

**Исследование массообмена в каталитических
слоях водородо-воздушного топливного
элемента. Роль структуры электрода.**

Лобачева К.В., Савина М.В., Белоглазов В.Ю., Евдокименкова А.А

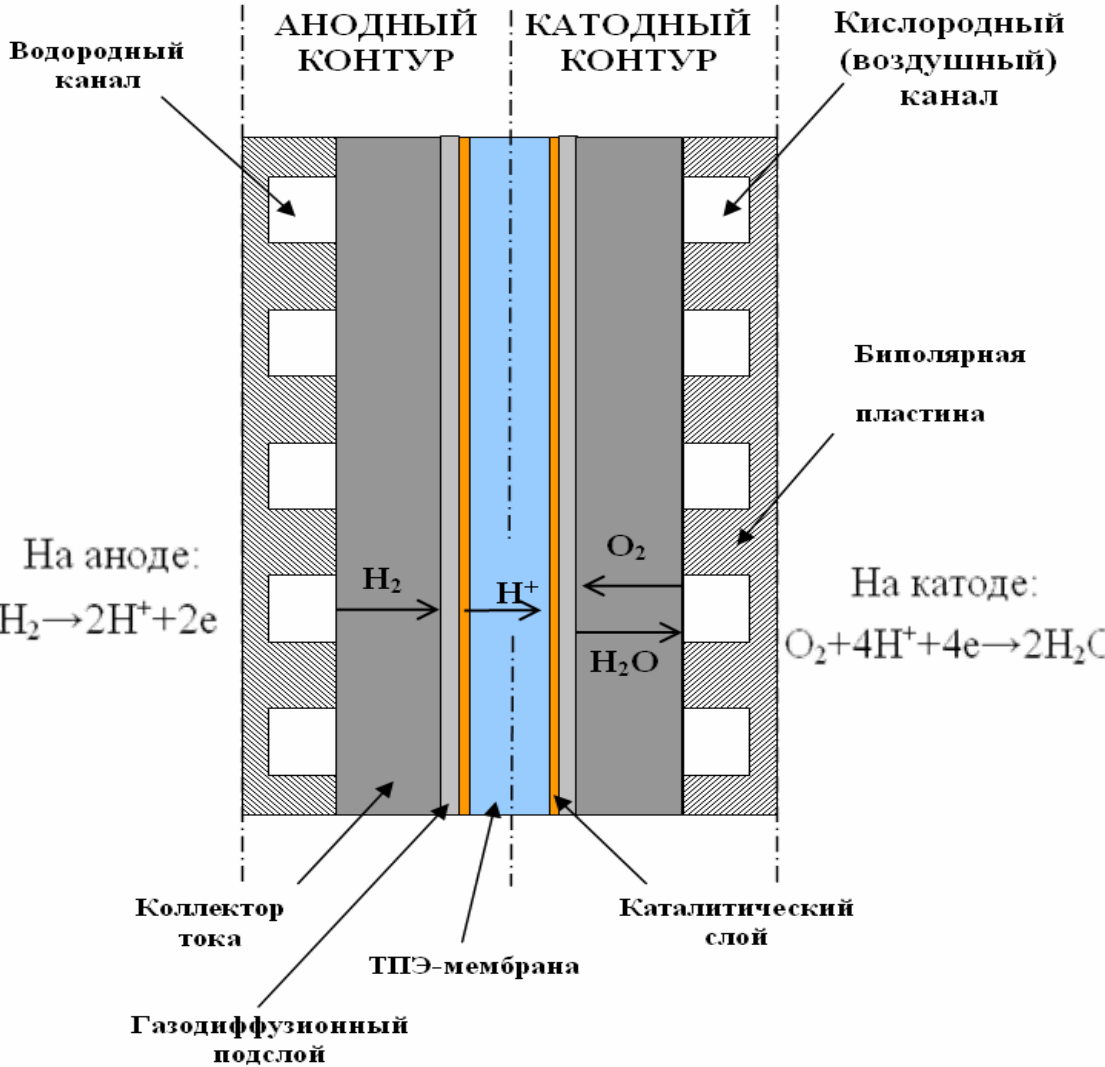


**Russian Research Center
"Kurchatov Institute"**

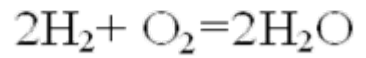
**Moscow Power
Engineering Institute**



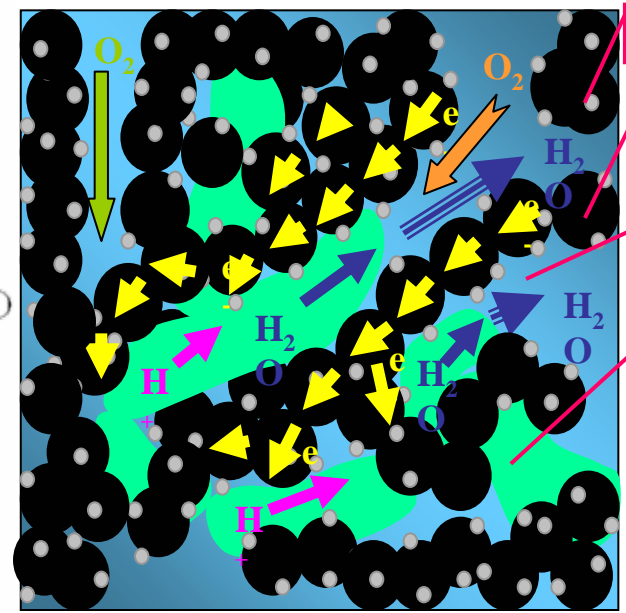
Схема основных компонентов топливной ячейки с ТПЭ



