



РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР ВНИИЭФ

# Технологии водородной энергетики ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

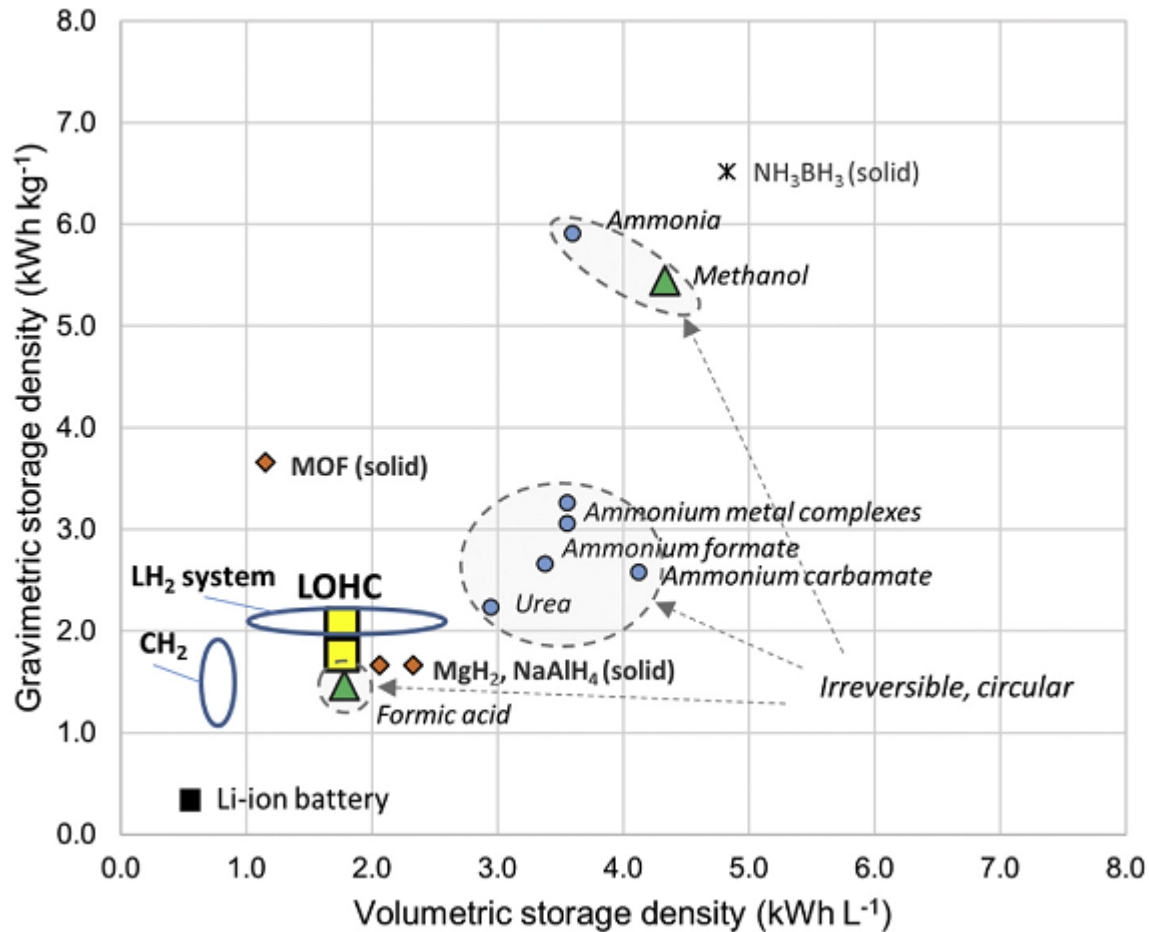
# Концепция развития инфраструктуры хранения, транспортировки, распределения и использования водорода

