



Санкт-Петербургский
Политехнический
Университет



В.н.с., проф. **А.В.Бобыль**

Водородная энергетика и биоэнергетика: перспективы и реальность

Водородная энергетика.

1. Основные принципы работы ТЭ. Крупные и портативные ТЭ. Военные программы. **30 % доклада.**
2. Наноструктурированные мембраны тонкой очистки легких газов. Оригинальные работы. **20 % доклада.**

Биоэнергетика.

3. Альтернативная и углеводородная энергетика. Малая распределенная энергетика. Синтетическое топливо и комбинированные энергоустановки. **30 % доклада.**
4. Получение электроэнергии из бытовых отходов. Оригинальные работы. **20 % доклада.**

Водородная энергетика — использования водорода в качестве средства для аккумулирования, транспортировки и потребления энергии. Водород как наиболее распространенный элемент на поверхности земли и в космосе, теплота сгорания водорода наиболее высокая, а продуктом сгорания является вода.

Принципиальные преимущества водородной энергетики

APPENDIX B: ENERGY DENSITIES OF FUELS

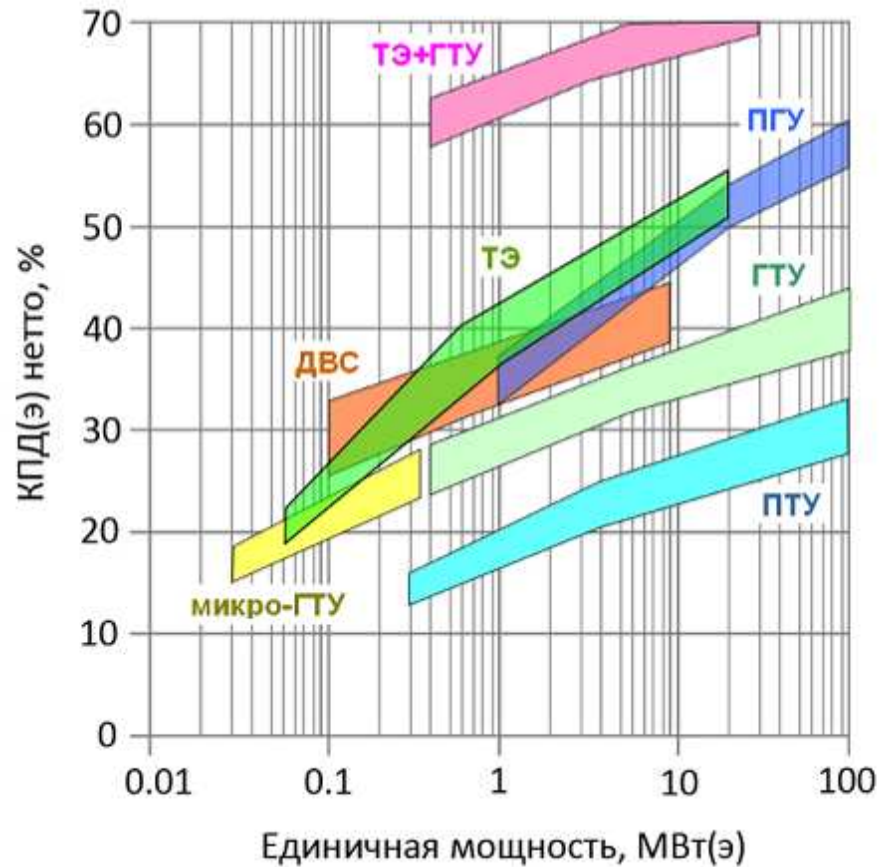
Energy carrier	Form of Storage	Specific Energy (kWh/kg)	Energy density (kWh/l)
Hydrogen	gas (20 MPa)	33.3	0.53
	gas (24,8 MPa)	33.3	0.64
	gas (30 MPa)	33.3	0.75
	liquid (-273°C)	33.3	2.36
	metal hydride	0.58	3.18
Natural gas	gas (20 MPa)	13.9	2.58
	gas (24,8 MPa)	13.9	3.01
	gas (30 MPa)	13.9	3.38
	liquid (-162°C)	13.9	5.8
LPG (Propane)	liquid	12.9	7.5
Methanol	liquid	5.6	4.42
Gasoline	liquid	12.7	8.76
Diesel	liquid	11.6	9.7
Electricity	Pb battery (chemical)	0.03	0.09

Values exclude container weights and volumes.

1) Двигатели внутреннего сгорания (автомобильные)

2) Автономные источники электрического тока (батареи)

Электрический КПД установок

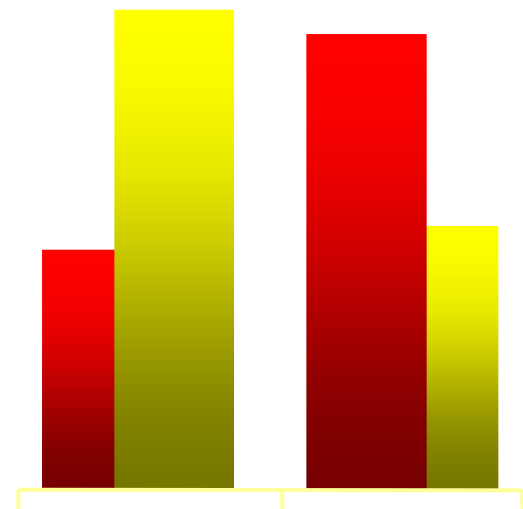


ПГУ- парогазовая установка

ГТУ- газотурбинная установка

ПТУ –паротурбинная установка

Структура потребления конечной энергии



Западная Европа

Россия

■ тепло

■ электроэнергия

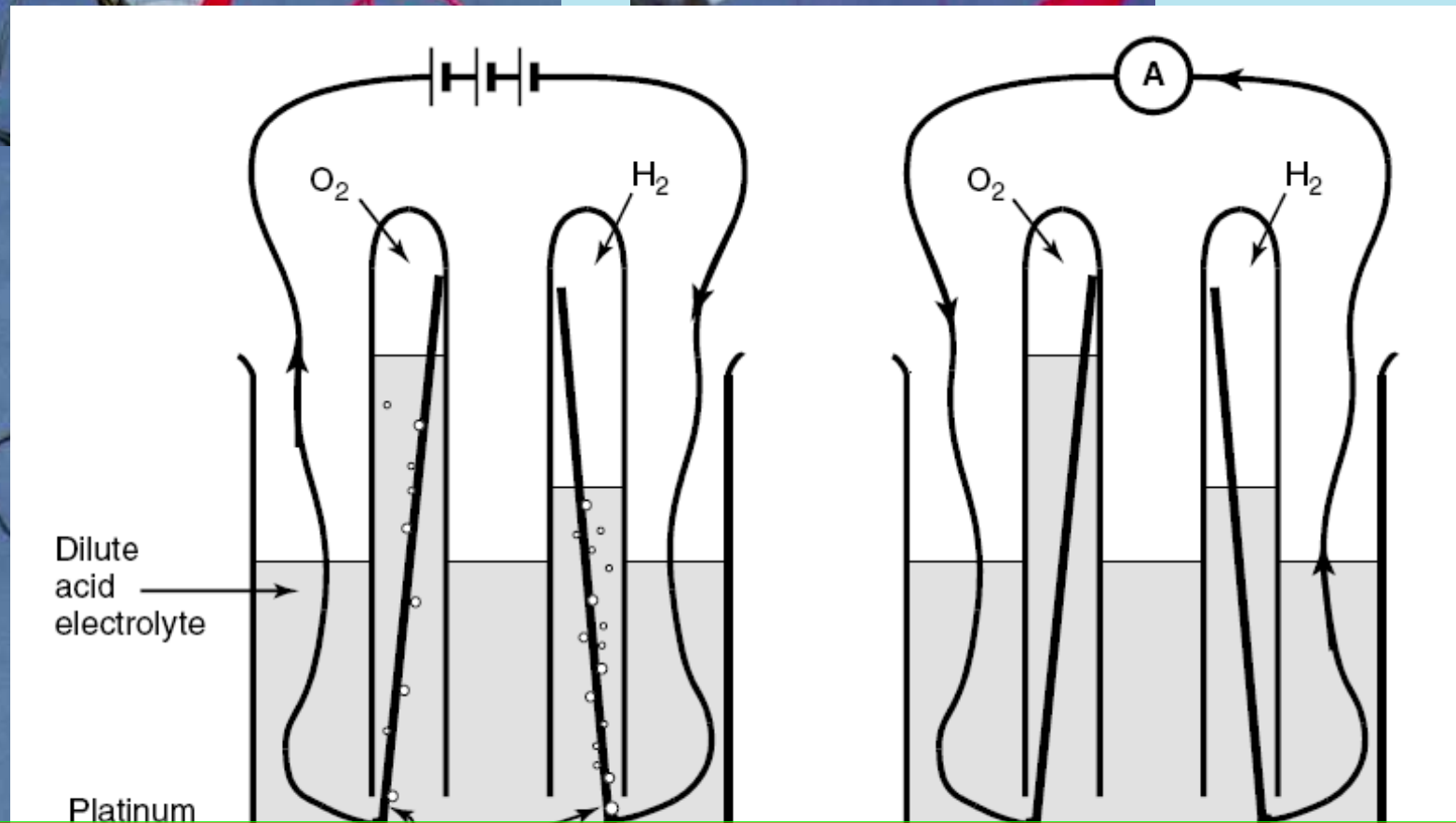


П. Б. Шелищ у стенда,
посвященного подвигу его
отца.

В 1941 лейтенант ПВО защищавший г. Ленинград Борис Шелищ предложил использовать "отработанный" водород из заградительных аэростатов в качестве топлива для двигателей автомобилей ГАЗ-АА (полуполторка).

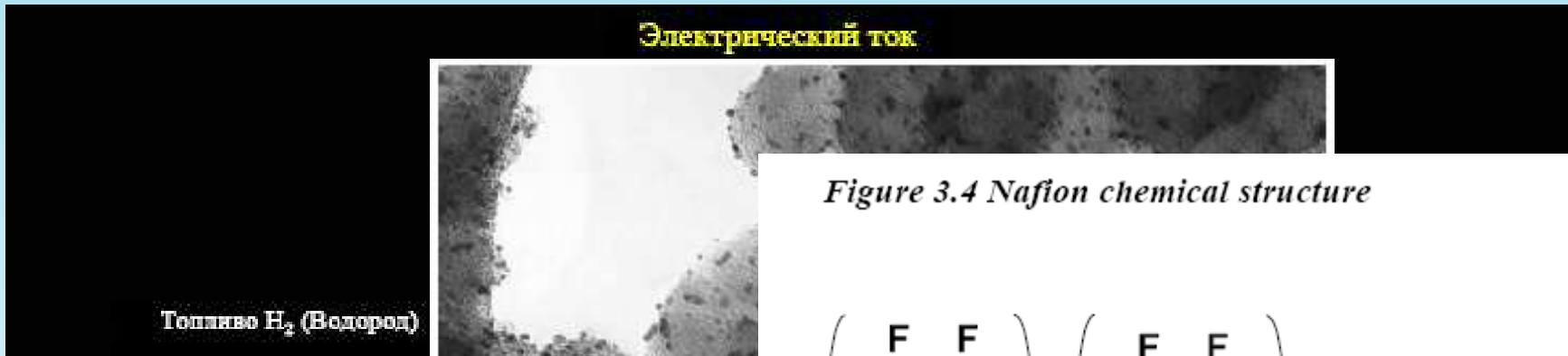
ПРИЗНАКИ ТЭ - электрохимические взаимодействия между газом, жидкостью и твердым состояниями исходного топлива с целью получения электрической энергии.

Простейший топливный элемент

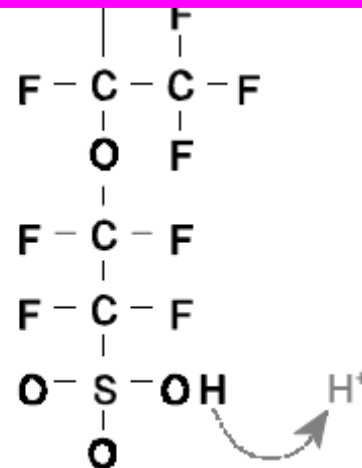


ПРИЗНАКИ ТЭ - электрохимические взаимодействия между газом, жидкостью и твердым состояниями исходного топлива с целью получения электрической энергии.

Принципиальная схема топливного элемента



Грязный водород – отравление катализатора
Мембрана для очистки !!???



Am

тед

Toward a More Secure
and Clean
Future for

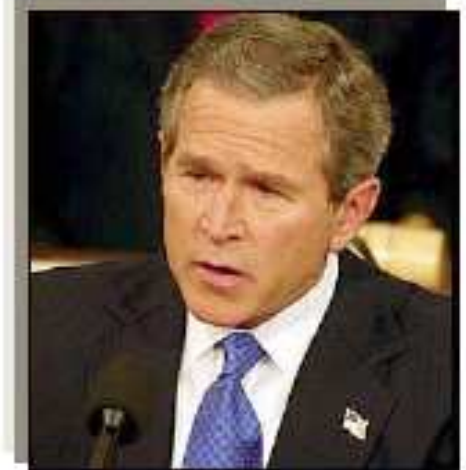
A N
AME
A H
TO 2

Based on
National
Washing
Novemb

February



Hydrogen Fuel Initiative – Launched in January 2003



"Tonight I am proposing \$1.2 billion in research funding ... so that the first car driven by a child born today could be powered by hydrogen, and pollution-free."

