

Водородная энергетика, перспективы и пути развития

А. А. Авдиенко, В. Л. Туманов

**ООО Национальная инновационная компания
«Новые энергетические проекты»
г. Москва**

Почему **водород** ?

Теплотворная способность:

Биодизель	–	39 670	кДж/кг
Соляр	–	42 705	кДж/кг
Бензин	–	43 961	кДж/кг
Водород	–	142 135	кДж/кг

Источники водорода:

- реликтовый водород в гидридах в мантии Земли и дна Океана.
- в органических соединениях.
- в воде.

НЕ «водородная энергетика» –
прямое преобразование химической энергии соединений в
электроэнергию в **топливных элементах!**

Водород из воды + кислород = (окисление) = электроэнергия + вода

Продукт сгорания – вода.

Абсолютный баланс экосферы Земли

Необходимость применения водорода:
Электрогенерация для безопасной и комфортной
жизни и деятельности человека.

Глобальная цель

– сохранение естественного газового баланса
атмосферы Земли.

Для достижения цели – только **«чистые»** методы получения:

Электролиз воды и термохимическое разложение воды

Используя энергию от ВИЭ, АЭС

Методы получения водорода и стоимость:

Электролиз воды:

9 кг воды + 55 кВтч = 1 кг водорода **\$20,1**

Риформинг органических соединений:

$\text{CH}_4 + 4,5 \text{ кг воды} = 1 \text{ кг водорода} + 5,5 \text{ кг CO}_2$ **\$5,6**

Уголь + 9 кг воды = 1 кг водорода + 11 кг CO_2 **\$10,3**

Металлотермические процессы

Термохимический цикл **\$12.1**

Накопление и хранение:

Жидкий водород **30 – 54 МДж/кг**

Компримированный (20 МПа) **10 - 11 МДж/кг**

Стоимость бензина: **\$1,3**

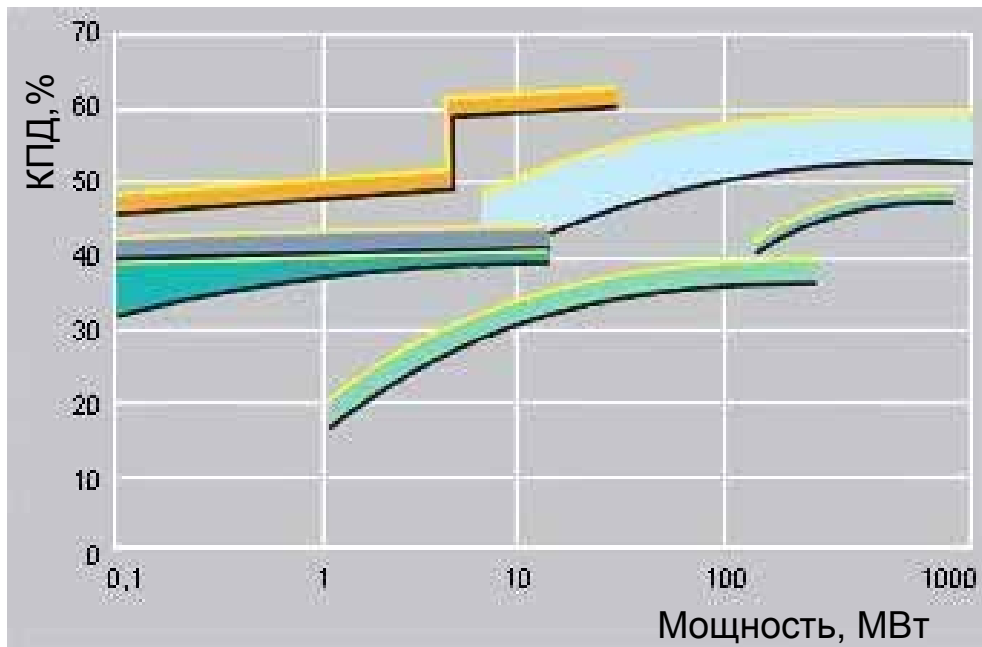
Использование чистого водорода в качестве топлива в линейной энергетике экономически не оправдано.

