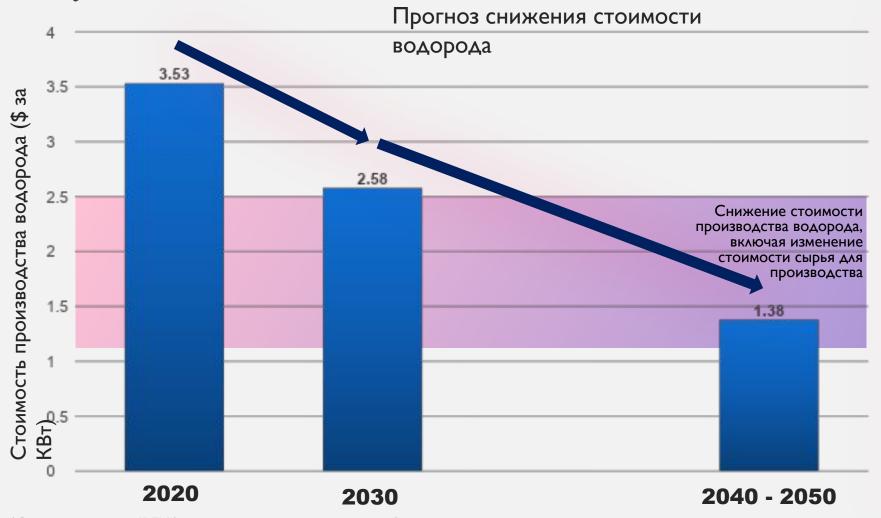
На графиках можно наблюдать, что стоимость электроэнергии, получаемой из био-водородных топливных элементов по данным на 2018 год сопоставимо со стоимостью классических источников энергии, например атомных и ископаемых.



<sup>\*</sup>Приведенная стоимость электроэнергии в США, по оценке Lazard



# Актуальность





Топливные ячейки (fuel cells) — одни из самых главных, и самых инновационных генераторов энергии из водорода.

Основной потребитель таких элементов — автомобильная промышленность

<sup>\*</sup>Оценка проведена IRENA – институтом исследования возобновляемых источников энергии

Автомобили на водородных топливных элементах уже выпустна рынок Honda, Toyota, Hyundai и ряд китайских компаний. К 2050 году доля автомобилей работающих на водородных Тапрогнозам составит

25%

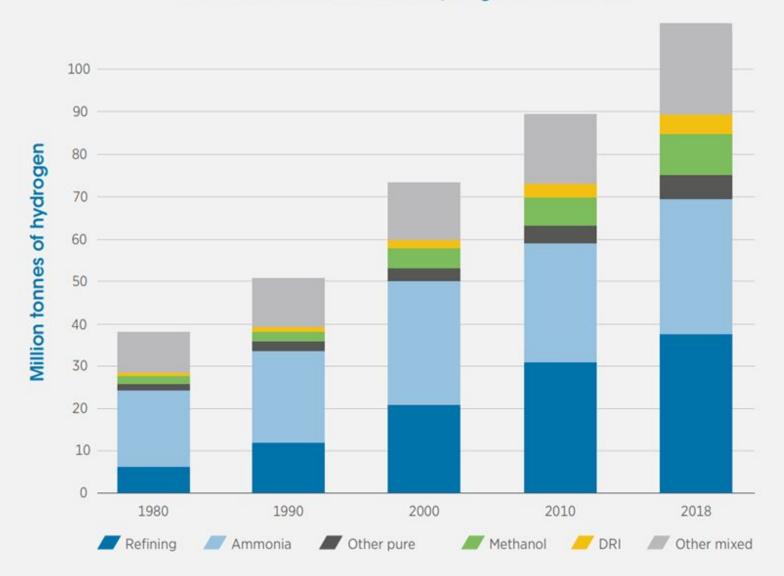


78%

топ-менеджеров глобальной автомобильной индустрии, опрошенных KPMG в 2017 году, полагают, что такие автомобили станут прорывом в секторе электромобилей, отодвинув на второй план аккумуляторные машины.

## Рынок водорода

#### Global annual demand for hydrogen since 1980



- 20 Государств
- 50 Корпораций

Приняли долгосрочные программы развития водородных технологий, поддержанных льготами, финансированием из бюджетов разных уровней и международной технологической кооперацией.

В лидерах – **Япония**, поставившая целью строительство «общества, основанного на водороде»



# Проблемы производства и их решение

#### Активност

За счет того что реакционный объем установки очень мал и изолирован не возникает опасности крупных аварий

# Микрореактор

# • Дороговизна

Производство водорода на микрореакторных элементах значительно удешевлется за счет высокой эффективности процесса.