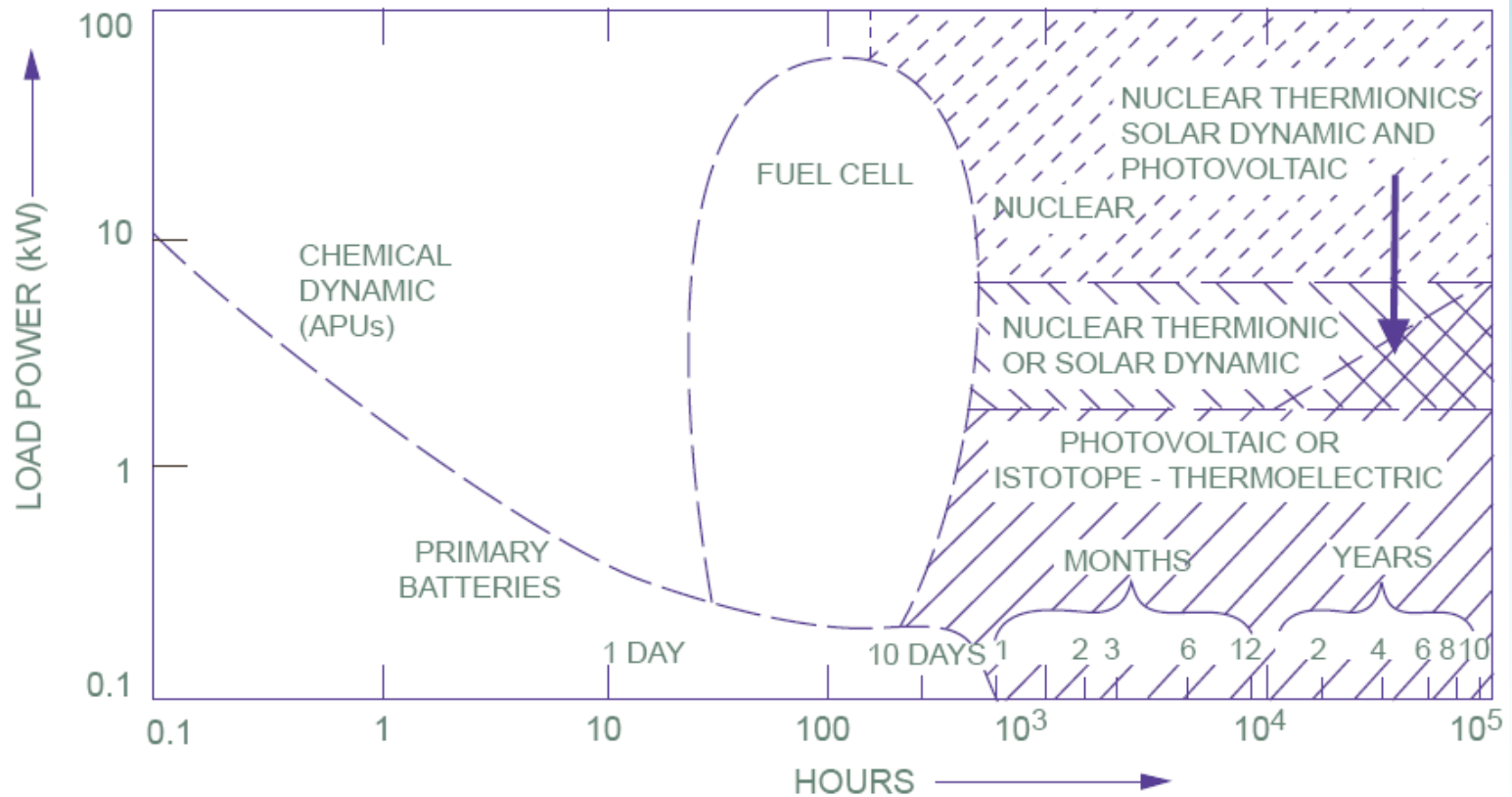
Мировой рынок ТЭ
США
Канада и Мексика
Западная Европа
Япония
Остальная Азия и Тихий океан
Остальной мир

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА для МО РФ

1. Введение
2. Разработка летательных аппаратов и космических систем
3. Использование топливных элементов в подводных лодках
4. Разработка ядерных центров США
5. Общевойсковое использования
6. Разработки Агентства обороны США (DoD Department of Defense),
Агентства энергии (DoE Department of Energy)
7. Оснащение солдат. Разработки института Battelle (США)
8. Технология портативных топливных элементов
9. Работы по надежности и деградации параметров ТЭ
10. Изделия фирм на рынке ТЭ. Солнечные системы получения водорода
11. Разработки ТЭ в Европе, мире, международная кооперация
12. Выводы (вопросы – ответы).

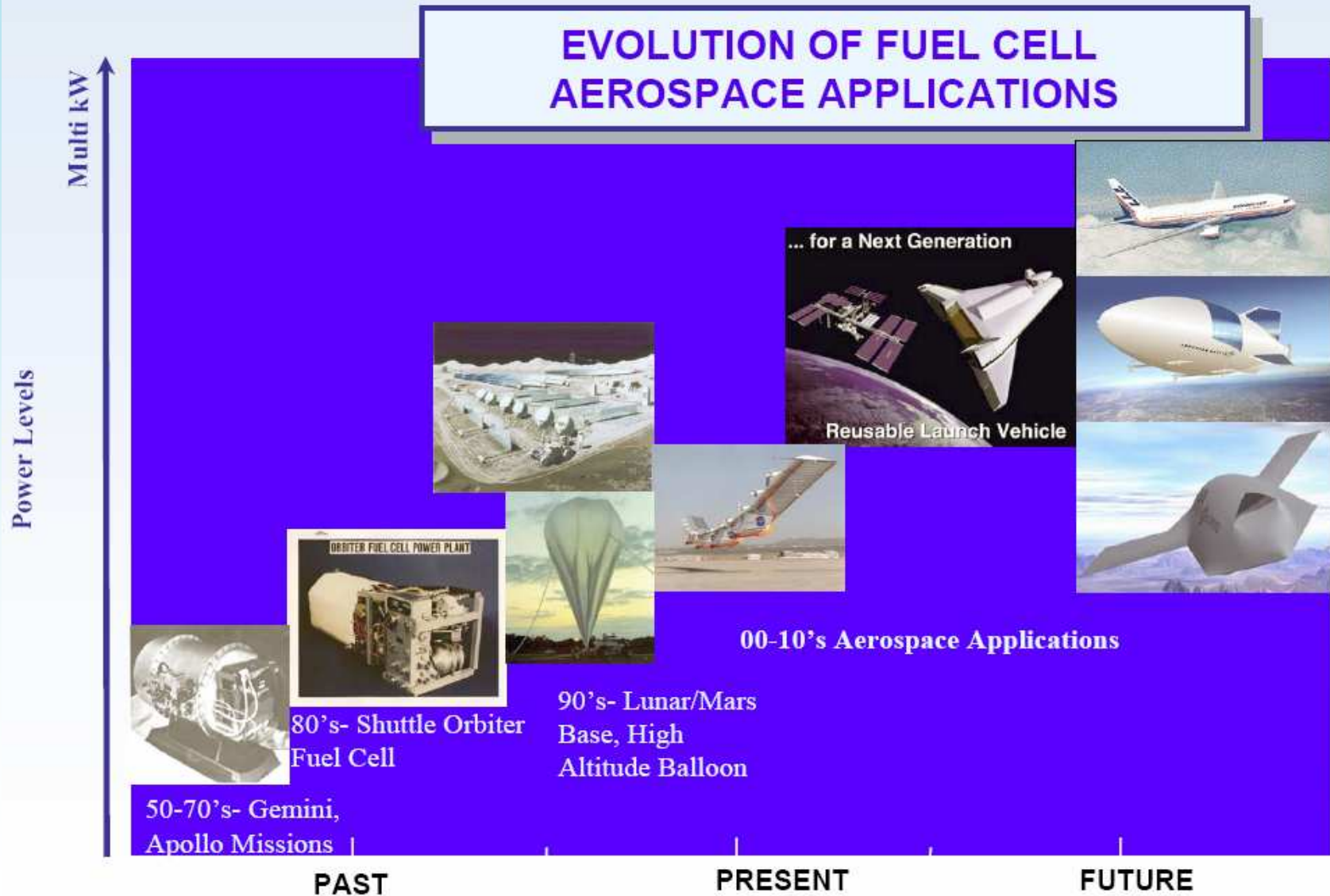
Области применимости различных источников энергии

Power Source Applicability



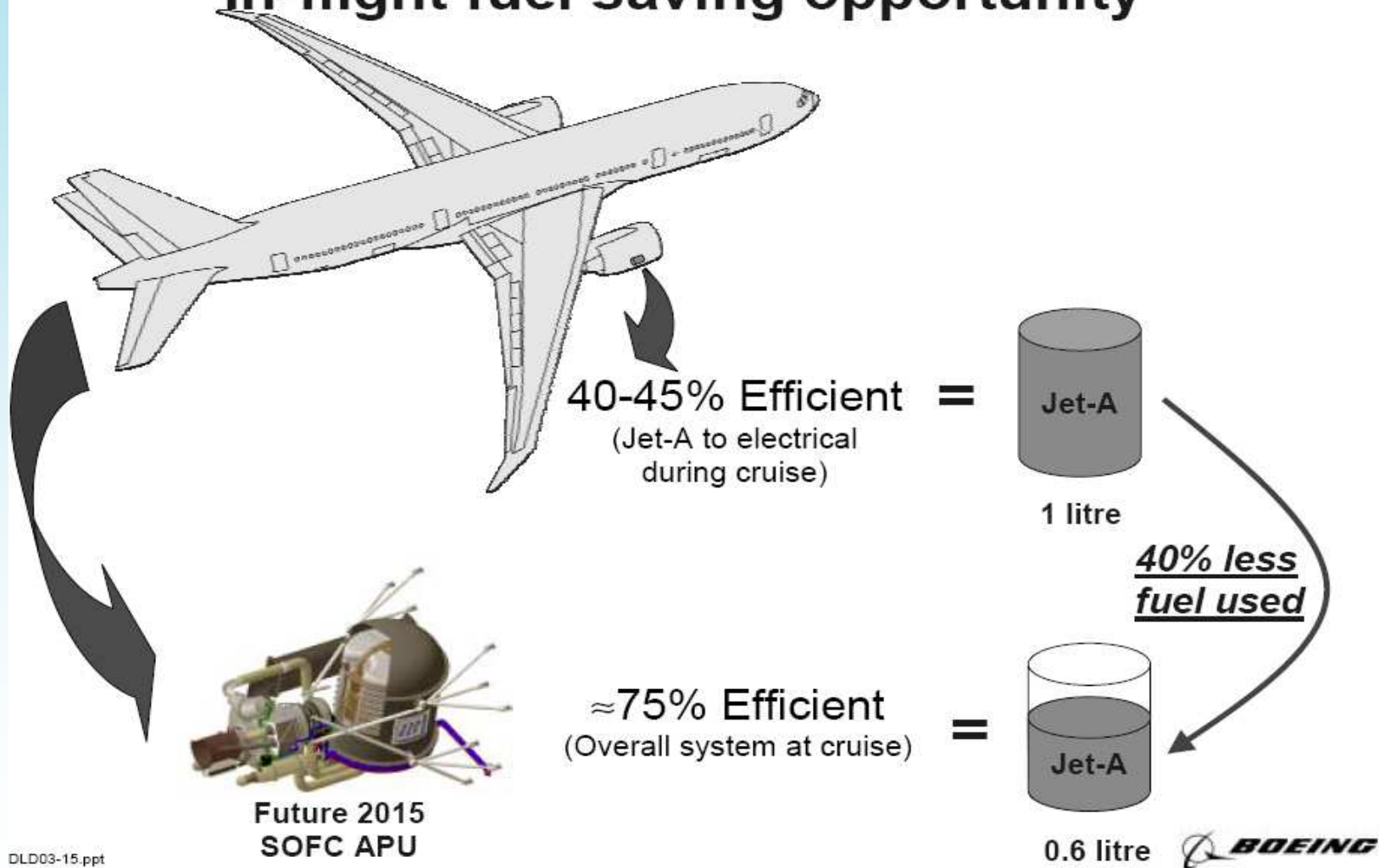
Approximate ranges of application of different power sources.