ТИПЫ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Типы топливных элементов	Анодная реакция	Катодная реакция
Твердополимерный ТПТЭ Фосфорнокислый ФКТЭ	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	$\frac{1}{2}O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$
Щелочные ЩТЭ	$H_2 + 2(OH)^- \rightarrow 2H_2O + 2e^-$	$\frac{1}{2}O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2(OH)^-$
Расплавкарбонатный РКТЭ	$H_2 + CO_3^- \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$ $CO + CO_3^- \rightarrow 2CO_2 + 2e^-$	$\frac{1}{2}O_2 + CO_2 + 2e^- \rightarrow CO_3^-$
Твердооксидный ТОТЭ	$H_2 + O^- \rightarrow H_2O + 2e^-$ $CO + O^- \rightarrow CO_2 + 2e^-$ $CH_4 + 4O^- \rightarrow 2H_2O + CO_2 + 8e^-$	$\frac{1}{2}O_2 + 2e^- \rightarrow O^-$

компоненты	ТПТЭ	ЩТЭ	ФКТЭ	РКТЭ	ТОТЭ
H_2	топливо	топливо	топливо	топливо	топливо
CO	яд(50 ppm)	яд	Яд(<0,5%)	топливо	топливо
CH_4	разбавитель	яд	разбавитель	разбавитель	топливо
$CO_2 \& H_2O$	разбавитель	яд	разбавитель	разбавитель	разбавитель
S ($H_2S \& COS$)	Не изучено	яд	Яд(<50ppm)	Яд(<0,5ppm)	Яд(<1,0ppm)
ПАРАМЕТР	ФКТЭ	РКТЭ	ТОТЭ	ГИБРИД каскад	УГОЛЬНЫЙ комплекс
КПДе (% нтс)	48,4	58	66,6	80,1	59,7
КПДе (% втс)	43,7	52,4	60,1	72,3	62,6
Теплогенерация (Дж/кВт час)	7438,45	6225,1	5402,1	4494,7	6035,2

ГЕНЕРАТОРЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ



РКТЭ, ТОТЭ + турбина
 Газ и пар турбины
 ФКТЭ
 современные

ДВС дизель и газ
 Паровые турбины
 Промышленные турбины
 проектируемые

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТИПОВ ТЭ

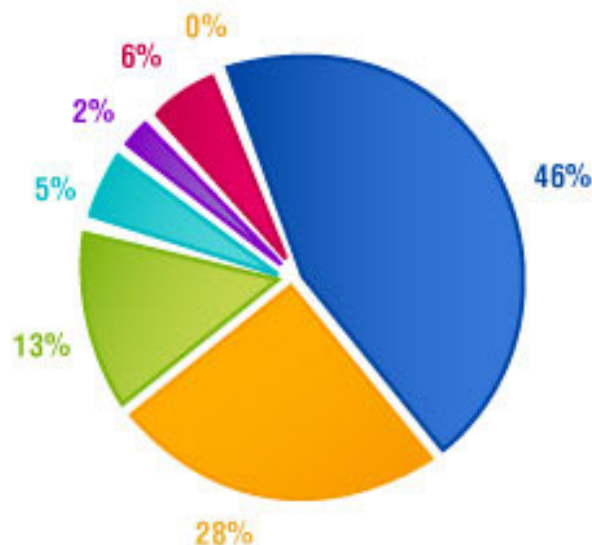
ПАРАМЕТР	ТПТЭ	ФКТЭ	ТОТЭ	РКТЭ
КПДе	45 -50%	48%	66,6%	58%
ГИБРИДНАЯ ЭУ	-	-	80%	78-80%
Отсутствие драг. мет	+	+	-	-
Отсутствие ред. мет	+	+	+	-
Наличие технологии в мире	+++	+	В состоянии разработки	++
Наличие технологии в РФ	+	-	нет	+
Мультитопливность	-	-	+++	++
Применимость в угольном комплексе	-	-	+	++
Подтверждённый ресурс	20000	67000	Н/О	>30000
Доля производства	5	0,3	Опытные образцы*	1,0