## Промышленные

- Газообразный (сжатый)
- **Сжиженный (криогенный)**

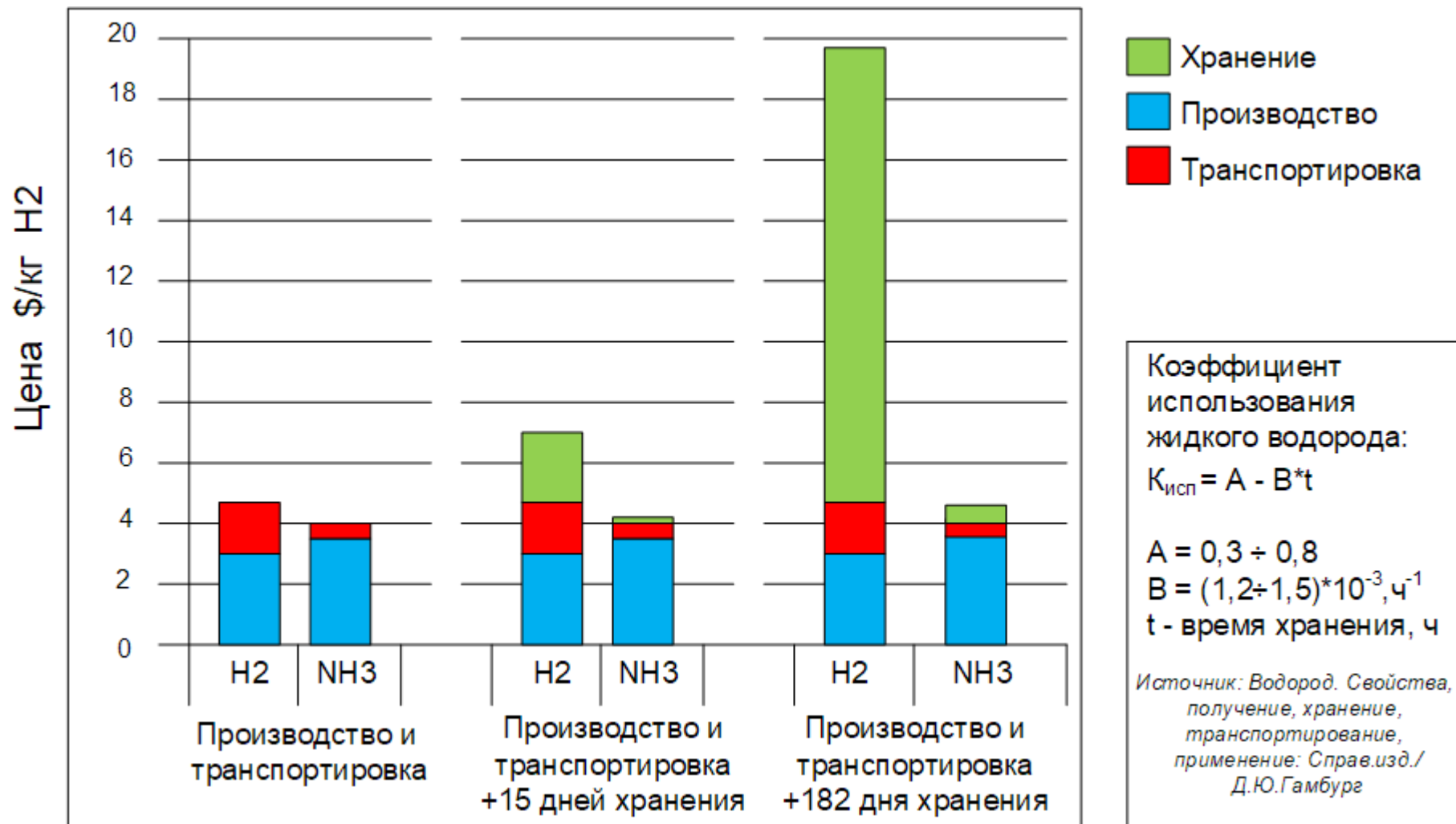
## Перспективные

- Добавка к метану до 20%
- Металлогидриды
- **Жидкие органические носители (ЛОНС)**
- Метанол
- **Аммиак**



Источник: *Liquid organic hydrogen carriers for transportation and storing of renewable energy*. Päivi T. Aakko-Saksa., Chris Cooks, Jari Kiviahho, Timo Repo. University of Helsinki, VTT Technical Research Centre of Finland Ltd., University of York, York, UK

# Сравнение стоимости производства, транспортировки и хранения водорода и аммиака



Источник: J.R. Bartels, «A Feasibility Study of Implementing an Ammonia Economy», MSc Thesis, Iowa State

# Комплексный подход к повышению эффективности

Зачем это нужно:

1. Повышение КИУМ АЭС, АСММ, ВЭС
2. Комплексное энергоснабжение = электричество + тепло + топливо для транспорта



Электричество  
12 МВт\*ч/т

Вода  
2000 кг/т

Воздух  
850 м<sup>3</sup>/т

Модуль получения и хранения NH<sub>3</sub>



NH<sub>3</sub>

N модулей

Генератор

Потребитель



Электро-  
энергия

45 МВт (день)  
30 МВт (среднее)  
15 МВт (ночь)