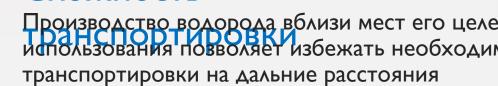


За счет производства водорода в микроустановках непосредственно по месту потребления, не возникает необходимости его длительного хранения



#### Сложность

Производство водорода вблизи мест его целевого использования повволяет избежать необходимости транспортировки на дальние расстояния







# Почему именно этанол?

Этанол (С2H5OH) — один из наиболее перспективных видов сырья для получения водорода каталитическими способами

# Простота

Этанол является легкодоступным сырьем вследствие ТРО, УТО ЕНИВЖНО ПОЛУЧАТЬ ШИРОКОИЗВЕСТНЫМИ И ОБЩЕДОСТУПНЫМИ МЕТОДАМИ ПРАКТИЧЕСКИ ИЗ ЛЮБОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

#### Экологическая

Этанол — экологически чистое сырье, поэтому даже в случае аварии или утечки не возникнет значительных экологических последствий

# Отсутствие вредных побочных веществ

Все реакции синтеза водорода из этанола не предполагают выброса в атмосферу тяжелых экологических загрязнителей. Основными продуктами всех реакция являются водород, вода и углекислый газ





# Цель Разработать методологию синтеза водорода из этанола

### Задачи

- 1. Провести обзор технологий синтеза водорода из этанола и выбрать целевую реакцию
- 2. Подобрать катализатор процесса
- 3. Разработать схему установки
- 4. Определить конструкционное оформление микрореактора
- 5. Разработать САУ ходом реакции
- б. Разработать первичные модели



## Существующие технологии

#### Некаталитические малоэффективные технологии



#### Пиролиз

- Высочайшая селективность
- Высочайшая температура ~1600
- Крайне энергозатратна



#### Электролиз

- Высочайшая селективность
- Крайне энергозатратна



#### Фотохимическое

разможение

Низкая скорость реакции



#### Биосинтез

- Минимум энергозатрат
- Малоизучена
- Низкая селективность

#### Каталитические эффективные технологии

# Паровой риформи — F200-800 м 2мм, + 6м,

- Высочайшая селективность
  - Простота контроля
  - Высокая температура
  - Экзотермическая

# **Автотермический** риформический & 200-800 м 2 мм<sub>2</sub> + 6 м<sub>2</sub>

- Автотермическая
- Простота контроля
- Высокая селективность

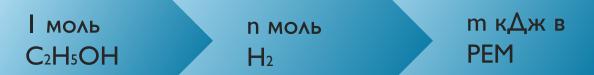
# Парциальное окисление зму н 2мму

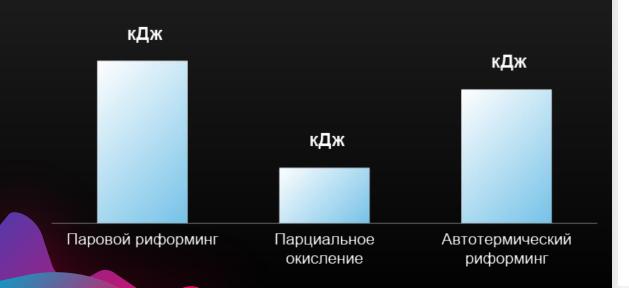
- Низкая температура
- Эндотермическая
- Низкая селективность



## Выбор технологии

Выбирая наиболее предпочтительную каталитическую реакцию для проведения ее в микрореакторе рассмотрим энергоэффективность каждой реакции в пересчете на І моль этанола





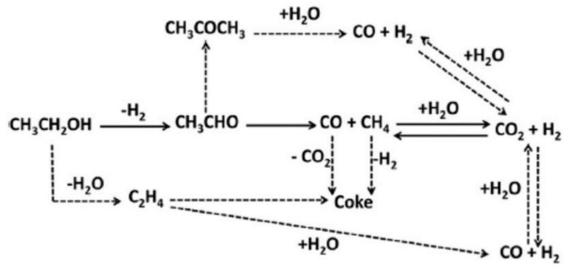
### Катализатор

Оптимальный состав катализатора **IONi/Ce<sub>0,8</sub>La<sub>0,2</sub>O<sub>1,9</sub>**, в присутствие которого достигаются следующие показатели:

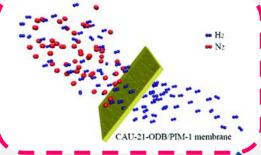
100% Конверсия этанола

300° Температура в зоне реакции

60% Селективность по водороду



# Схема установки



Водород-селективная **мембрана** является наиболее оптимальным методом сепарации продуктового водорода от побочных продуктов реакции

Микросмеситель является главным звеном управления. Контроль температуры в зоне реакции осуществляется за счет управления количеством воздуха, подаваемого в микрореактор.