Разработка летательных аппаратов и космических систем



Разработка летательных аппаратов и КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

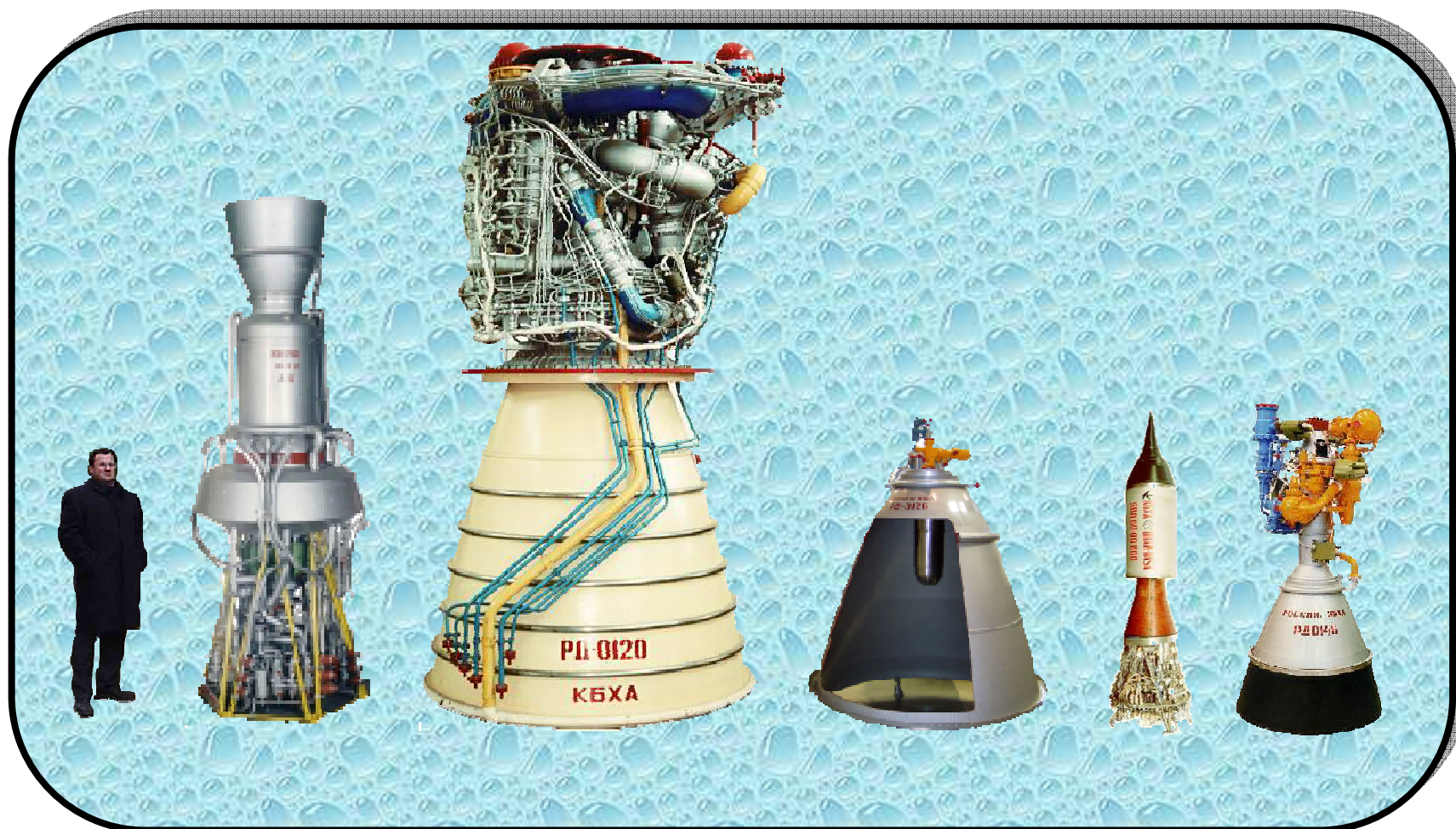
In-flight fuel saving opportunity



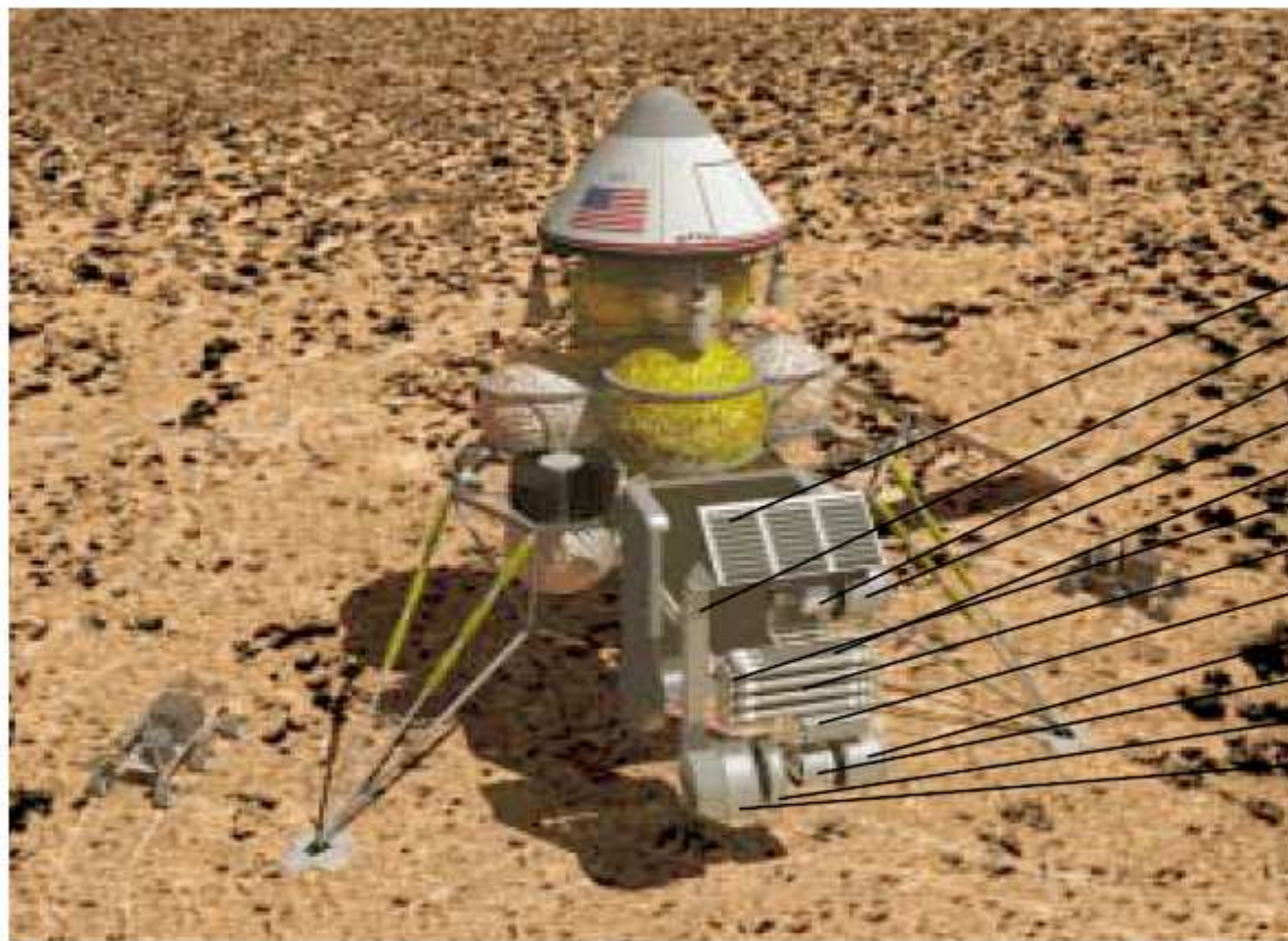
В РАЗРАБОТКАХ НОВЫХ ВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ БОЛЬШОЙ НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКИЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ ВОДОРОДНЫХ РАКЕТНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ



Водородные ракетные двигатели



Разработка летательных аппаратов и космических систем



- Atmosphere Filter*
- Intake Duct*
- Methane Condenser*
- Methane Pump*
- Methane Hoses*
- H₂ Intake*
- Sabatier Reactors*
- Water Electrolyzer*
- O₂ Pump*
- O₂ Condenser*
- CO₂ Condenser*
- CO₂ Compressor*

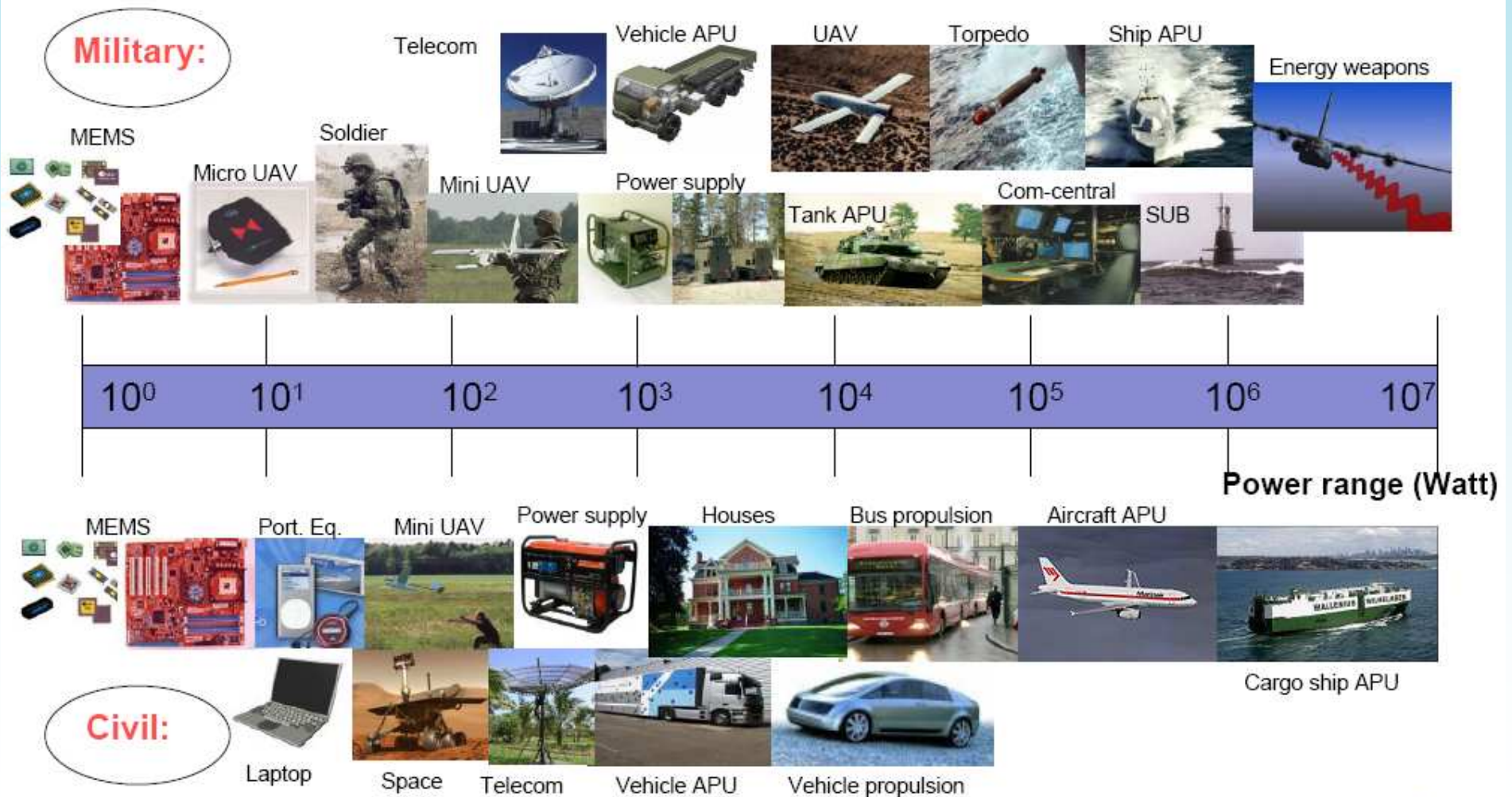
Fig. 7. Mars Ascent Vehicle based on ISRU propellants.

About the A
T. A. (Ram) Rama.

Использование топливных элементов .

FMV Fuel Cell Technology Program

- *An increasing need for compact, robust and highly efficient power supplies exist in the same power range and in similar applications for both military and civil purposes, "Dual use".*



Использование топливных элементов в подводных лодках.