Суммарная реакция:

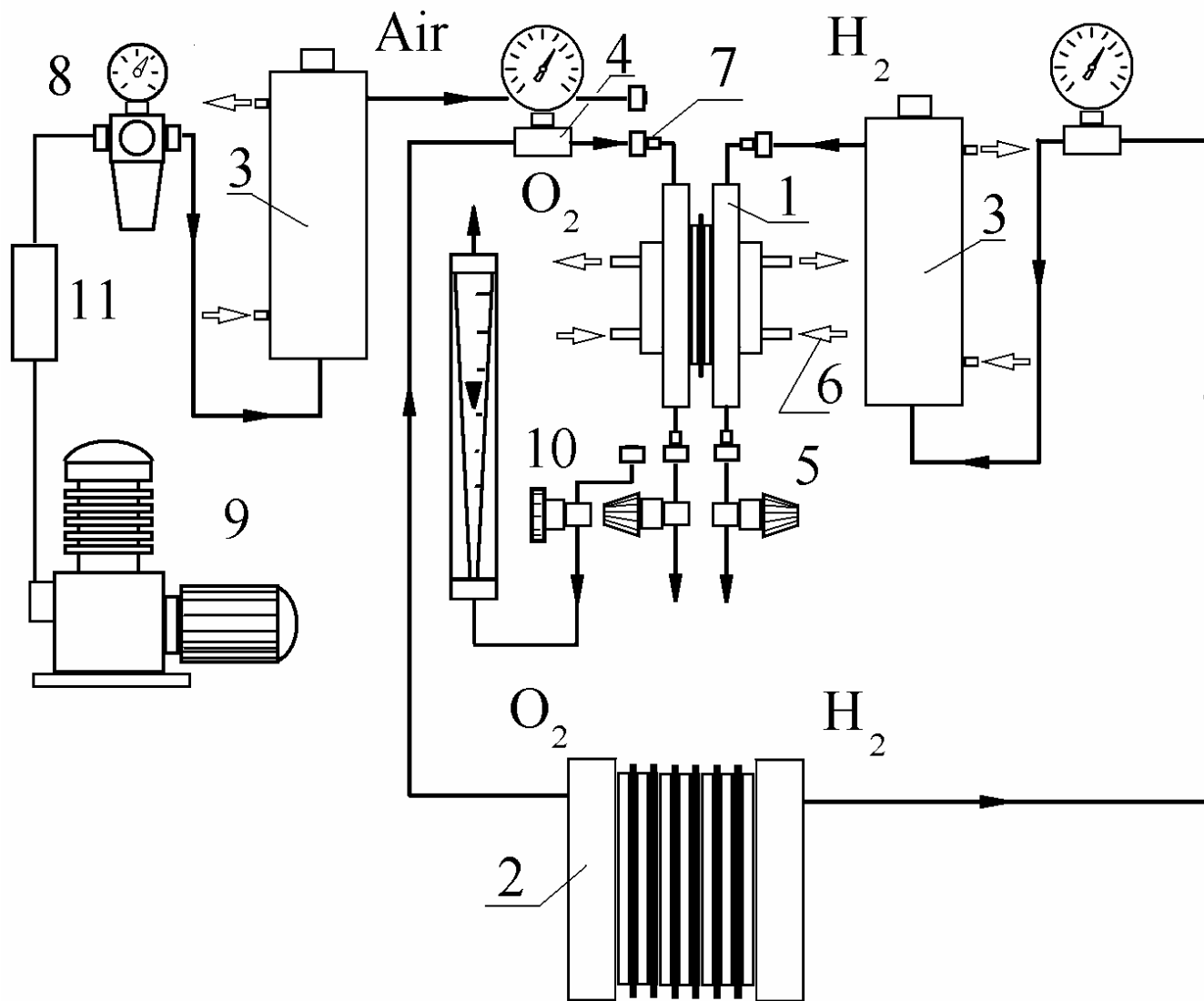


Структурная схема каталитического слоя катода ТЭ с ТПЭ



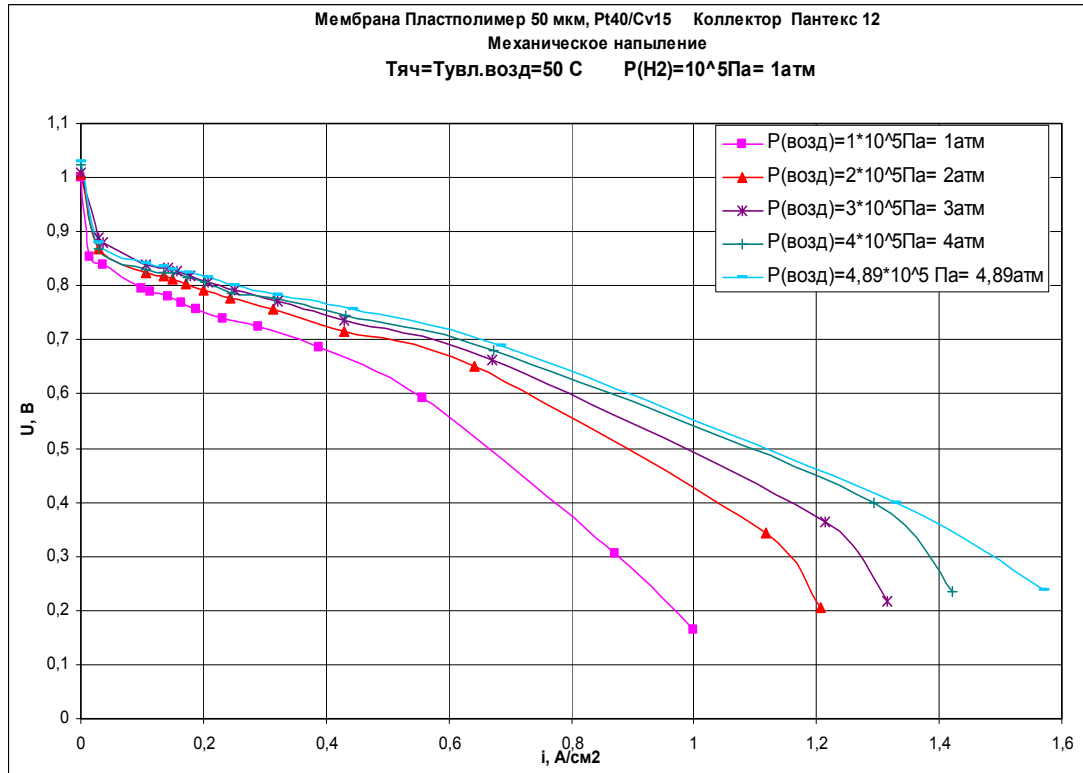
- Частицы катализатора
- Частицы сажи
- Пора
- Ионообменный материал

Схема экспериментальной установки

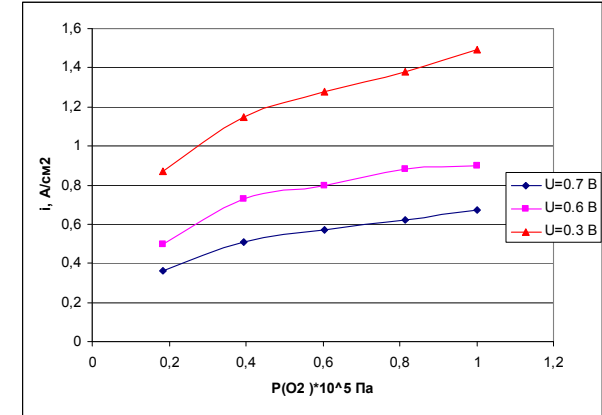


- 1 – ячейка топливного элемента
- 2 – электролизёр
- 3 – увлажнитель
- 4 – манометр
- 5 – редукторы
- 6 – контур термостатирования топливного элемента