Тепло

100 МВт

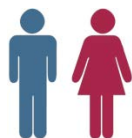


Топливо

10 тыс.т (15 млн.л)  
в год с 1 модуля

Возможна установка  
1-3 модулей

Поселок



5000 жителей



1500 единиц\*

Предлагаемая  
технология, как  
опция АСММ

\*При условии:  
Ср. расход NH<sub>3</sub> 100л/100км  
Пробег 10 тыс.км/год

# Технологии топливных элементов

# Опыт ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» в разработке автономной ЭУ на твердополимерных топливных элементах

Энергоустановка на топливных элементах мощностью 3-5 кВт для электропитания удаленных объектов разработана по заказу ПАО «Газпром». Электрический КПД (24%) в 5 раз выше КПД эксплуатируемых в настоящее время серийно выпускаемых импортных турбогенераторов.



Электрохимический генератор



Топливный процессор

Отличительные особенности:

- Автономность
- Модульность

Преимущества:

- Высокий КПД и ресурс
- Малая эмиссия вредных выбросов
- Низкий уровень шума



Батарея топливных элементов



Энергоустановка в контейнере

Разработки защищены патентами РФ



- Мощность – 10 кВт (30, 70, 100)
- Топливо – дизельное топливо, пропан-бутан, диметиловый эфир, метан
- КПД ЭУ – до 45 %
- Запас топлива (пропан-бутана) для 1 года работы – 31 м<sup>3</sup>
- Режим работы – автоматический
- Пониженные тепловые и акустические демаскирующие признаки, отсутствие вибраций
- Ресурс – не менее 40000 ч
- Время непрерывной работы – не менее 8000 ч
- Максимальное допустимое число циклов «пуск-останов» - до 100
- Время выхода ЭУ на режим из «холодного»/«ждущего» режима – 6/0.1 ч
- Масса – 200 кг
- Размеры – 1x0,7x1 м