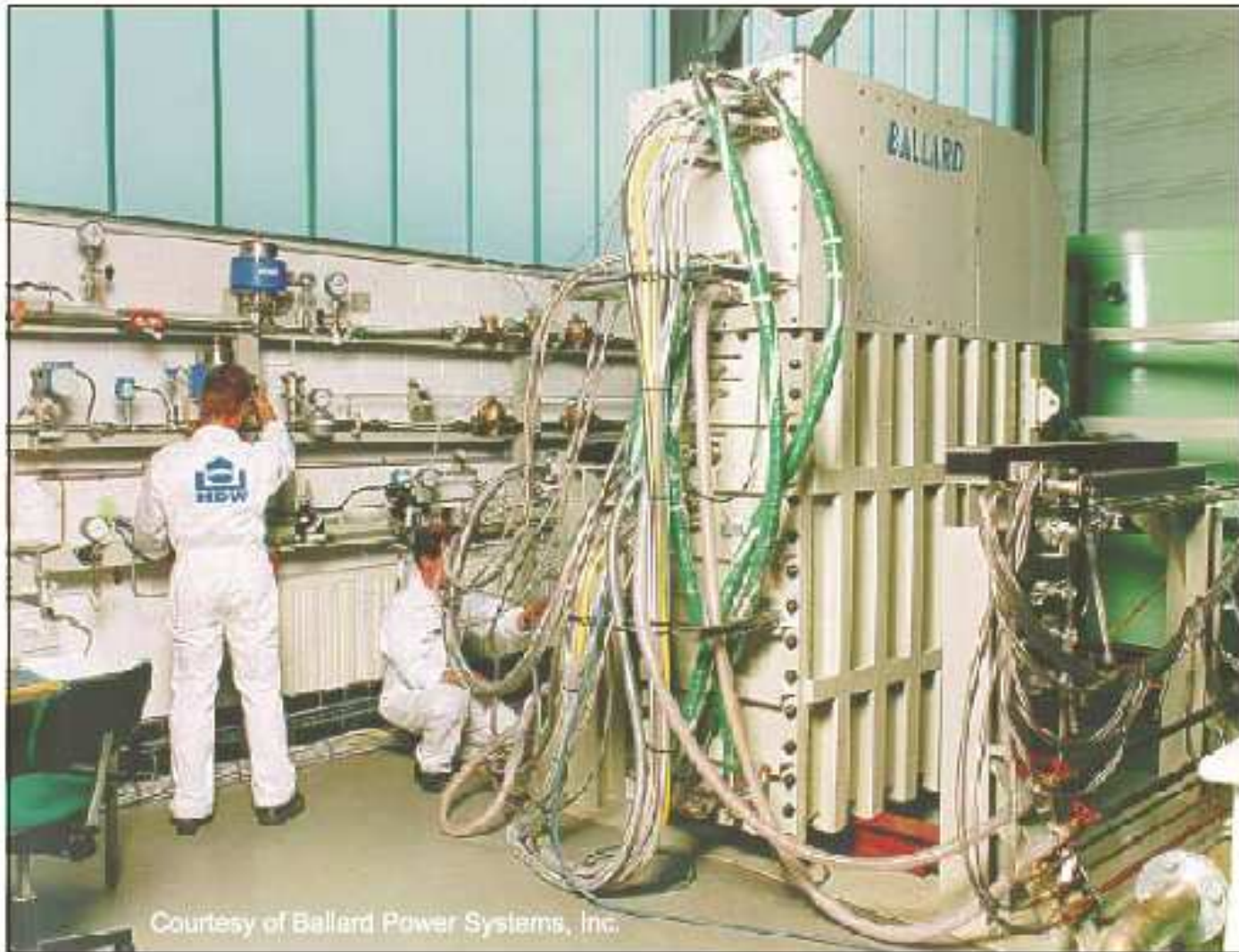
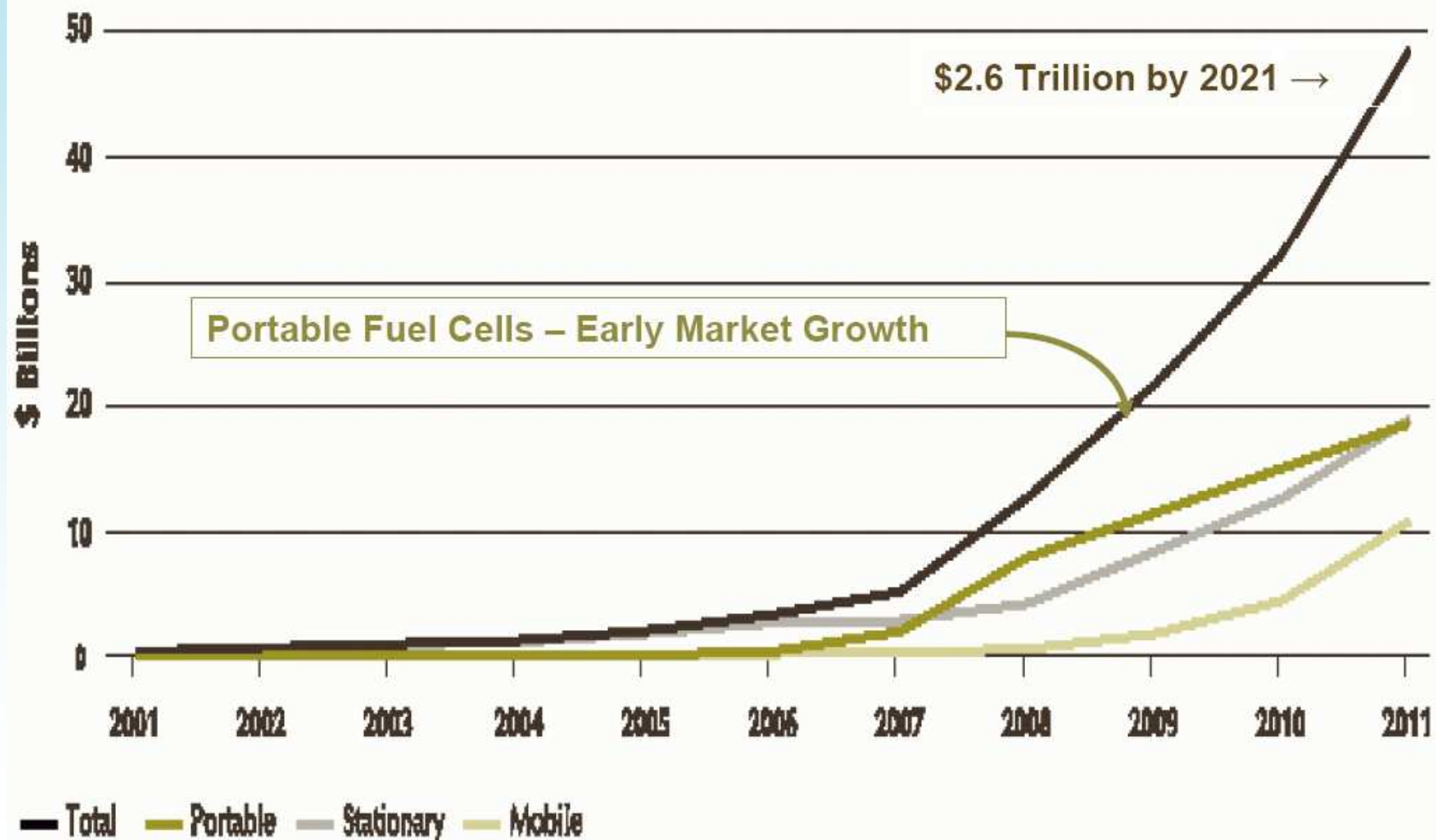