- 7 – устройство разъема
- 8 – редуктор
- 9 – компрессор
- 10 – выход воздуха
- 11 – фильтр

1 Влияние парциального давления кислорода воздуха на характеристику топливного элемента.



Зависимость плотности тока от давления кислорода



Кинетическое уравнение катодной реакции:

$$I := i_0 \cdot p^{0.9} \cdot e^{\frac{(\eta_k \cdot n \cdot F)}{RT}}$$

Изменение ЭДС по уравнению Нернста

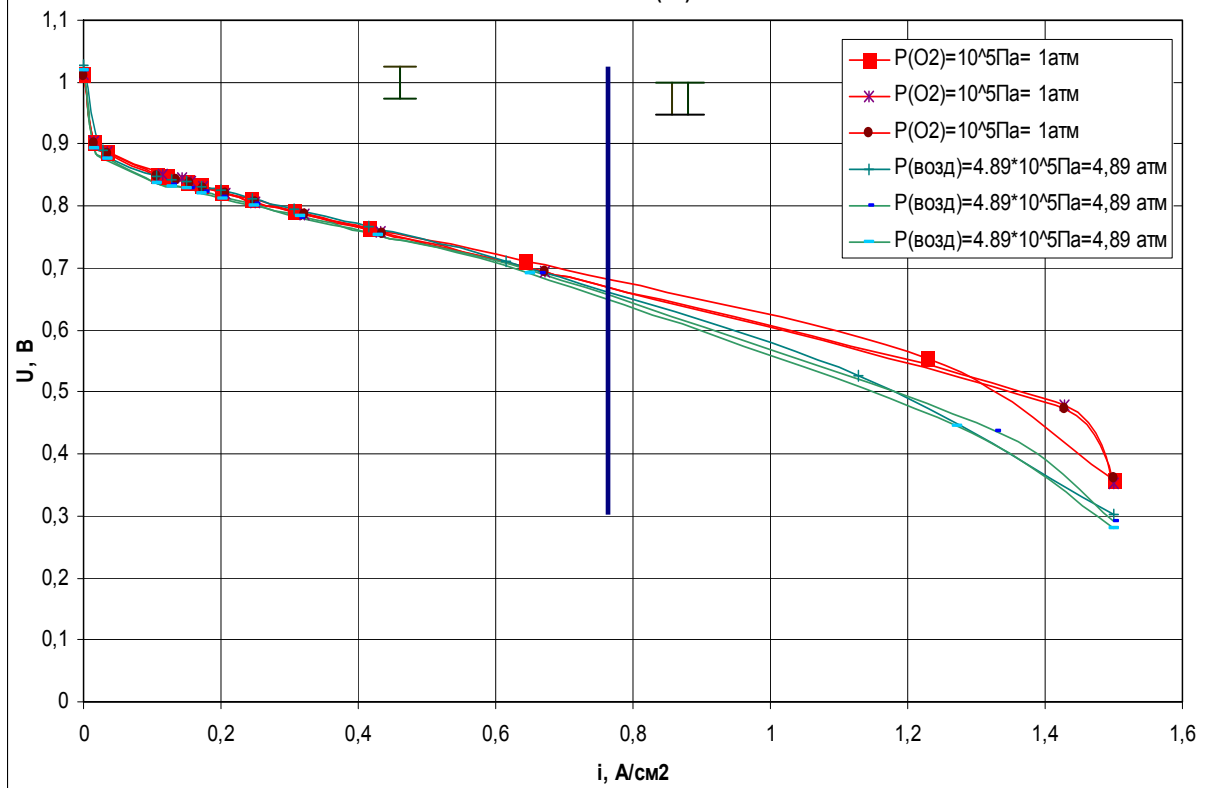
При повышении давления воздуха от 1*10⁵ до 4.89*10⁵ Па