Сравнительные характеристики энергостанций разных типов

<i>Модель, тип</i>	<i>Мощность, кВт</i>	<i>\$/кВт(э)</i>	<i>КПД(э), % (КПД(п),%)</i>	<i>Ресурс до кап ремонта, ч</i>
<i>2TW(Ansaldo) РКТЭ</i>	<i>250 - 500</i>		<i>50 – 55 (85)</i>	<i>30000</i>
<i>DFC300МА(FCE) РКТЭ</i>	<i>300</i>		<i>47 (85)</i>	<i>30000</i>
<i>DFC1500МА(FCE) РКТЭ</i>	<i>1200</i>		<i>47 (80)</i>	<i>30000</i>
<i>DFC3000МА(FCE) РКТЭ</i>	<i>2400</i>		<i>47 (80)</i>	<i>30000</i>
<i>HotModule (CFC) РКТЭ</i>	<i>245</i>	<i>2800 - 4000</i>	<i>47 (80)</i>	<i>30000</i>
<i>UTC 200 (UTC) ФКТЭ</i>	<i>200</i>	<i>3000 -4500</i>	<i>37 – 42(75)</i>	<i>67000</i>
<i>Поршневые ДВС</i>	<i>25 - 5000</i>	<i>1134 - 765</i>	<i>30 - 40</i>	<i>1500 - 8000</i>
<i>Паровая турбина</i>	<i>500 - 250000</i>		<i>до 40</i>	<i>30000 - 50000</i>
<i>Газовая турбина</i>	<i>500 - 40000</i>	<i>800 - 270</i>	<i>21 - 27</i>	<i>25000 - 50000</i>
<i>Микро ГТУ</i>	<i>45 - 350</i>	<i>1080</i>	<i>27 – 33 (80)</i>	<i>60000</i>

Где использовать топливные элементы

Структура розничного рынка электроэнергии, тыс. кВтч



Категория потребителей	Электро-энергия кВт	Тепло Гкал/час
Мелкие населенные пункты с числом жителей до 300 чел., только коммунально-бытовые нагрузки	25 -100	0,02-0,04
Населенные пункты с числом жителей до 2 тыс. чел., небольшие производственные электрические нагрузки до 10%.	100 -1000	0,2-0,5
Относительно крупные населенные пункты с числом жителей до 10 тыс. чел., доля промышленных нагрузок до 50%	1-5 МВт	0,6 -2,5
Крупные промышленные центры с числом жителей более 50 тыс. чел. и долей промышленных нагрузок до 70%	> 10 МВт	> 8

Водородная энергетика – одна из составляющих топливно – энергетического баланса страны и Земли
Главная задача – рациональное и экономичное использование энергоресурсов.

Решение – распределённая генерация электроэнергии, тепла и холода с использованием ВИЭ, и местных видов топлив

ЗАДАЧИ ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Энергоснабжение районов удалённых от электро, газо и транспортных сетей (с использованием местных видов топлива и ВИЭ)