#### Продуктовый водород

Сырьё Воздух Mixer Мембрана Побочные продукты Теплообменник

Микротеплообменни

К ПОЗВОЛИТ использовать тепло, отходящее из системы вместе с продуктами реакции для предварительного нагрева сырья в целях обеспечения максимальной энергоэффективности процесса

Миканитовый нагреватель обладает достаточно высокой удельной мощностью и точностью для контроля поля температур

Коллектор водорода Чистый водород Электро-Микрореактор Электро нагрев ~ 300-350°C

#### Микрореактор

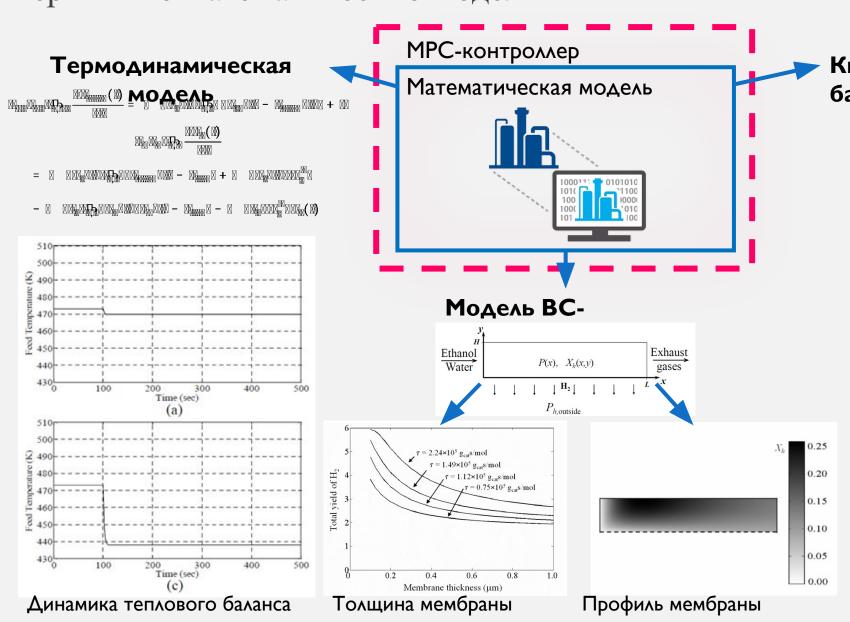
является ключевым звеном системы. Его конструкционное исполнении будет показано далее