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \cdot \ln \left(\frac{\bar{p}_{O_2}}{\bar{p}_{O_2}} \right)_2 = 0,011B$$

U=E₀-ΔE-IR - Напряжение ТЭ

Сравнение ВАХ топливного элемента при работе на чистом кислороде и на кислороде воздуха. (Давление чистого кислорода равно парциальному давлению кислорода в воздухе)

Мембрана Пластполимер 50 мкм, Pt40/Cv15
 Коллектор Пантекс 12
 Механическое напыление
 Тяж=50 С P(H2)=10⁵Па=1 атм



Перенос на воздушном электроде

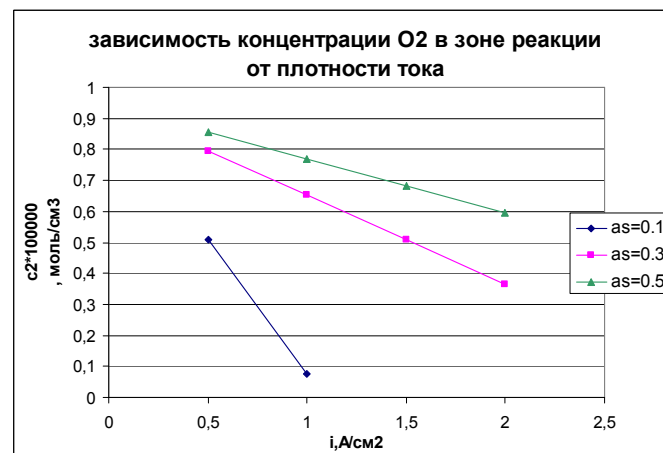
$$J = -D \frac{dC}{dx} + VC$$

Диффузионный член уравнения переноса Конвективный член уравнения переноса

Перенос при использовании чистого кислорода

$$J = VC$$

Оценки диффузионных потоков при данном токе



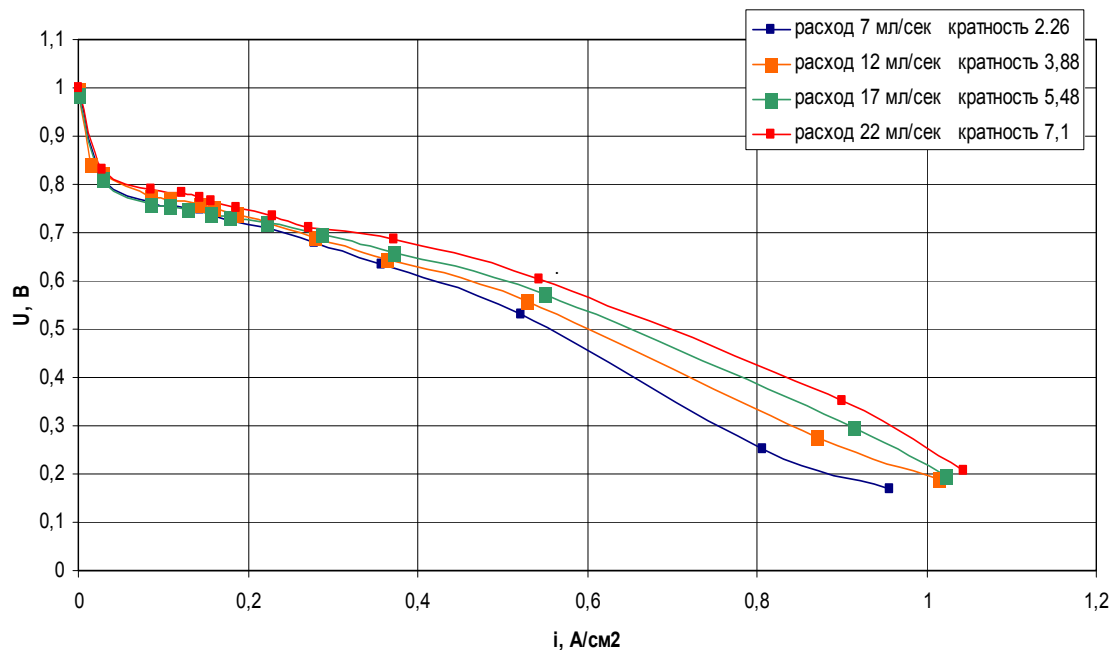
$J = i/nF$ - плотность потока кислорода
 $J = Das(\Delta c/\Delta x) \Rightarrow \Delta c = J^* \Delta x / (Das)$
 $c_2 = c_1 - \Delta c$, где $c_1 = 0.94 \cdot 10^{-5}$ моль/см²