Резервное, аварийное электроснабжение и категорийные электроприёмники

Автономные системы жизнеобеспечения

ЗАДАЧИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Использование ВИЭ

Снижение локальных экологических нагрузок

Замена отработавших и низко эффективных энергостанций

Причины возникновения спроса на локальную децентрализованную генерацию

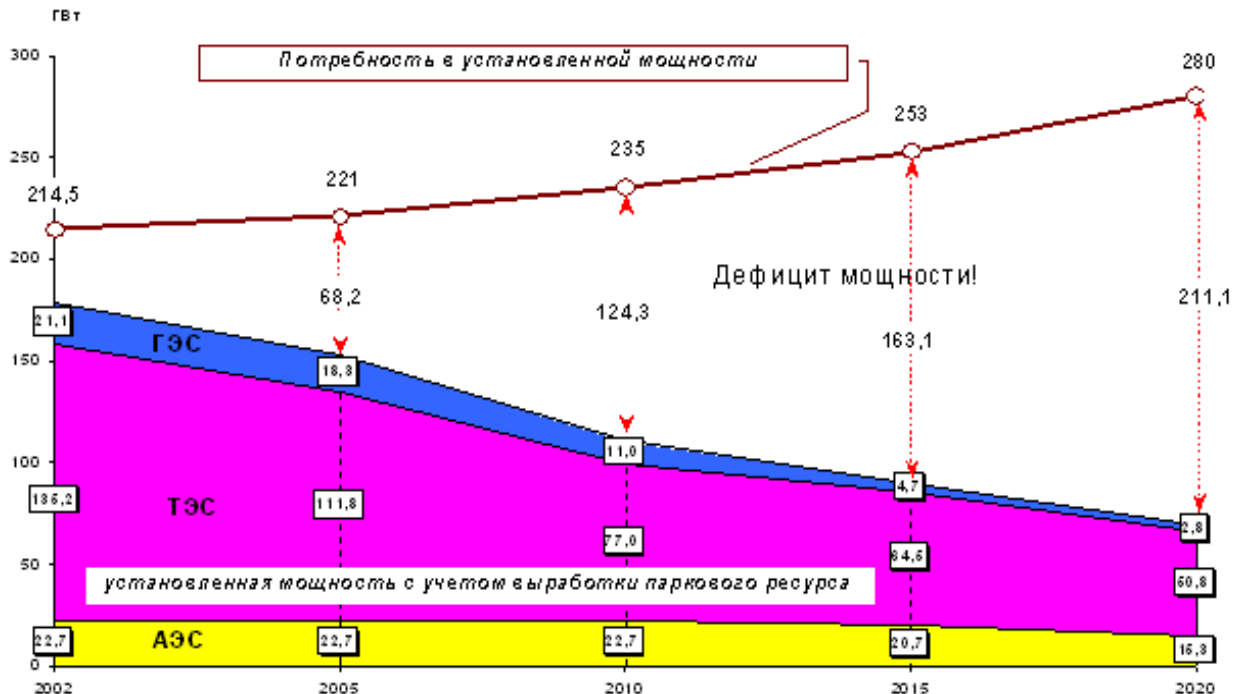
- Рост тарифов на электроэнергию
- Рост цен на энергоносители и их транспортировку
- Растущая стоимость подключения к электросетям
- Отсутствие магистральных сетей распределения энергоносителей и электроэнергии и высокая стоимость их создания.

Основа энергетики – доступность энергоносителя

Энергоносители для **децентрализованной** энергетики:

- | | |
|---|------------------------------|
| - Сетевой природный газ | - трубопровод |
| - Пропан – бутан | - ЖД, водный и автотранспорт |
| - Уголь, торф, нефтепродукты | - ЖД, водный и автотранспорт |
| - Отходы промышленности | - местное использование |
| - Биогаз | - местное производство |
| - Биодизель | - местное производство |
| - Солнечная радиация | - местное использование |
| - Ветер | - местное использование |
| - Волновые, геотермальные, приливные, миниГЭС | - местное использование |
| - МиниАЭС без перезарядки | - мобильно - стационарные |

Области и объёмы применения энергетики на основе ТЭ в России



< 70%

• площади, располагающиеся вне зоны действия централизованных электрических сетей

< 30 млн. чел.

• потенциальный спрос на технологии альтернативной энергетики

50 тыс.

• автономных электростанций разной мощности, в том числе 47 тыс. - дизельных

> 180 тысяч

• малых и мелких индивидуальных котельных.

3 млн.

• газовых котлов для горячего водоснабжения и отопления

При средней установленной мощности **3 МВт**, необходимо **за 10 лет** произвести энергостанций на общую мощность **42 ГВт**.

Для решения этой задачи необходимо производить в год 1400 энергостанций с общей мощностью 4,2 ГВт.

Направления развития энергостанций и комплексов на основе ТЭ:

децентрализованное энергоснабжение и децентрализованная генерация

ИСВУ с накопителями

водородного цикла в комбинации:

электролизёр + ТПТЭ

электролизёр + каталитический котёл + водородно – кислородные парогенераторные ГТУ

биогаз + РКТЭ + ГТУ,

сжиженный пропан-бутан + РКТЭ+ ГТУ

Наличие сетевого газа,

Наличие **угля, торфа, малодебитных скважин.**

Газификация на основе РКТЭ

Энергогенерация на основе РКТЭ + ГТУ, ТОТЭ + ГТУ

Резервное и аварийное электроснабжение **ТПТЭ + электролизёры, ПМТЭ**

Категорийные электроприёмники (1автономный источник электроэнергии)

Тяговые и вспомогательные транспортные генераторы

Автономные системы жизнеобеспечения

Энергостанции на ТПТЭ, ФКТЭ, РКТЭ