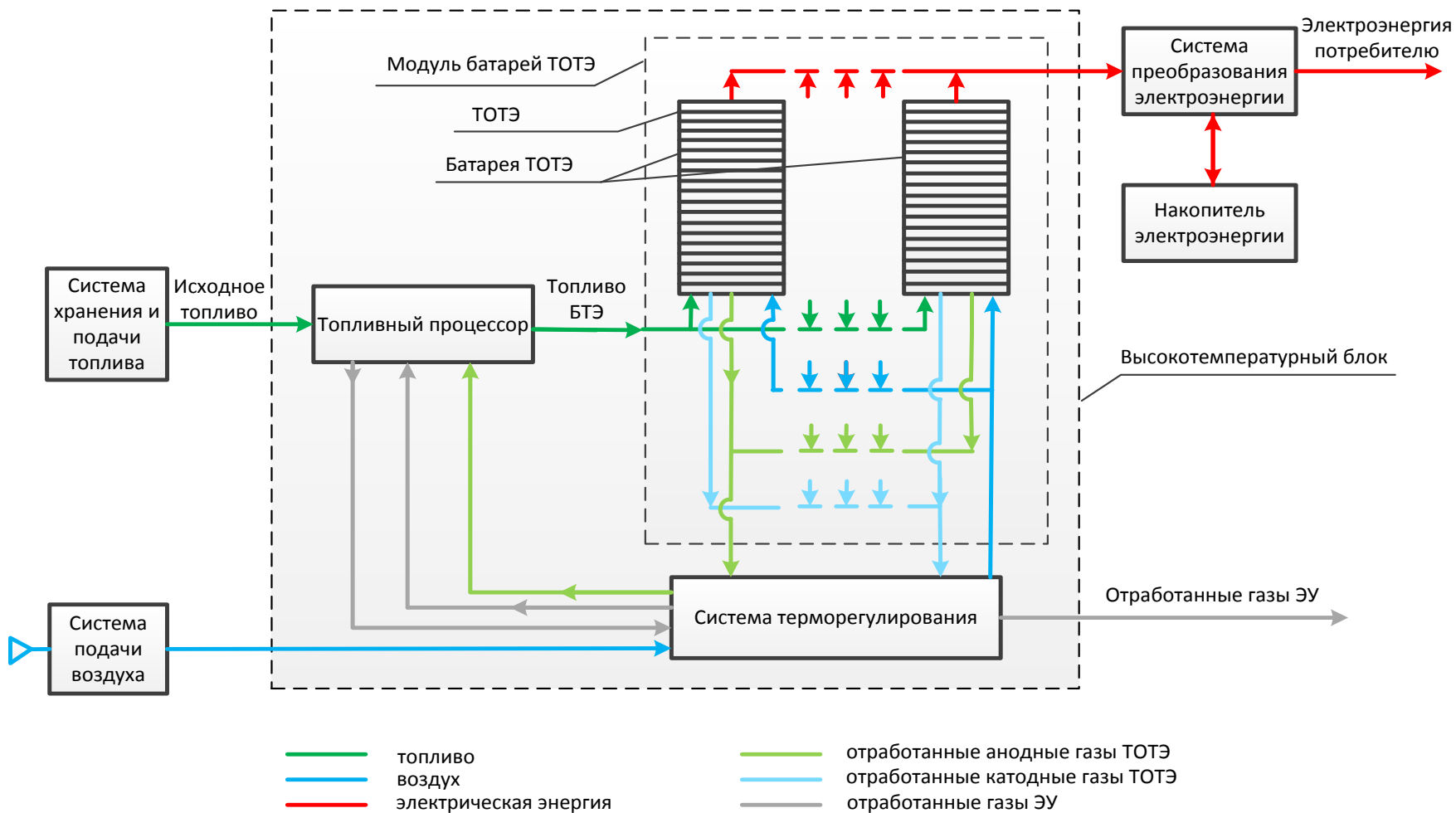
**БАТАРЕЯ ТОТЭ В СТЕНДЕ**



**ПРОТОТИП ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ТОТЭ**

# Энергоустановка на базе ТОТЭ

## Схема структурная



Синтез-газ для транспорта на ДВС

«Виртуальный водород»

Для перехода на ГМТ требуется достаточное количество АГНКС вблизи от потребителя ( $\leq 10$  км)



Заправка рентабельна при большом количестве транспортных средств



|                        | Сейчас                  | 2022 г.               | 2027 г.                |
|------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| Автомобилей на КПП     | 150 тыс                 | 500 тыс               | 3 млн                  |
| Потребление КПП        | 0,6 млрд м <sup>3</sup> | 2 млрд м <sup>3</sup> | 12 млрд м <sup>3</sup> |
| Доля транспорта на КПП | 0,18%                   | 0,6 %                 | 3,5 %                  |

*В мире эксплуатируется более 20 млн. автомобилей на метане*

## Текущий статус:

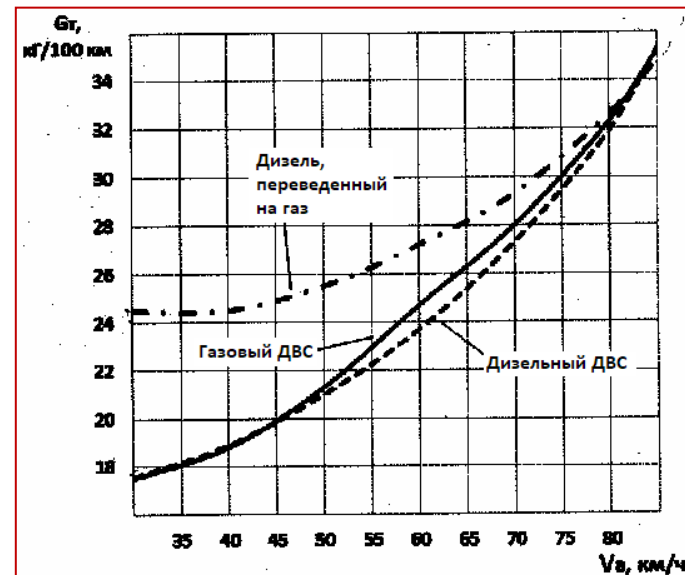
- Существующий парк автобусов оснащен преимущественно дизельными двигателями.
- Газовые двигатели в РФ – дизели, конвертированные в газовый двигатель.
- Перевод автопарка на импортные газовые ДВС не является предпочтительным вариантом.