Причины отличия кислородной и воздушной кривой:

1. Диффузионные ограничения по переносу кислорода в слое (по толщине электрода)
2. Недостаток кислорода во всем ТЭ при подаче в него воздуха (по пространству ТЭ)

2 Влияние расхода воздуха на характеристику топливного элемента.

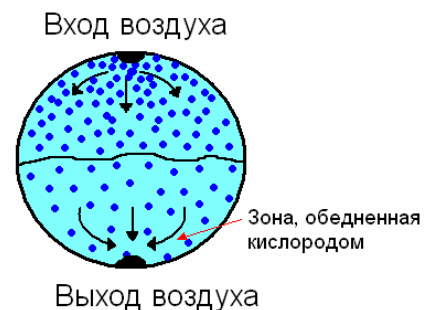
Мембрана Пластолимер 50 мкм, Pt40/Cv15
 Коллектор Пантекс 12
 Механическое напыление
 Тяч=50 С



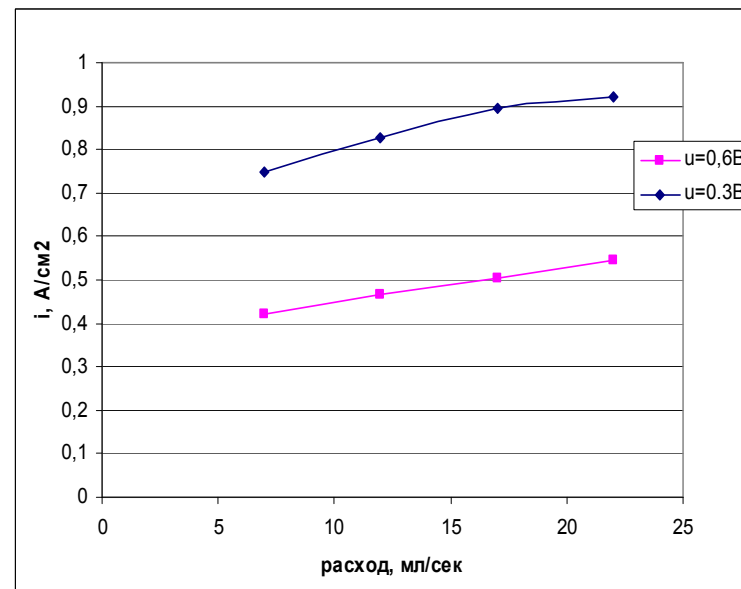
$$c_2 := c_1 - \frac{I}{nFJ} \Rightarrow$$

При увеличении расхода воздуха концентрация молекул кислорода на выходе из ячейки возрастает.