Figure 4-5 Submarine Fuel Cell Powerplant

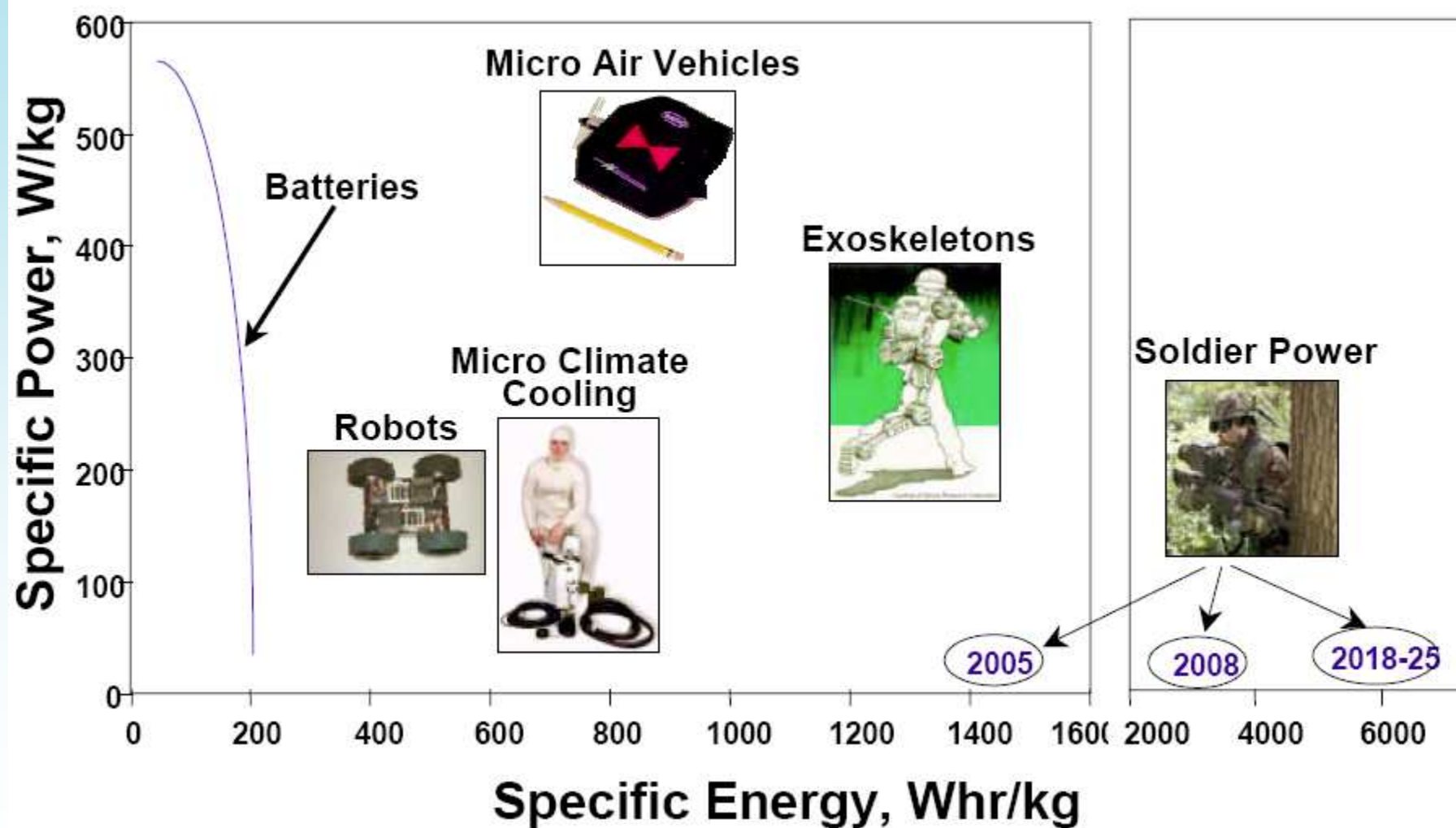
Разработка ядерных центров США

Fuel Cell Market Projections



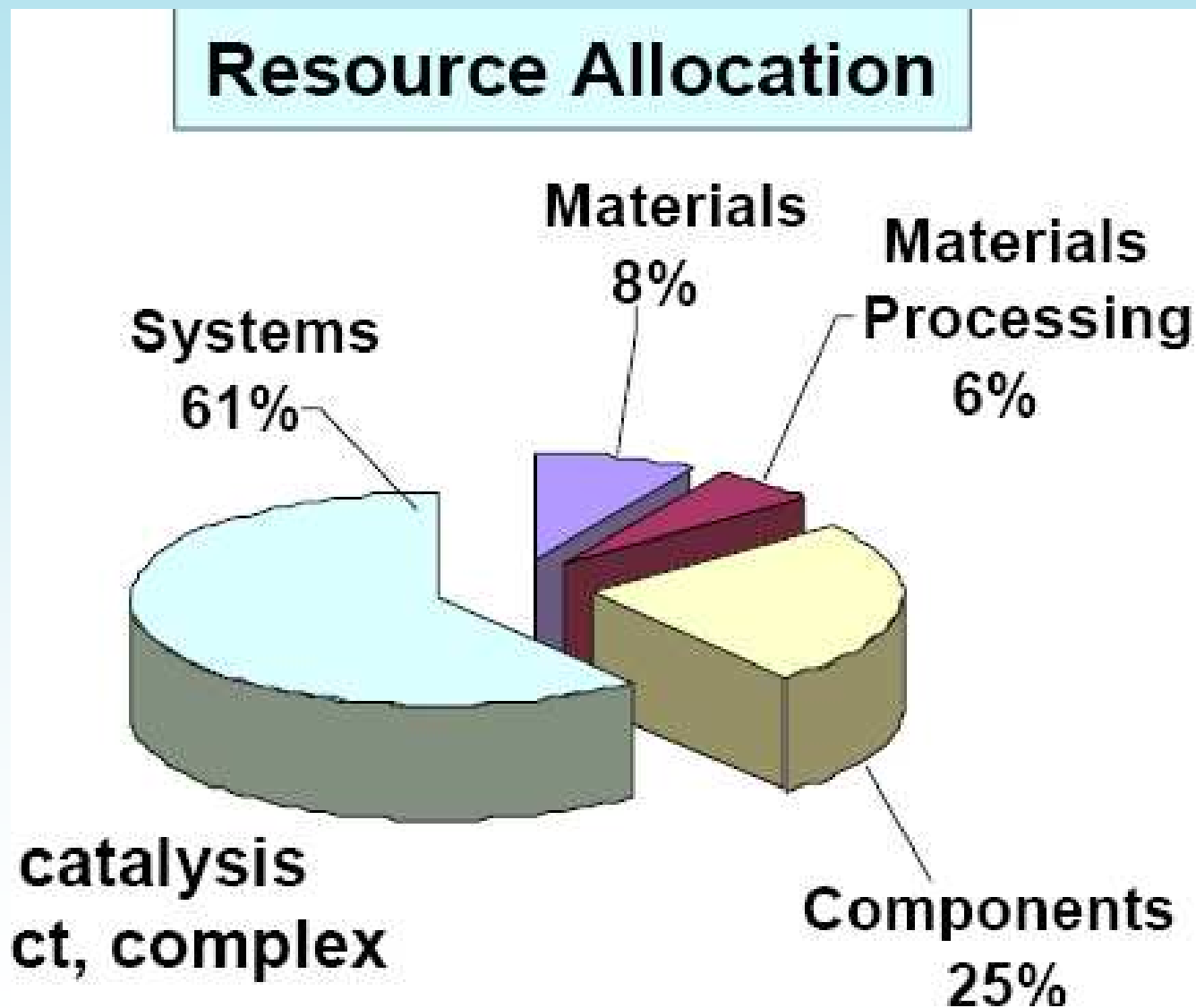
Общевойсковое использования

1) Разработки Агентства обороны США



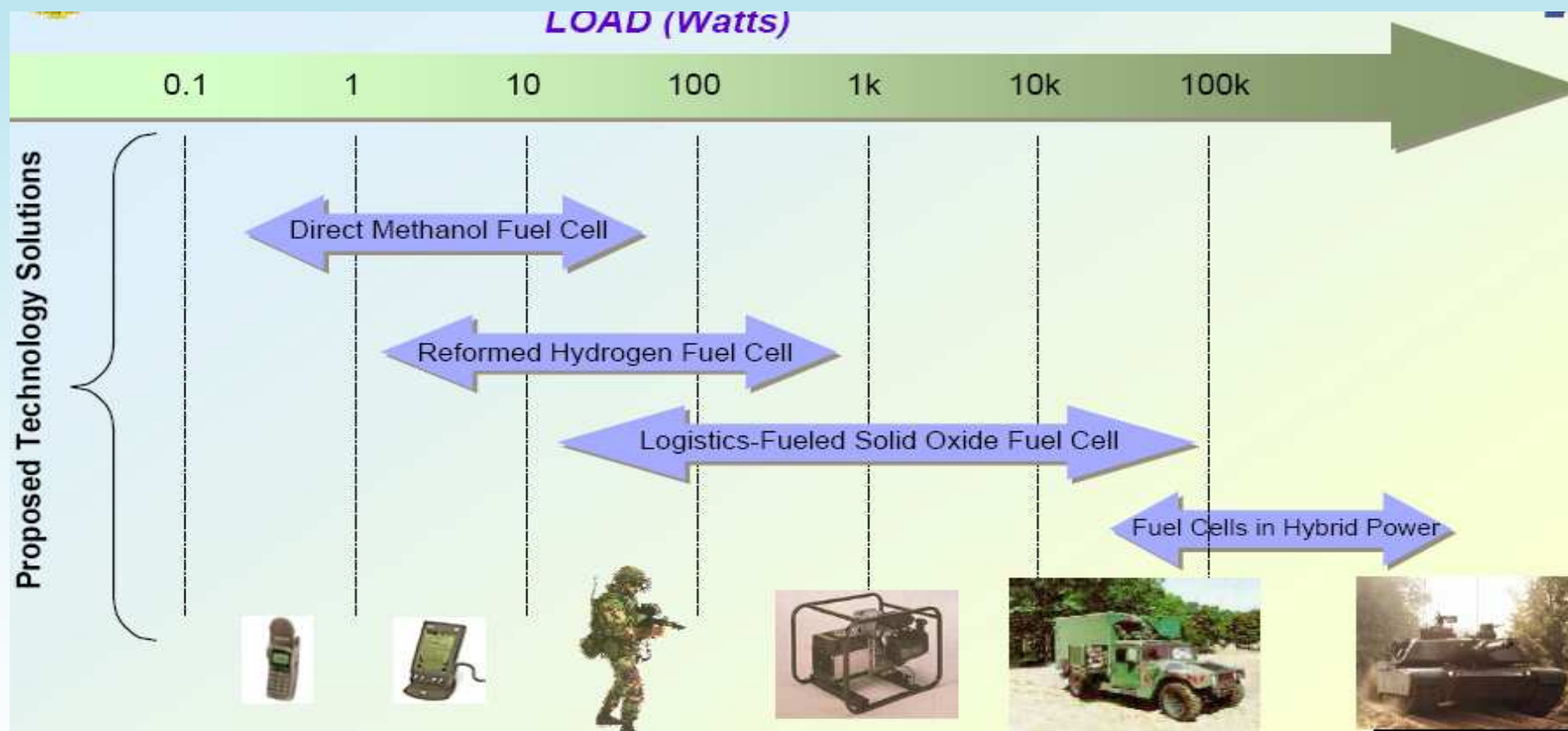
Общевойсковое использования

1) Разработки Агентства обороны США



Общевойсковое использования

1) Разработки Агентства обороны США



Общевойсковое использования

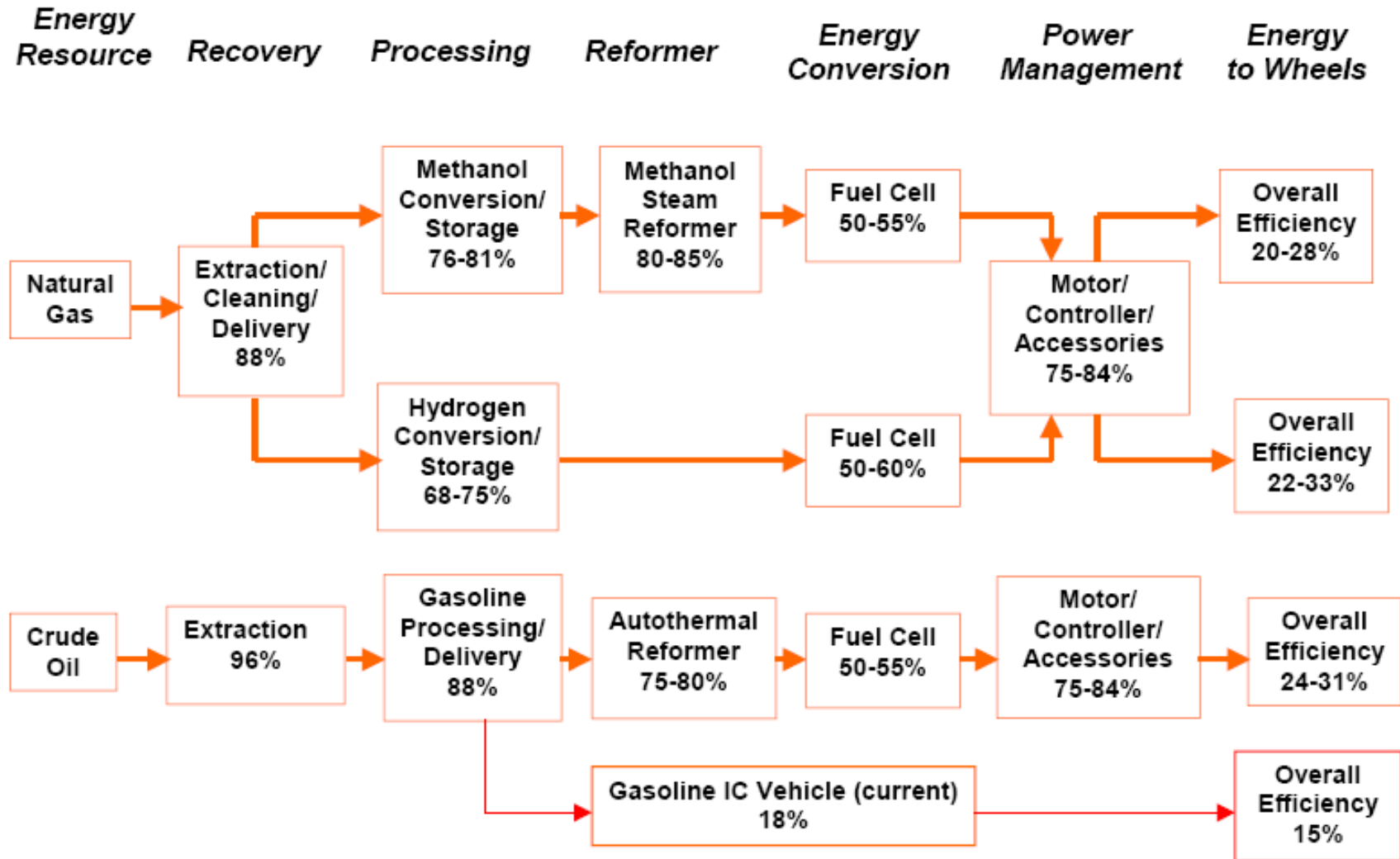
1) Разработки Агентства обороны США



Общевойсковое использования

2) Разработки Агентства энергии США

Figure 9-3 "WELL-TO-WHEEL" EFFICIENCY FOR VARIOUS VEHICLE SCENARIOS



Общевойсковое использования

2) Разработки Агентства энергии США

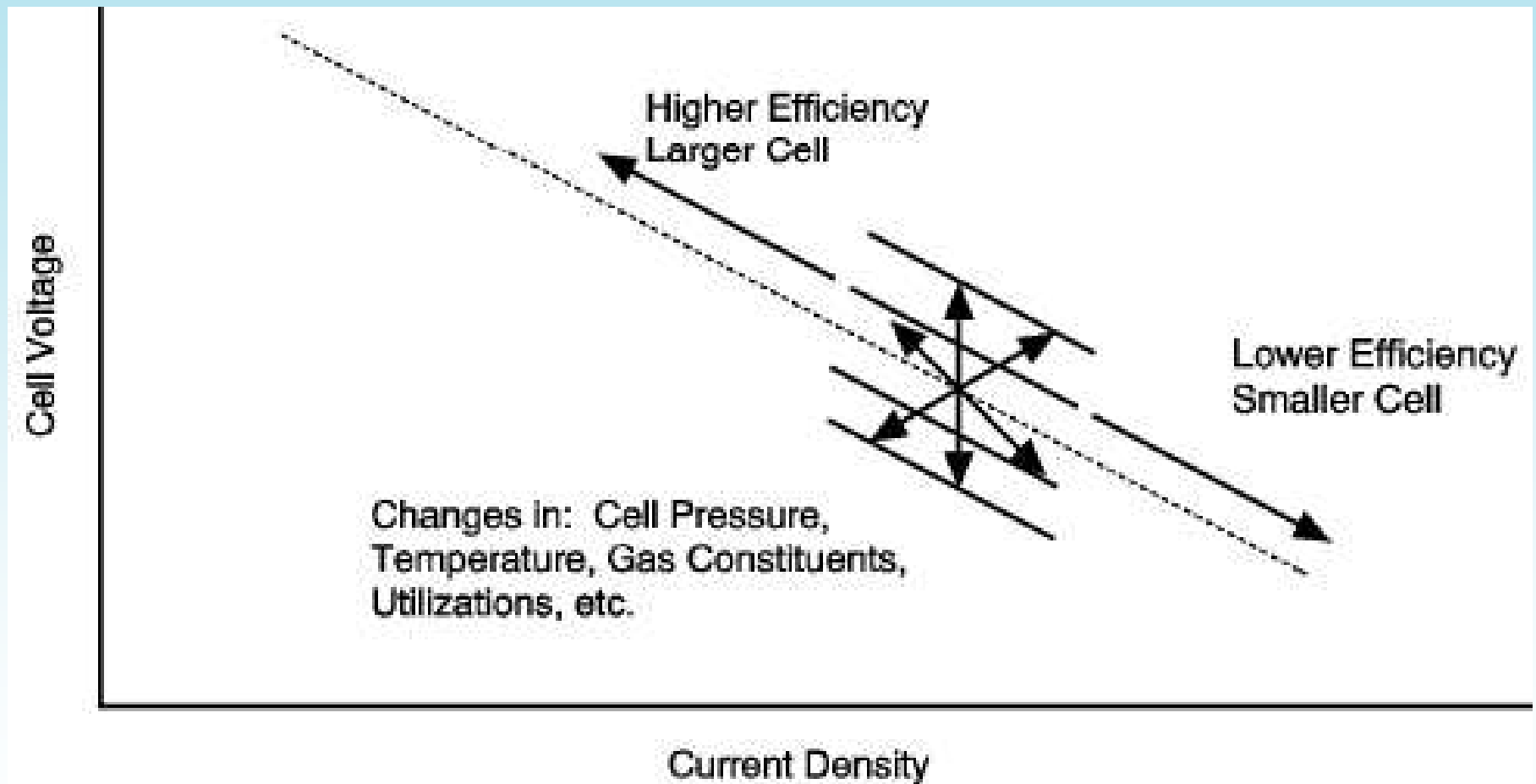
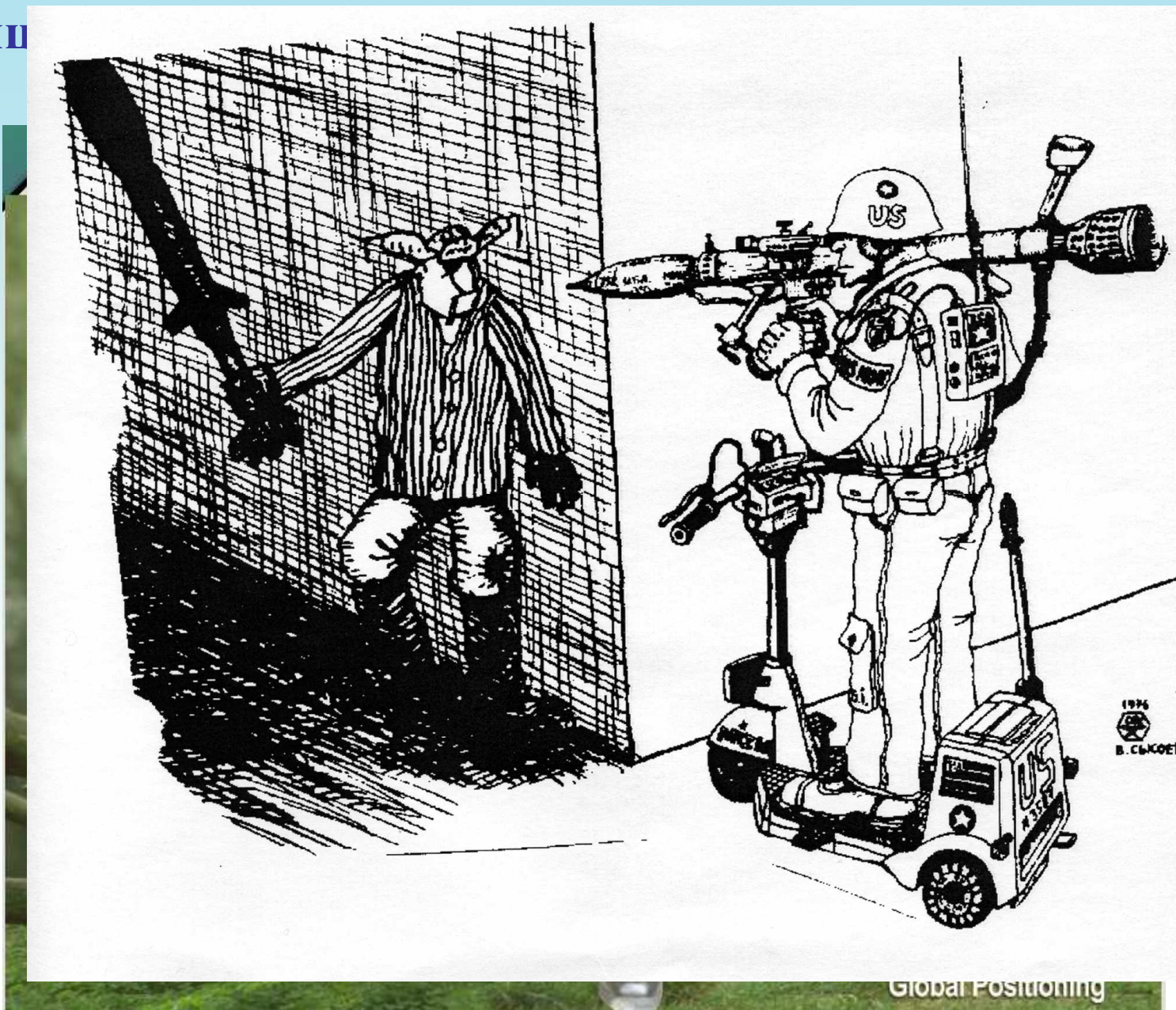


Figure 9-6 Optimization Flexibility in a Fuel Cell Power System

Оснащение солдат

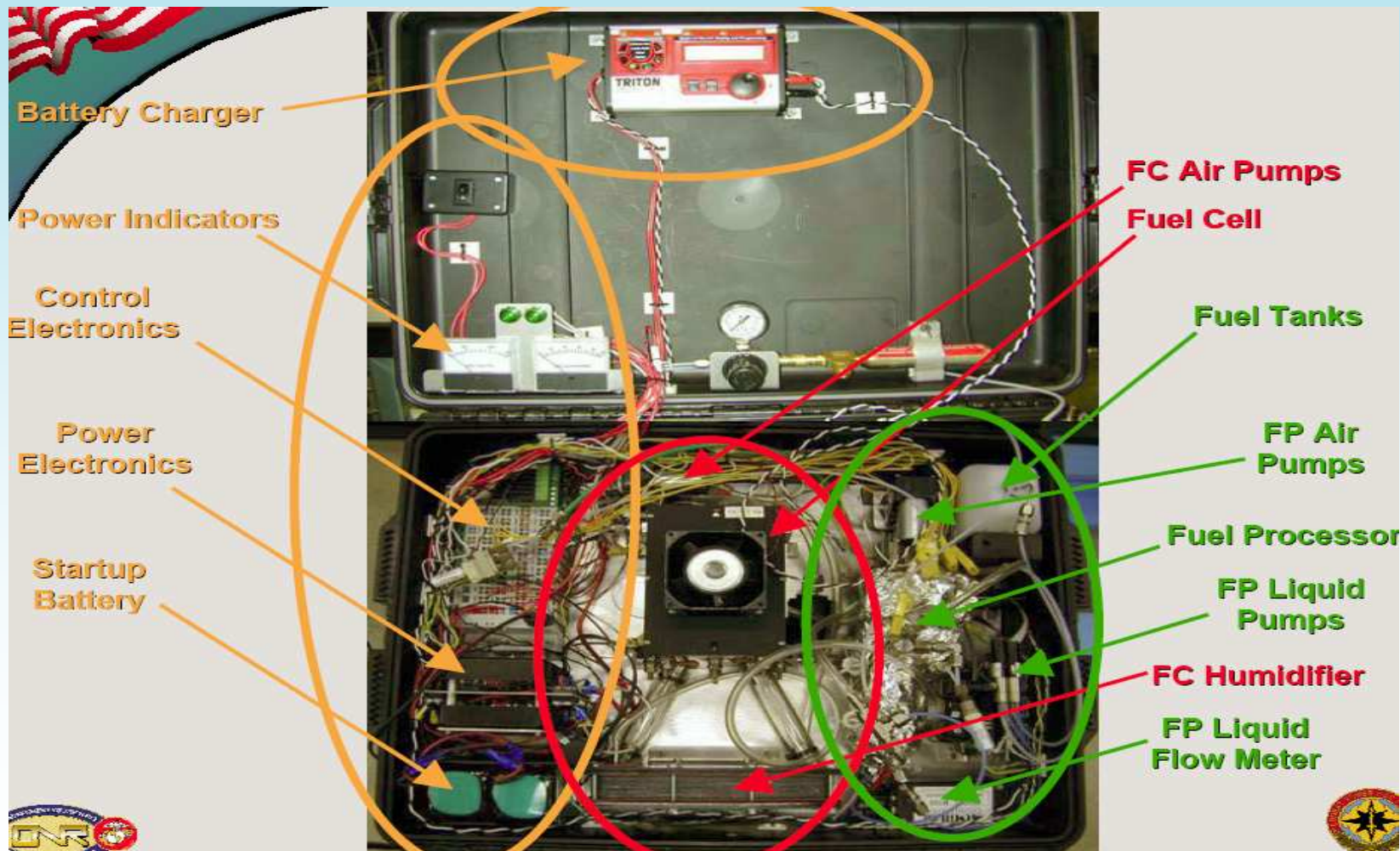
Конц

):



Оснащение солдат

Реализованные разработки института Battelle (США):
«чемоданчик»



Оснащение солдат

Реализованные параметры института Battelle

Miniature Fuel Processors for Portable Fuel Cell Power Supplies

Jamelyn D. Holladay, Evan O. Jones, Daniel R. Palo, Max Phelps, Ya-Hui Chin, Robert Dagle, Jianli Hu, Yong Wang, and Ed Baker
Battelle Pacific Northwest Division, PO Box 999, K8-93,
Richland WA 99352, U.S.A.

ABSTRACT