## Преимущества транспорта на природном газе:

- Экономия за счет перехода на более дешевое топливо.
- Исключение хищений ДТ
- Улучшение экологических показателей выхлопных газов

## Барьеры на пути перевода транспорта на КПГ:

- Сеть АГНКС не развита
- Необходимость технической экспертизы, регистрации оборудования и транспорта в ГИБДД
- Высокая стоимость переоборудования
- Режим работы ДВС на городском маршруте не оптимален (частичная нагрузка - низкие обороты, средняя скорость 15 км/ч)
- **Конвертация дизеля в чисто газовый двигатель приводит к потере мощности на 15-20% и росту массового расхода топлива в режиме частичной нагрузки на 40%**
- Длительное время заправки (15-20 мин)



Зависимость массового расхода топлива от скорости движения, данные ФГУП «НАМИ»



- ✓ Водородная композиция ( $H_2 + CO$  + короткоживущие радикалы) вырабатывается на борту ТС методом каталитического парциального окисления природного газа
- ✓ Добавка водородной композиции к топливу резко улучшает процесс сгорания, обеспечивает возможность работы на обедненной смеси, повышает КПД двигателя
- ✓ Значительно улучшаются экологические параметры выхлопа
- ✓ Раскрывается скрытый потенциал природного газа, содержащего рекордное среди углеводородов количество водорода

# Демонстрационный многотопливный автомобиль Баргузин с генератором синтез-газа



- ✓ Пройден этап предварительных испытаний, пробег 20000 км
- ✓ Участвовал в автопробеге «Голубой коридор» Саров-Сочи-Саров
- ✓ Демонстрировался на выставках в г. Сочи, г. Ганновер (Германия)

# Взаимодействие изотопов водорода с конструкционными материалами



# Методы и установки для исследования взаимодействия изотопов водорода с конструкционными материалами

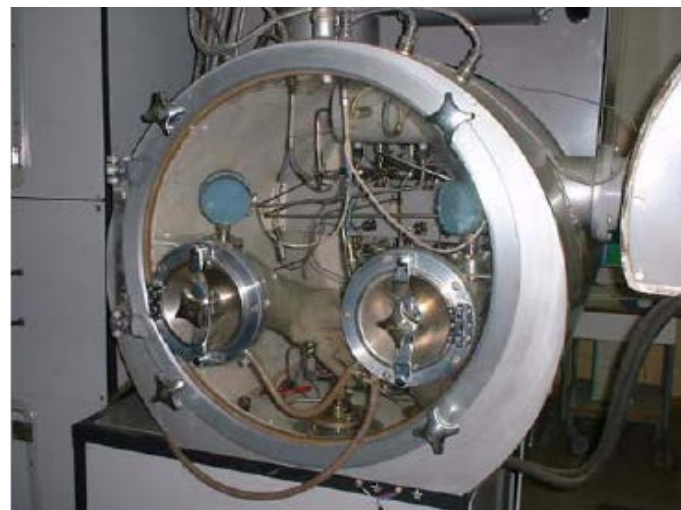
- ✓ Установка для измерения параметров водородопроницаемости (проницаемости, диффузии и растворимости водорода) через материалы методами Дайнеса при давлениях водорода до 300 МПа и температурах до 1000 °С;
- ✓ Установка «Прометей» для измерения кинетических параметров проницаемости (проницаемость, диффузия, растворимость, параметры сорбции и десорбции) изотопов водорода, в том числе трития, и сверхпроницаемости через материалы методами Дайнеса и концентрационных импульсов при давлениях изотопов водорода до 100 мбар и температурах до 700 °С;
- ✓ Метод термодесорбции для изучения взаимодействия изотопов водорода с металлами;
- ✓ Комплекс установок для исследования взаимодействия изотопов водорода, в том числе трития, с гидридообразующими металлами (определение удельного количества поглощенного газа и равновесного давления изотопов водорода над исследуемым материалом, кинетики сорбции/десорбции изотопов водорода) при давлениях до 500 МПа и температурах от -50 до +700 °С;