Недостаток кислорода на выходе из полости биполярной пластины

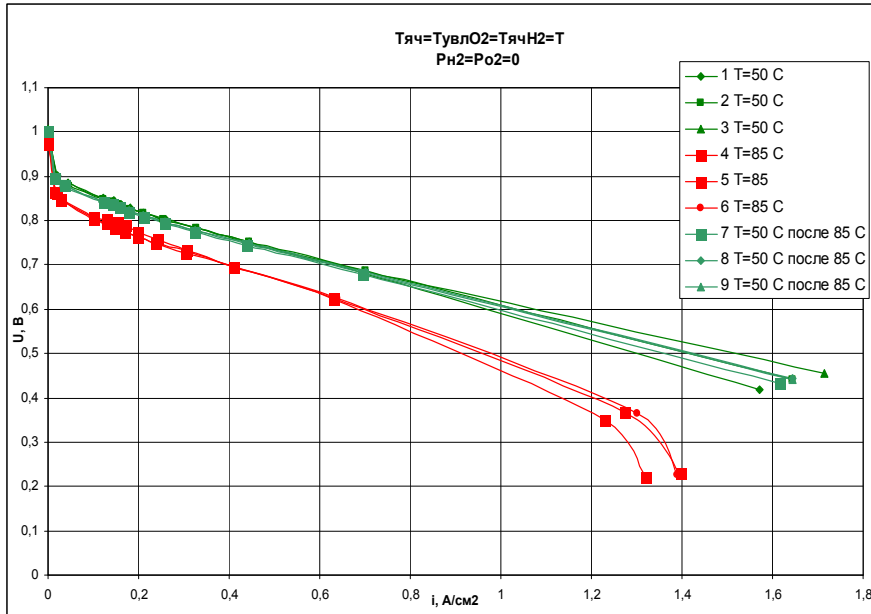


Зависимость плотности тока от расхода воздуха



3 Влияние температуры увлажнения на характеристику ТЭ

ВАХ при работе ТЭ на чистом кислороде



ВАХ при работе ТЭ на кислороде воздуха

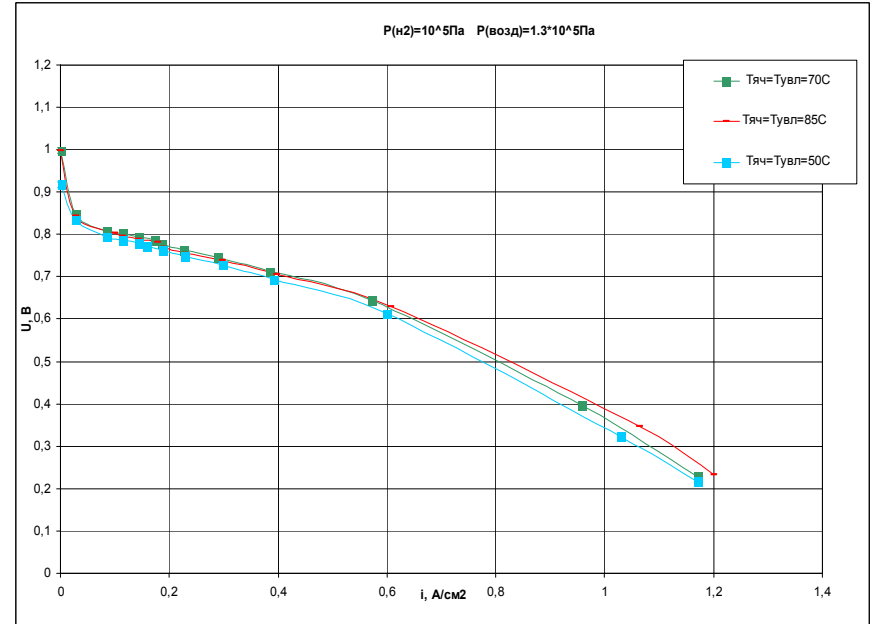
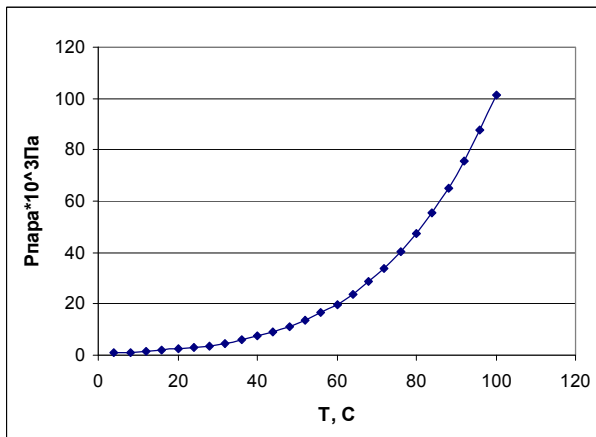


График зависимости давления насыщенных паров воды от температуры



При T=50°С:

P_{насыщ. пара}=0.123*10⁵Па

При T=85°С :