Miniature and microscale fuel processors are discussed that incorporate novel catalysts and microtechnology-based designs. The novel catalyst allows for methanol reforming at high gas hourly space velocities of $50,000 \text{ hr}^{-1}$ or higher while maintaining a carbon monoxide levels at 1% or less. The microtechnology-based designs extremely compact and lightweight devices. The miniature fuel processors, with a volume less than 25 cm^3 , a mass less than 200 grams, and thermal efficiencies of up to 83%, nominally provide 25 to 50 watts equivalent of hydrogen, which is ample for the portable power supplies described here. . With reasonable assumptions on fuel cell efficiencies, anode gas and water management, parasitic power loss, the energy density was estimated at 1700 Whr/kg . These processors have been demonstrated with a CO cleanup method and a fuel cell stack. The microscale fuel processors, with a volume of less than 0.25 cm^3 and a mass of less than 1 gram, are designed to provide up to 0.3 watt equivalent of power with efficiencies over 20%.

Технология портативных ТЭ: Разработки Университета Калифорнии (США).

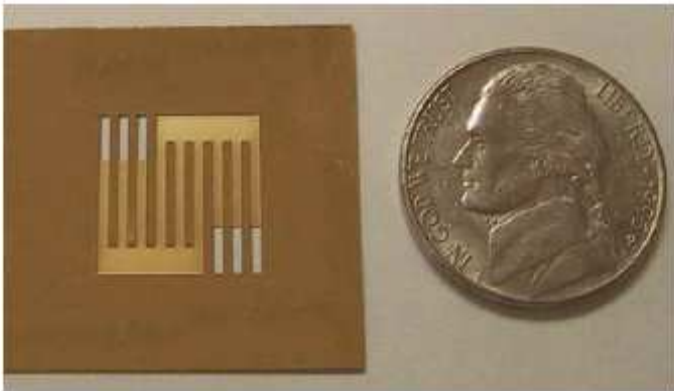


Fig. 3. Picture of a silicon wafer with flow channels.

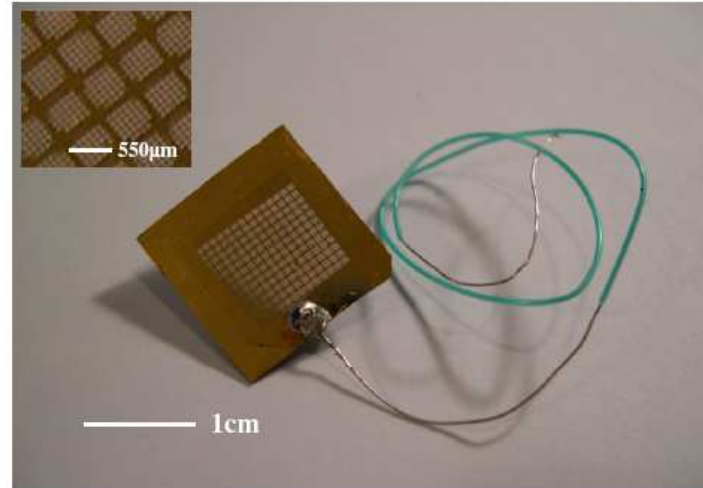


Figure 4. Photograph of final micromachined GDM with soldered electrical lead. Inset: image shows mesh at higher magnification.

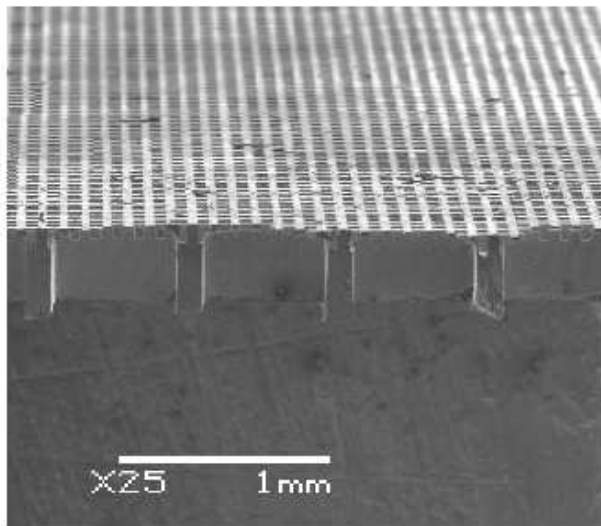


Figure 3. SEM photograph showing section view of a cleaved silicon mesh.