нагрев



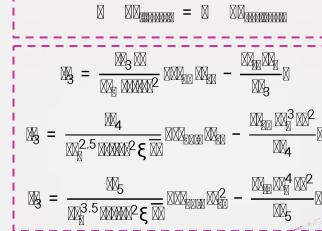
# Первичные математические модели



Кинетика реакции, мат. баланс м, м, мм м мм, + мм + м,

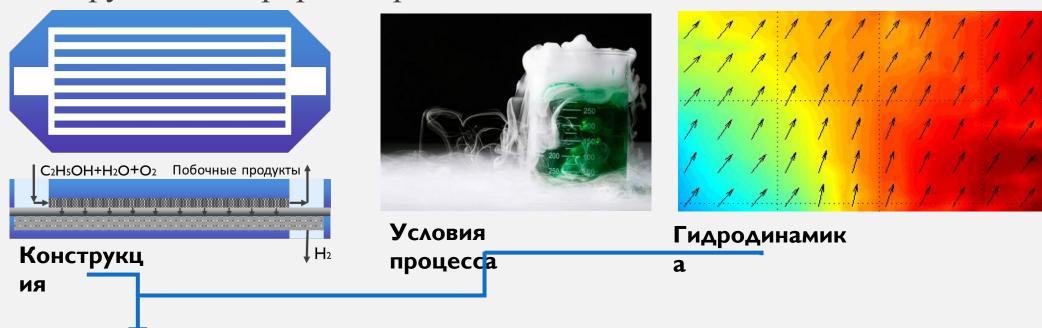
$$MM_4 + M_2 M M M + 3M_2$$

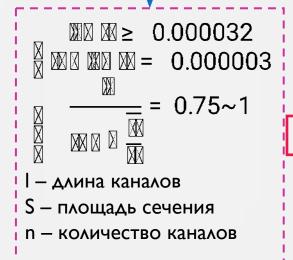
#### Мат. баланс



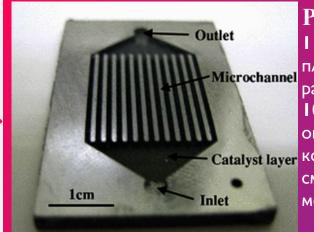
Распределение компонентов

# Конструкция микрореактора





Расчет

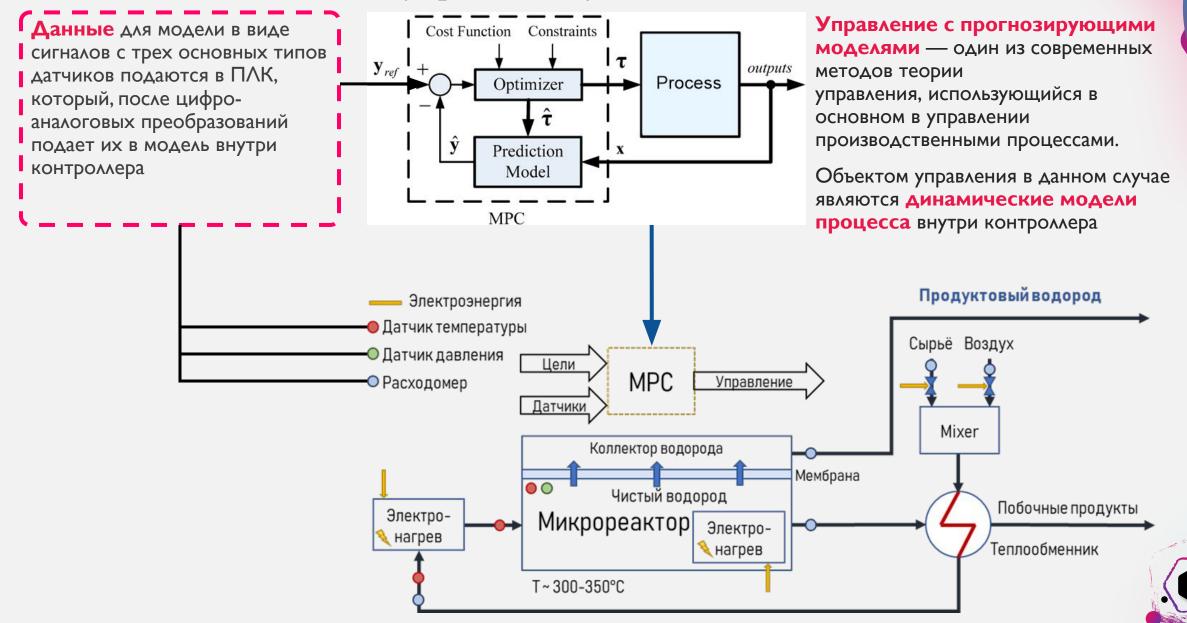


#### Результат

П цилиндрических каналов с площадью поперечного сечения равной 27 мм², и длиной канала равной 100 мм. Таким образом мы получим оптимальный микрореактор, длина которого будет составлять около 10 см, а ширина, с учетом перегородок между каналами — 60-70 мм.



# Система автоматического управления установкой

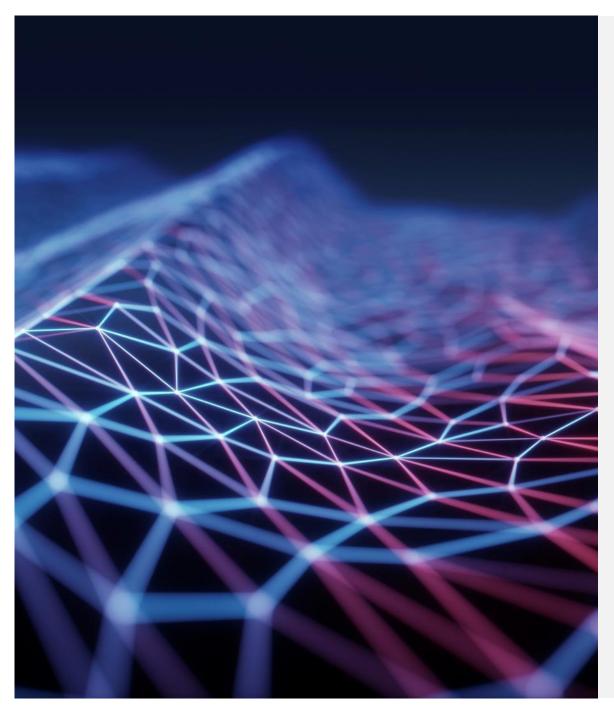


#### Заключение

На основании проделанной работы можно сделать несколько выводов:

- Технология **АТР водно-спиртовой смеси** является высокоэффективным и перспективным способом получения чистого водорода из био-сырья, для дальнейшего использования его в топливных элементах как источника дешевой и экологически чистой энергии.
- **Микрореакторы** являются перспективной технологией химического синтеза веществ с высокой степенью чистоты.
- Технология автоматического управления на базе совместного использования **МРС-контроллера** и высокоточных моделей реакции позволяет обеспечить качественное автоматическое управление технологическим процессом.





# Спасибо за внимание

Выполнил:

Студент гр. ХТм-183,

Щербо Никита Сергеевич

Руководитель:

К.Х.Н., начальник Научноисследовательской части ОмГТУ,

Фефелов Василий Федорович