P_{насыщ. пара}=0.54*10⁵Па

Работа ТЭ без увлажнения воздуха

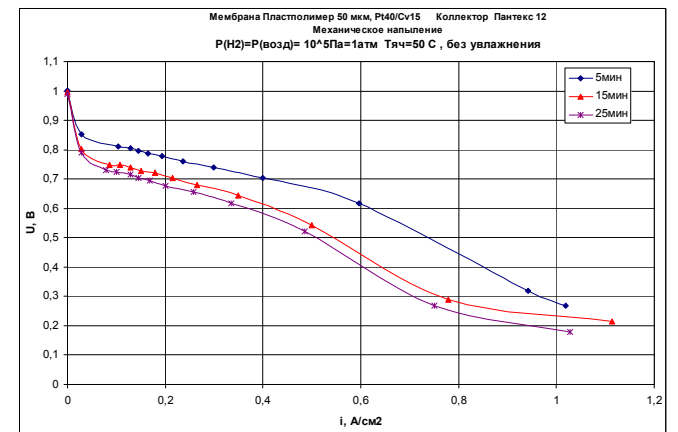


Схема экспериментальной установки

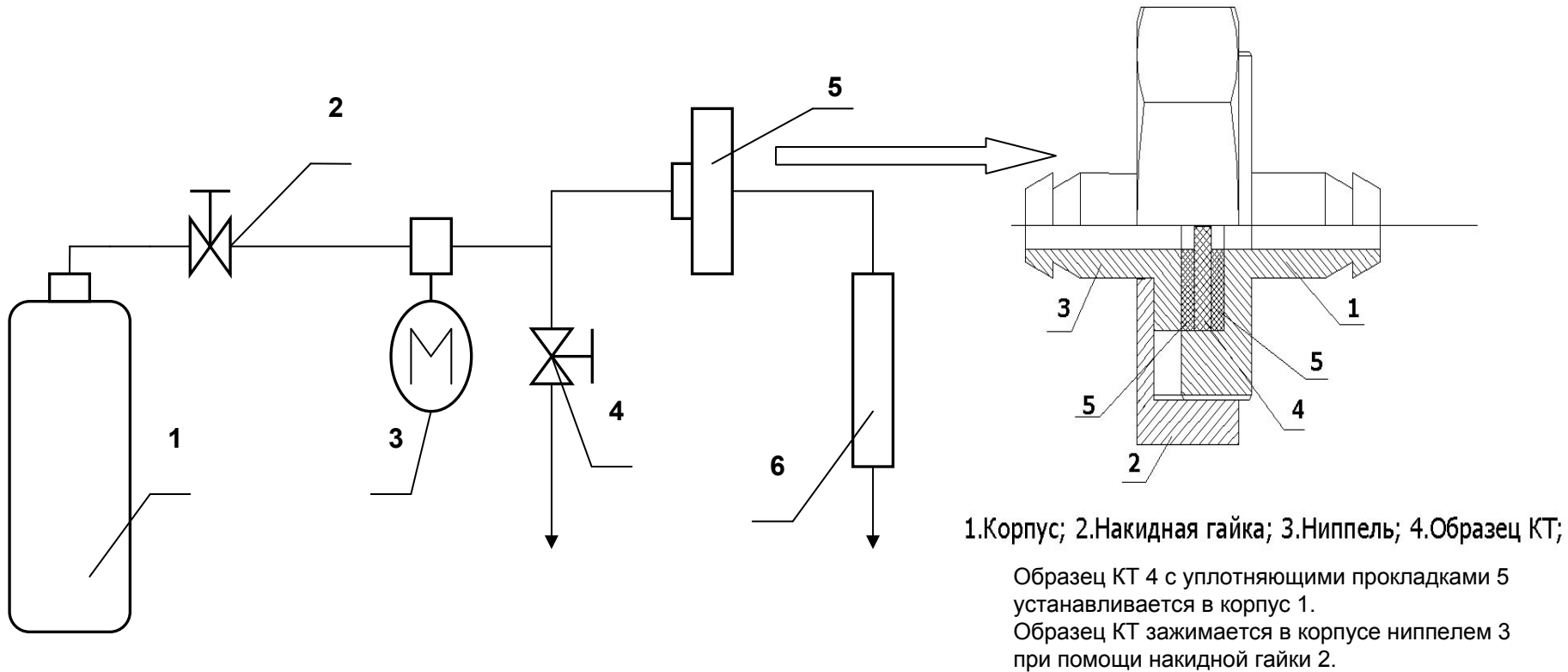
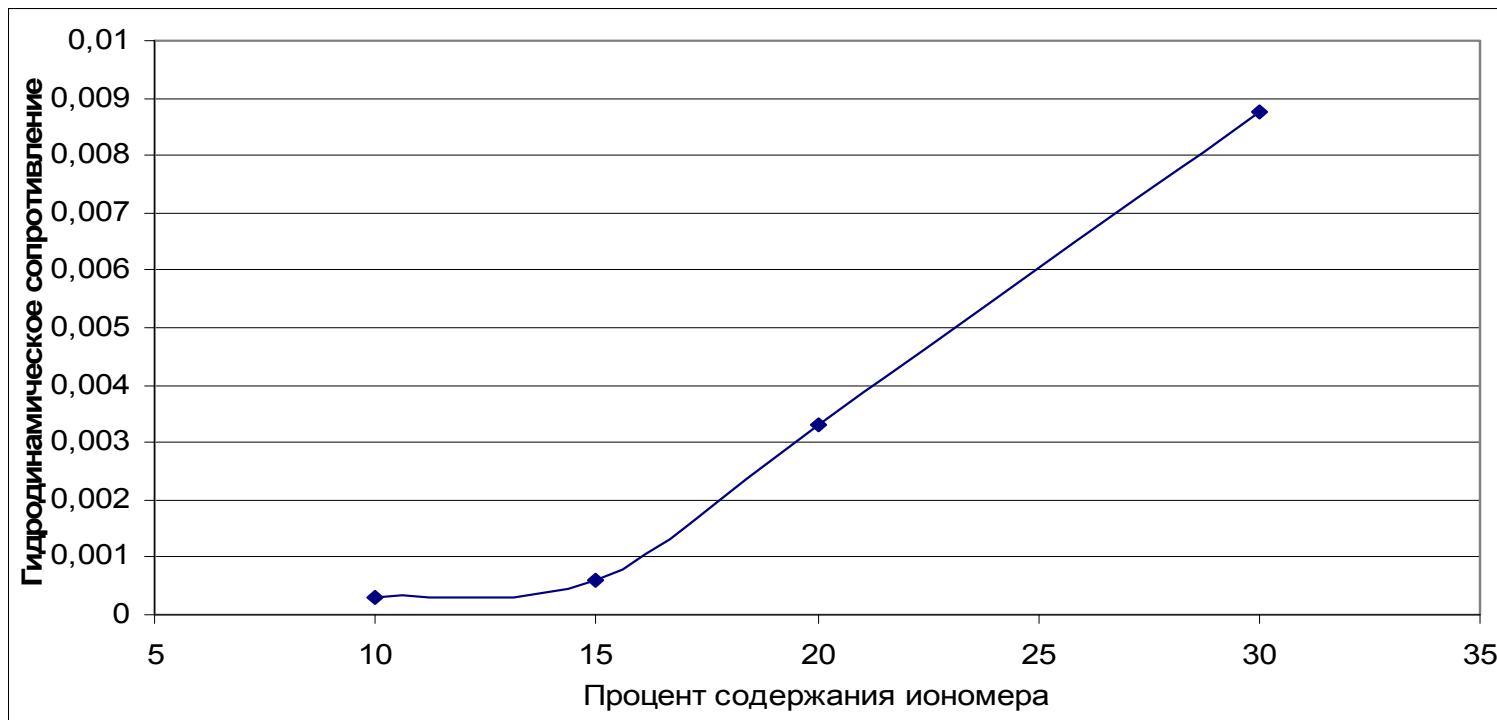