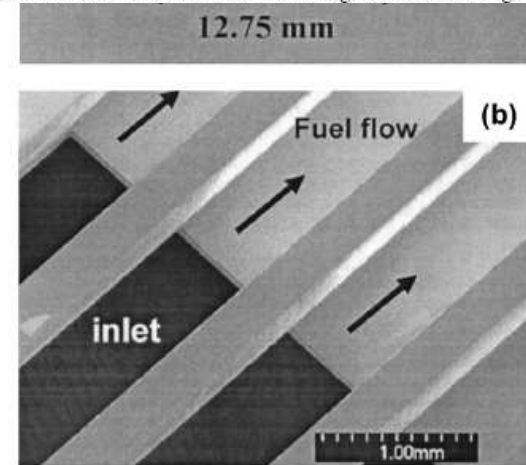
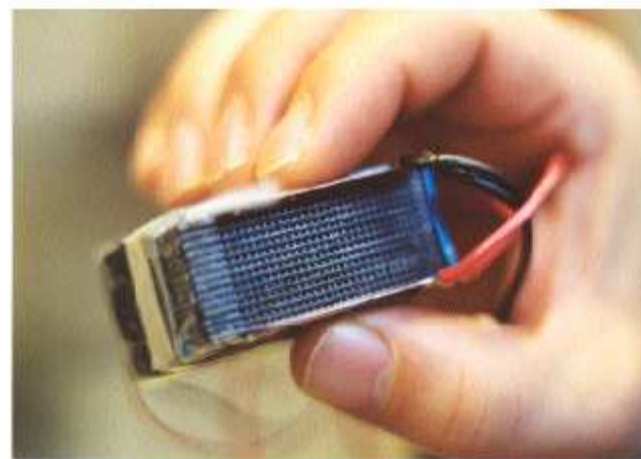
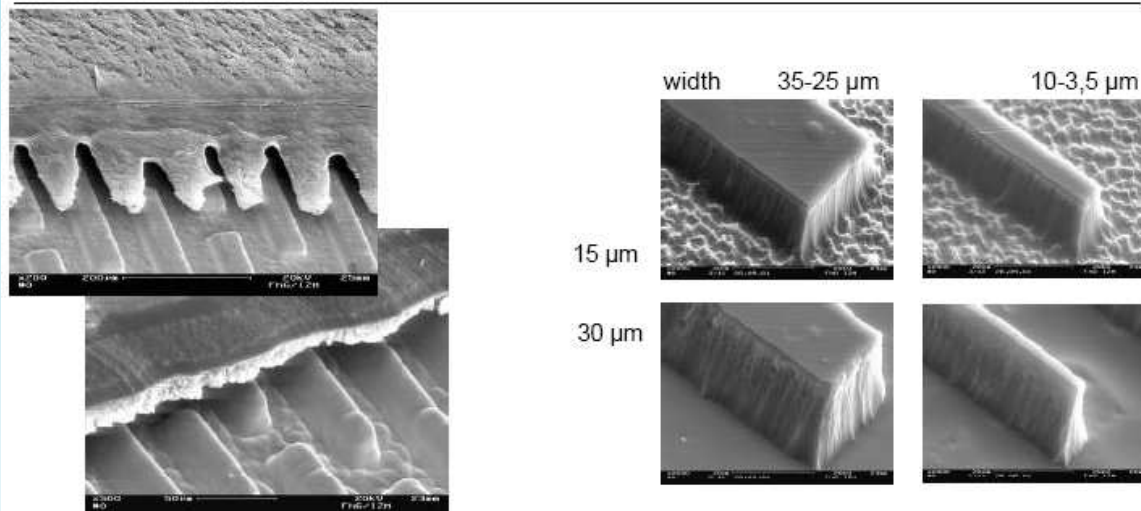


FIG. 2. (a) Optical image of the Si-based bipolar plate. The detailed dimensions of the serpentine flowfield are $750 \mu\text{m}$ in width, $400 \mu\text{m}$ in depth, and 12.75 mm in length. (b) SEM image at the tubing area. It shows details of the channels, exhibiting the well-defined geometrical structure by two DRIE processes.

Технология портативных ТЭ: Разработки Института Фраунгофера (Германия).

SEM: anode side



Работы по исследованию надежности и процессов деградации параметров ТЭ.

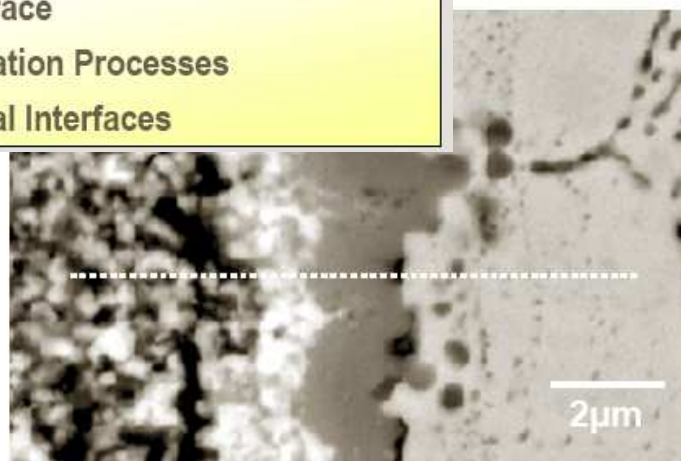
1. Stable Interconnect
2. Fuel/ Oxidant Seals
3. Internal Reforming/ Direct oxidation

1. Sulfur Tolerant Anode
2. Catalyst Kinetics, Parameters & Deactivation
3. On anode Fuel Utilization

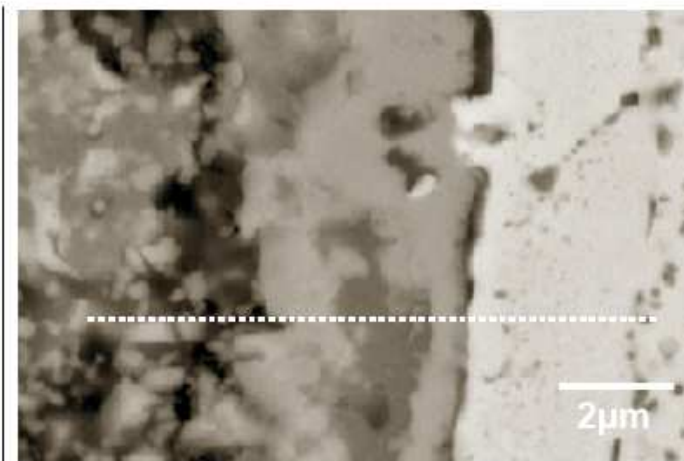
1. Fast start up and Thermal Cycles
2. Cell & Stack Performance Model
3. Low Cost HX, Insulation, Blowers & sensors

1. Fuel cell / PE Interface
2. Materials & Fabrication Processes
3. Modeling: Electrical Interfaces

graphs and EDX line scans of cross-sections of steel JS-3 from the long-term MICRU tests (see Fig. 2). After a testing a 2.5 – 3 μm thick corrosion layer formed on the LSMC-



a) LSMC coating



b) YCM coating

Солнечные системы получения водорода



Solar System's Solar Farm on aborigine lands near Alice Springs, Australia. Each dish is nominally 20 kW but can accommodate new high efficiency solar cells to achieve 30 kW. With heat booster each retrofitted dish can convert solar energy to hydrogen at 45% efficiency.

Изделия фирм на рынке ТЭ

Table 1. Summary of Commercialization Performance Targets for Portable Fuel Cell Power Systems.

	Low-Power ^a Consumer Electronics Sub-watt to 20W	High-Power ^{b,c} Laptop Computer 20-50 W	High-Power ^{b,c} Auxiliary Power Unit 1 – 5 kW
Specific Power	100 W/kg	**	200 W/kg
Power Density	100 W/l	**	200 W/l
Energy Density	1,000 Wh/l	**	**
Specific Energy	**	600 Wh/kg	**
Efficiency ^d	**	25% for commercial, 50% for military/industrial	30%
Cost	\$3/W	\$400 for a 20W unit, \$1,000 for a 50W unit	\$1/W for commercial use, \$3/W for military/ industrial use
Lifetime/ Durability	5,000 hours	1,000 hours of full power use (1.5 hours/day for 2 years)	1,500-2,000 hours for commercial use, 5,000 hours for military/industrial use
Start-up Time	**	20 μ sec	<1 minute for APUs, ~ 20 μ sec for back-up power units

a. Long-term (2010) Commercialization Performance Targets

b. Targets to be met simultaneously in 2007

c. Operating temperature range: 10 – 50°C; survivability requirements: -10 – 70°C

d. Efficiency is defined as the ratio of the output electrical power to the total HHV of the fuel consumed

** Value was not determined by Breakout Group

Изделия фирм на рынке ТЭ

Table 3. Performance Targets for Low-Power (Consumer) Electronics (sub-watt to 50W).

	Li-ion Battery 2002 Status	Fuel Cell Near-Term 2005	Fuel Cell Long-Term 2010
Sample Market		Cell Phone Charger	Cell Phone/Laptop
Specific Power	50 W/kg	30 W/kg	100 W/kg
Power Density	60 W/l	30 W/l	100 W/l
Energy Density	150 W-h/l	500 W-h/l	1,000 W-h/l
Cost	\$3/W	\$5/W	\$3/W
Lifetime	300-500 cycles	1,000 hours	5,000 hours

Изделия фирм на рынке ТЭ

Разработка ТЭ фирмы Delphi. 2-ое поколение ТЭ. Назначение – для легких транспортных средств. Размеры 40x55x20 см, вес 70 кг, мощность 1-5 кВт

DELPHI

Generation 2 SOFC APU Design Features and Packaging

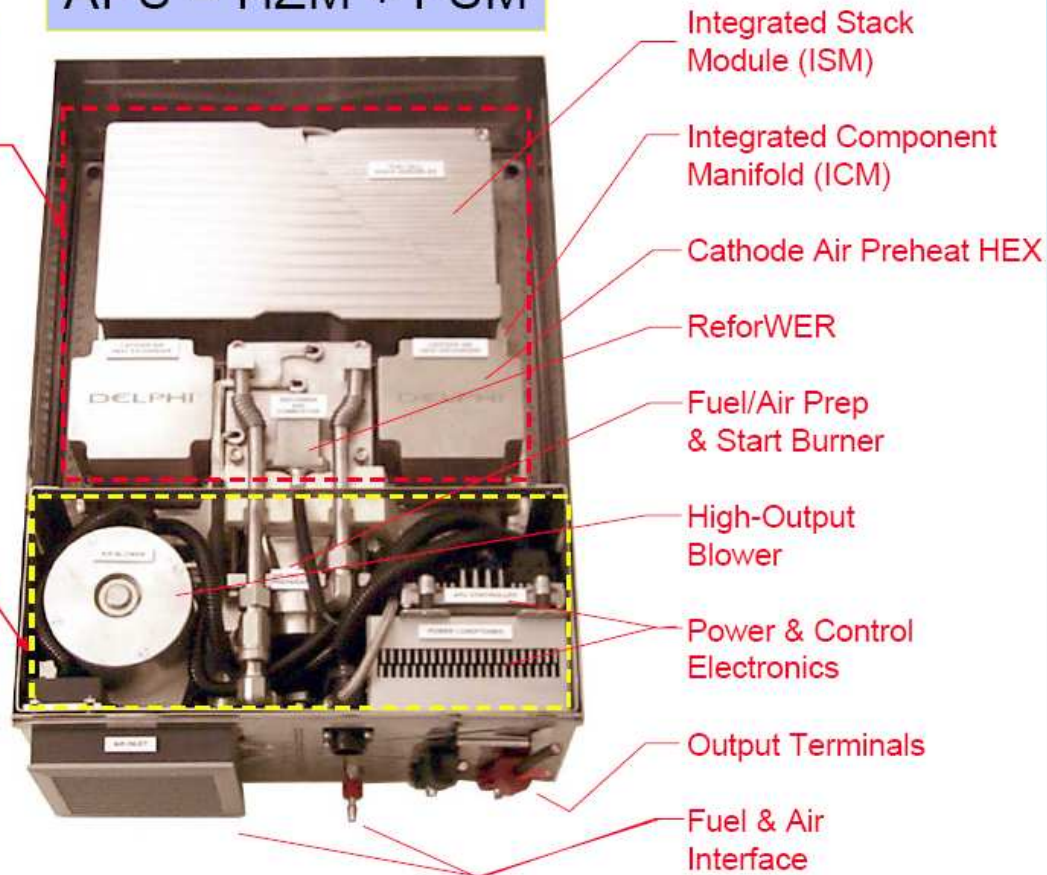
APU = HZM + PSM

Hot-Zone Module (HZM)

- ◆ high-temperature subsystems (700-950 C)
- ◆ Surrounded by high-performance thermal insulation
- ◆ “Core” of the SOFC plant

Plant Support Module (PSM)

- ◆ Low-temperature subsystems (40-125C)
- ◆ Inlet-air cooled electronic components
- ◆ Balance of plant
 - sensors, actuators, electronics, harness