# Методы и установки для исследования взаимодействия изотопов водорода с конструкционными материалами

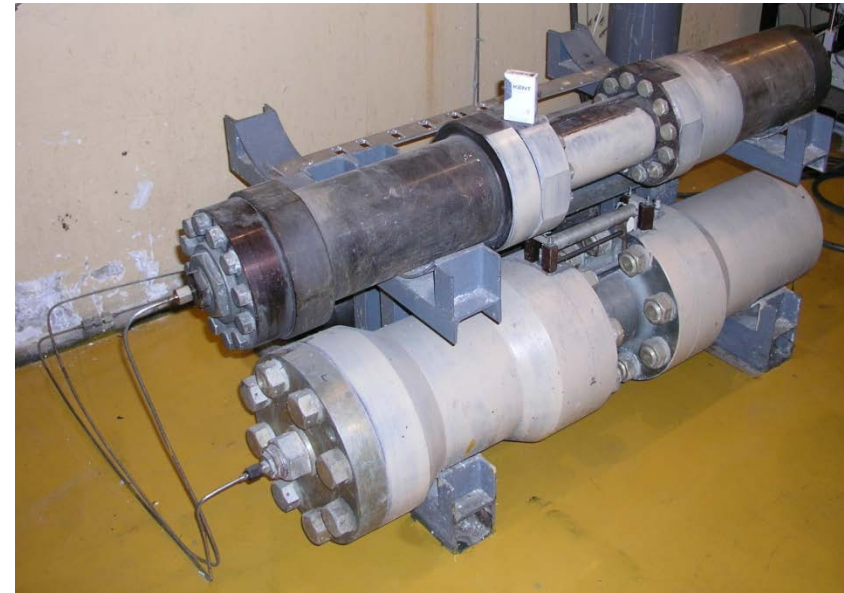
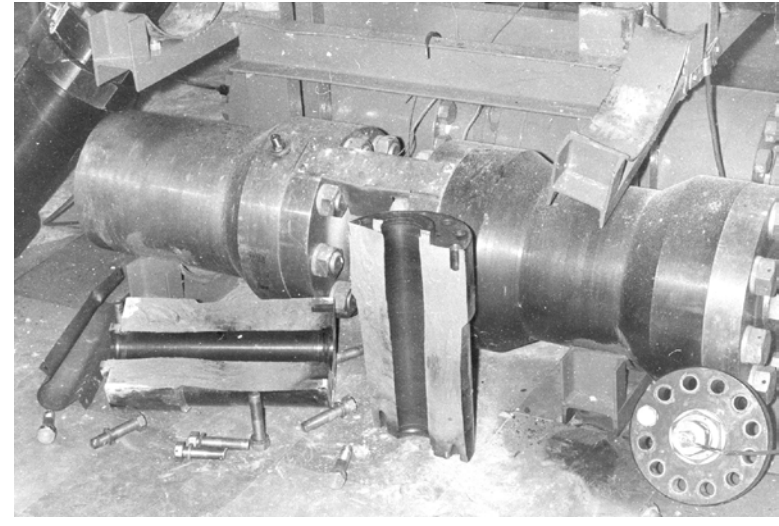
- ✓ Установки для испытаний на растяжение образцов в среде изотопов водорода (кроме трития) при давлении до 150 МПа и температурах от  $-150...+800$  °С;
- ✓ Установка для испытаний трубчатых образцов на несущую способность давлением водорода до 500 МПа.
- ✓ Модернизированный газоанализатор ELTRA 900 ОН для определения концентрации растворенных в материалах водорода, дейтерия, трития и гелия;
- ✓ Метод «трیتیевого трюка» для получения образцов материалов, содержащих тритий и гелий. Выбор оптимальных параметров режимов насыщения материалов тритием и гелием проводится с помощью специально-разработанной методики.

Технические характеристики установок и их возможности могут быть адаптированы под решение конкретных задач.



# Испытания водородом, прочностная надежность конструкций в водородосодержащих средах

- ✓ Проведение испытаний сосудов давления водородом до давлений 500 МПа;
- ✓ Определение прочности и оценка прочностной надежности сосудов давления;
- ✓ Экспериментальное определение стойкости и работоспособности конструкций в среде водорода и водородосодержащих сред;
- ✓ Разработка (под ключ) экспериментальных и испытательных установок высокого давления водорода, включая для работы в полевых условиях.



По тематике *«Взаимодействие изотопов водорода с конструкционными материалами»* в РФ проведены *6 Международных конференции и 13 Международных Школ* для молодых ученых и специалистов

Материалы:

<http://book.sarov.ru/product/ihism>

<https://ihism.org>



July 2005 // «Urozero», Karelia



Сергей Владимирович Филимонов,  
начальник научно-исследовательского отдела РФЯЦ-ВНИИЭФ  
Тел.: (83130) 2-26-94  
E-mail: [serfil@aven.visa44.vniief.ru](mailto:serfil@aven.visa44.vniief.ru)

Аркадий Аркадьевич Юхимчук,  
заместитель начальника научно-исследовательского отделения  
РФЯЦ-ВНИИЭФ  
Tel./fax: +7 83130 23473  
e-mail: [arkad@triton.vniief.ru](mailto:arkad@triton.vniief.ru)