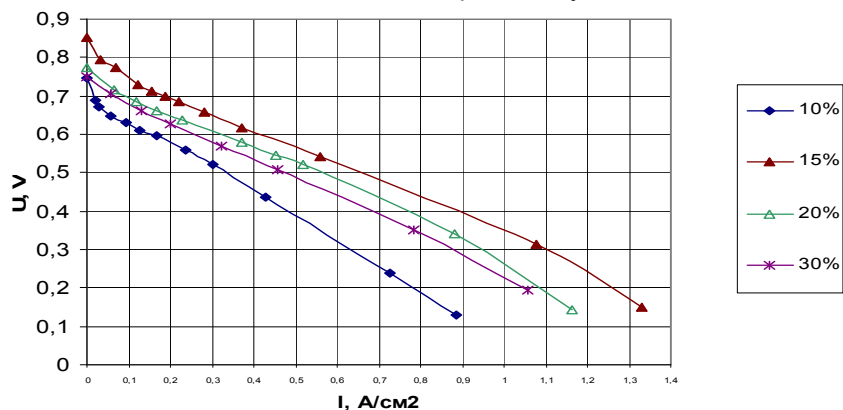
Схема установки для измерения газопроницаемости

1. Баллон с газом 2. Вентиль 3. Образцовый манометр 4. Натекатель
5. Ячейка с образцом КТ 6. Расходомер

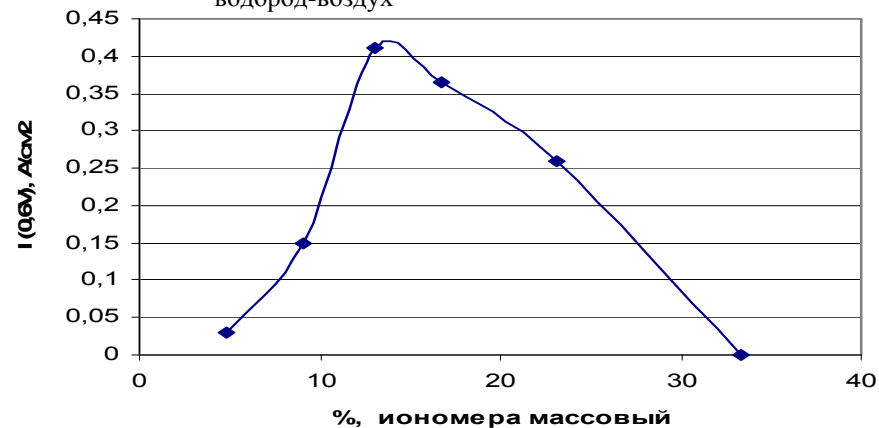
4. Экспериментальное определение проницаемости каталитического слоя.



Вольт амперные характеристики слоев с различными количеством иономера в слое (массовый процент). Рабочая смесь – водород-воздух.



Ток при напряжении ячейки 0,6 В в зависимости от массового процента иономера. Рабочая смесь – водород-воздух



Вывод

В работе были изучены процессы массопереноса в каталитических слоях топливного элемента. Показано, что параметры массопереноса определяются структурой и составом каталитического слоя, проницаемостью пористой системы, а также режимом увлажнения. В заключении приведем основные выводы работы:

- ✓1) Давление газообразных реагентов оказывает большое влияние на характеристики топливного элемента. При увеличении давления воздуха наблюдается рост плотности тока, при этом данная зависимость близка к линейной.
- ✓2) При сравнительном исследовании работы ТЭ с использованием в качестве окислителя как чистого кислорода, так и кислорода воздуха, выявлено, что ТЭ имеет в обоих случаях близкие характеристики при одинаковом парциальном давлении кислорода. Отличие наблюдается лишь в области высоких плотностей тока. Это связано с наличием в пористой системе слоя азота, который приводит к диффузионным ограничениям по подводу газообразных реагентов и отводу воды из зоны реакции.
- ✓3) С увеличением скорости подачи воздуха в катодную камеру наблюдается рост характеристик ТЭ. Однако при больших расходах воздуха рост незначителен, т.к. с потом воздуха происходит вынос воды и пересыхание мембраны.
- ✓4) При работе на кислороде ВАХ ТЭ сильно зависит от температуры увлажнения кислорода – происходит значительное снижение характеристик при повышении температуры с 50 до 85 °С. Это связано с увеличением давления водяного пара в подаваемом кислороде при повышении температуры.
- ✓5) Иономер сильно закупоривает пористую систему каталитического слоя. При содержании иономера более 20% масс. сопротивление по реагентам иономера растет, проницаемость падает, следовательно, увеличиваются диффузионные ограничения, все эти факторы приводят к ухудшению параметров работы