Фирма UltraCell объявила о выпуске ТЭ для ПК



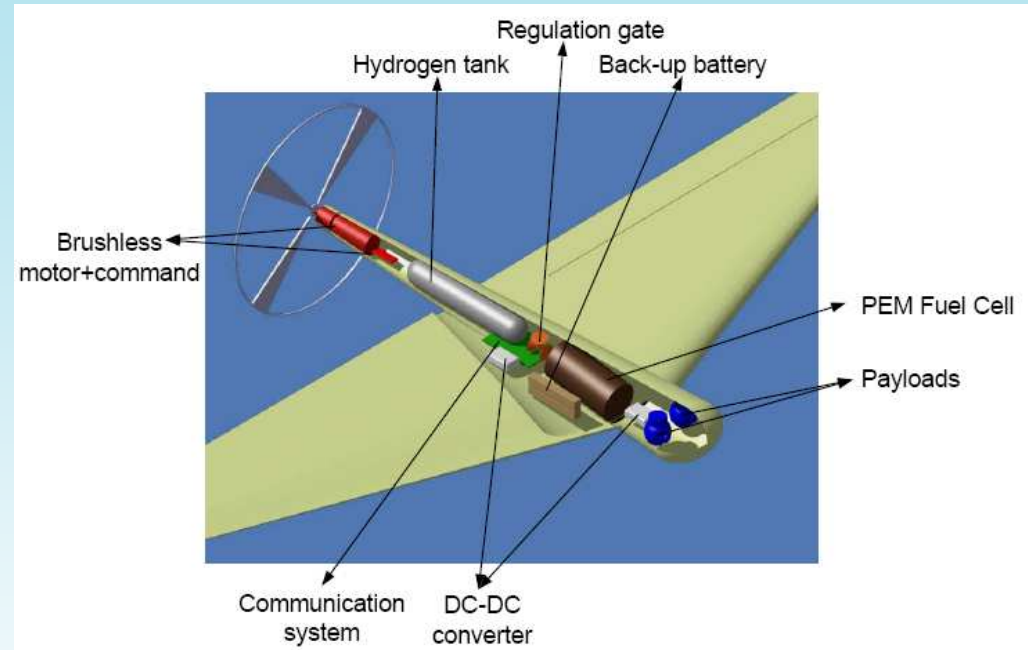
Разработки ТЭ в Европе, мире, международная кооперация.

Region of development



Военная реальность

UAV - Unmanned aerial vehicle



Complete system :
220 Wh/kg energy density
2,27 kg mass system



UAV - Unmanned aerial vehicle



Soldiers hone their skills on simulators that replicate the UAV's flight characteristics and information-gathering capabilities.

Soldiers



SGT Richard Peebles and SPC Brett Horner work on a Hunter in the UAV school's maintenance hangar.



magazine

Febru
www.soldiersmaga

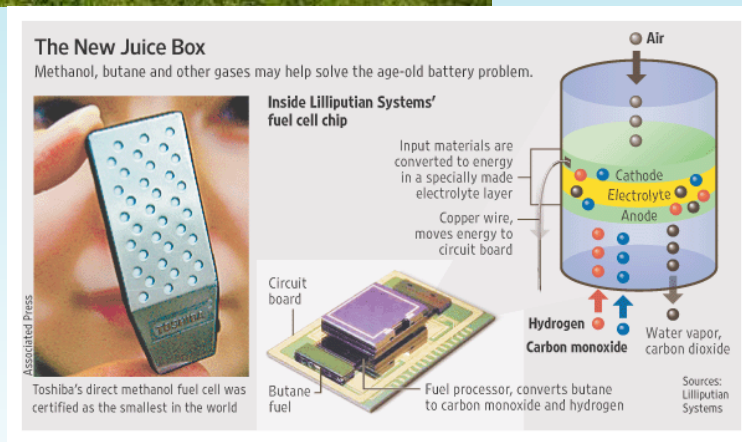
Гражданская реальность



www.gazeta.ru Ноутбук на газу

Батареи для ноутбуков, которые смогут существенно дольше работать автономно, появятся в продаже в 2009 году. Lilliputian Systems и MTI Micro Fuel Cells – планируют представить свои зарядные устройства, способные работать в автономном режиме около суток.

Lilliputian will make formal product announcements soon.



Стоимость топливной батарейки будет составлять \$100–150, а сменный картридж обойдется в \$1-3. «Если стоимость батареи будет сопоставима с ценой самого ноутбука, то они будут востребованы только в сегменте дорогих гаджетов». «Если же они будут стоить дешево, переход на новые аккумуляторы произойдет за 4-5 лет»,



The Russian hydrogen and fuel cell R&D program

Alexander V. Klimenko

Boris F. Reutov

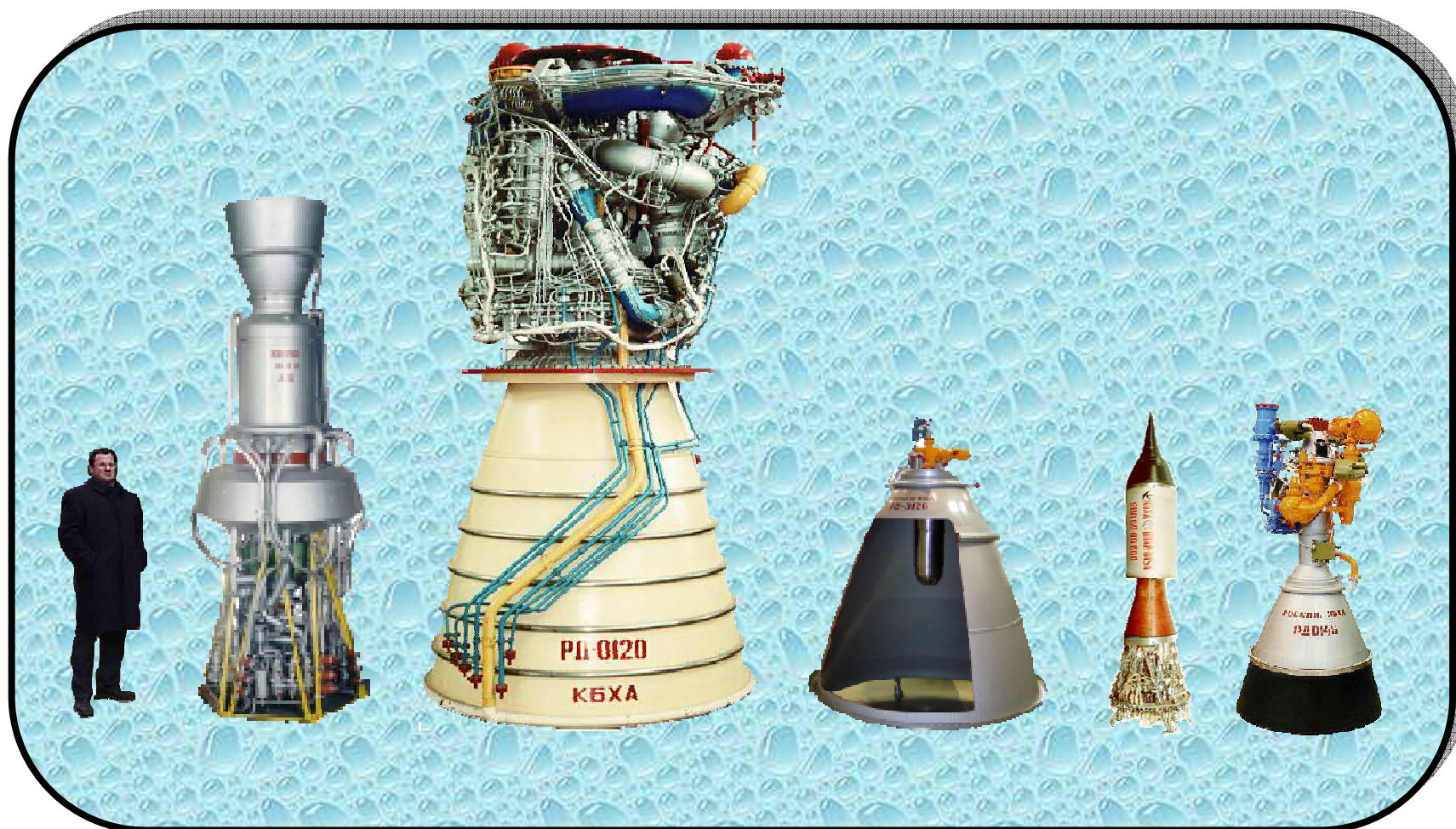
Stanislav P. Malyshenko

FASI — IEA NEET Workshop
“Cooperation in the field of energy technologies”
Moscow, 2008

В РАЗРАБОТКАХ НОВЫХ ВОДОРОДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ БОЛЬШОЙ НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКИЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ ВОДОРОДНЫХ РАКЕТНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ



Водородные ракетные двигатели

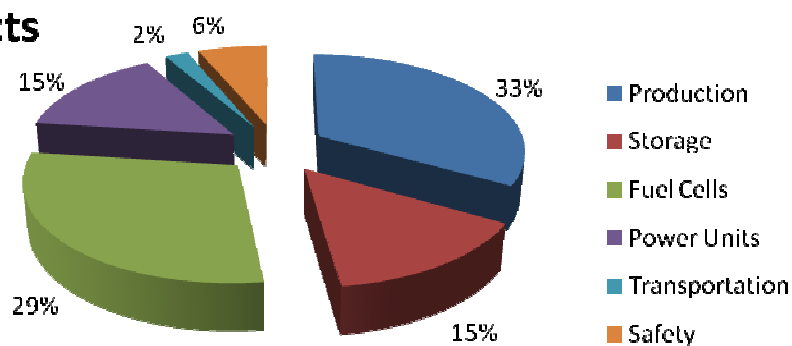


Structure of FASI Hydrogen Energy Program

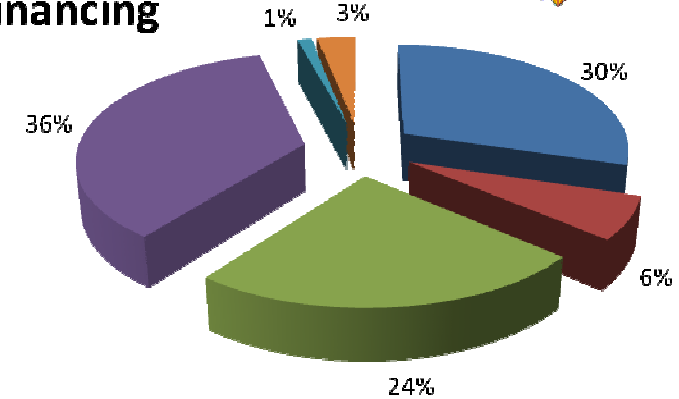
Year	Projects	Federal budget
2005-2006	10	200 mil. rub.
2007	48	450 mil. rub.



Projects



Financing



In 2008 the Hydrogen Energy Program grows

New projects started

Total financing (federal and non-budget) is more than 1 bil. rub. (\$40 mil.)

Year 2010: targets

Portable FC and power sources (small series production) for electronics and microelectronics
(commercialization and production)

“Aspect”,
“Tensor”

Compact hydrogen generators based on reforming and partial oxidation of fossil fuels
(commercialization and small scale production)

Boreskov Institute of Catalysis,
SSC “Institute for Physics & Power Engineering”

Module-type power units with PEM FC with capacity up to 10 kW
(semi-industrial devices and commercialization)

CRI Ship Electric Engineering and Technology,
RRC “Kurchatov Institute”, Keldysh Center et al.

Power units based on SOFC with capacity up to 5 kW
(semi-industrial devices and commercialization)

CRI Ship Electric Engineering and Technology,
RFNC All-Russia Research Institute of Technical Physics, SSC “Institute for Physics & Power Engineering”

PEM Electrolyzers at pressure level of 150 atm
(semi-industrial devices)

RRC “Kurchatov Institute”

Plazma convertors of fossil fuels into H₂+CO
(semi-industrial devices)

RRC “Kurchatov Institute”,
Chemical Automatics Design Bureau

Fuel processors for SOFC
(semi-industrial devices)

Boreskov Institute of Catalysis, SSC “Institute for Physics & Power Engineering” et al.

Year 2010: targets

100 kW to 20 MW Hydrogen-oxygen steam generators
(semi-industrial devices) JIHT RAS,
Chemical Automatics Design Bureau

Metal-hydride systems for hydrogen storage and purification integrated with FC
(semi-industrial devices) JIHT RAS et al.

Transport hydrogen technologies
(experimental vehicles and power units) NAMI, AutoVaz, RCC “Energia” et al.

High purity H₂ sources on the base of non-reversible systems, integrated with FC up to 1 kW capacity
(experimental and semi-industrial devices) JIHT RAS,
Boreskov Institute of Catalysis et al.

High temperature steam and gas turbines for hydrogen steam –turbine and combined cycle power units
(experimental and semi-industrial devices) Chemical Automatics Design Bureau, Central
Institute for Aviation Motors, “Turbokon”, JIHT
RAS

Hydrogen safety codes and standards
(projects for codes and standards) JIHT RAS, RRC “Kurchatov Institute”,
Cryogenmash, RCS “Applied Chemistry”

