

***Создание маневрового локомотива
с энергетической установкой
на топливных элементах и
электролизером воды высокого давления***

К.т.н. Д.Н. Григорович

Цели выполнения работы:

- ✓ Освоение водородной энергетики применительно к подвижному составу железнодорожного транспорта
- ✓ Создание экологически чистого маневрового локомотива, с энергоустановкой без вредных выхлопов
- ✓ Создание электрохимического генератора на щелочных топливных элементах мощностью 120 кВт с ресурсом не менее 5000 ч
- ✓ Создание электролизера высокого давления, позволяющего решать проблемы заправки транспортных средств с энергоустановками на топливных элементах
- ✓ Уменьшение зависимости ОАО «РЖД» от внешних поставщиков энергии
- ✓ Соответствие мировым стандартам

Мировой опыт использования технологий водородной энергетики на железнодорожном транспорте



Шахтный локомотив на топливных элементах. Мощность 130 кВт. США.



Маневровый локомотив на топливных элементах. Мощность 1000 кВт. США.
Проект не завершен.

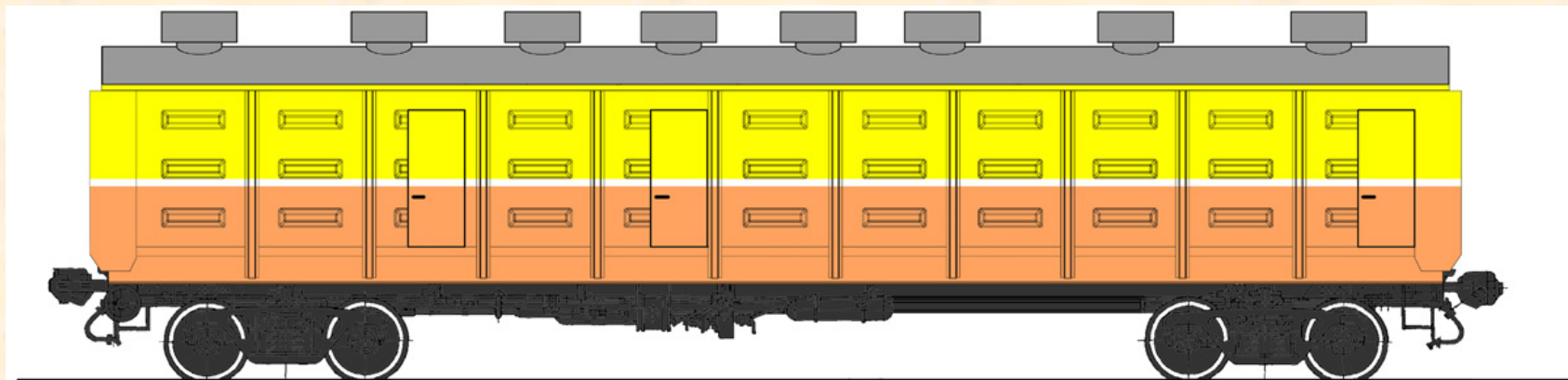


Маневровый локомотив на топливных элементах. Запуск – 2010 г.
RSSF (Англия) Vossloh (Германия)



Моторный вагон на топливных элементах.
Мощность 130 кВт. Япония

Вагон с энергетической установкой на топливных элементах
для питания путевой техники при работе в тоннелях



Маневровый локомотив ТЭМ18



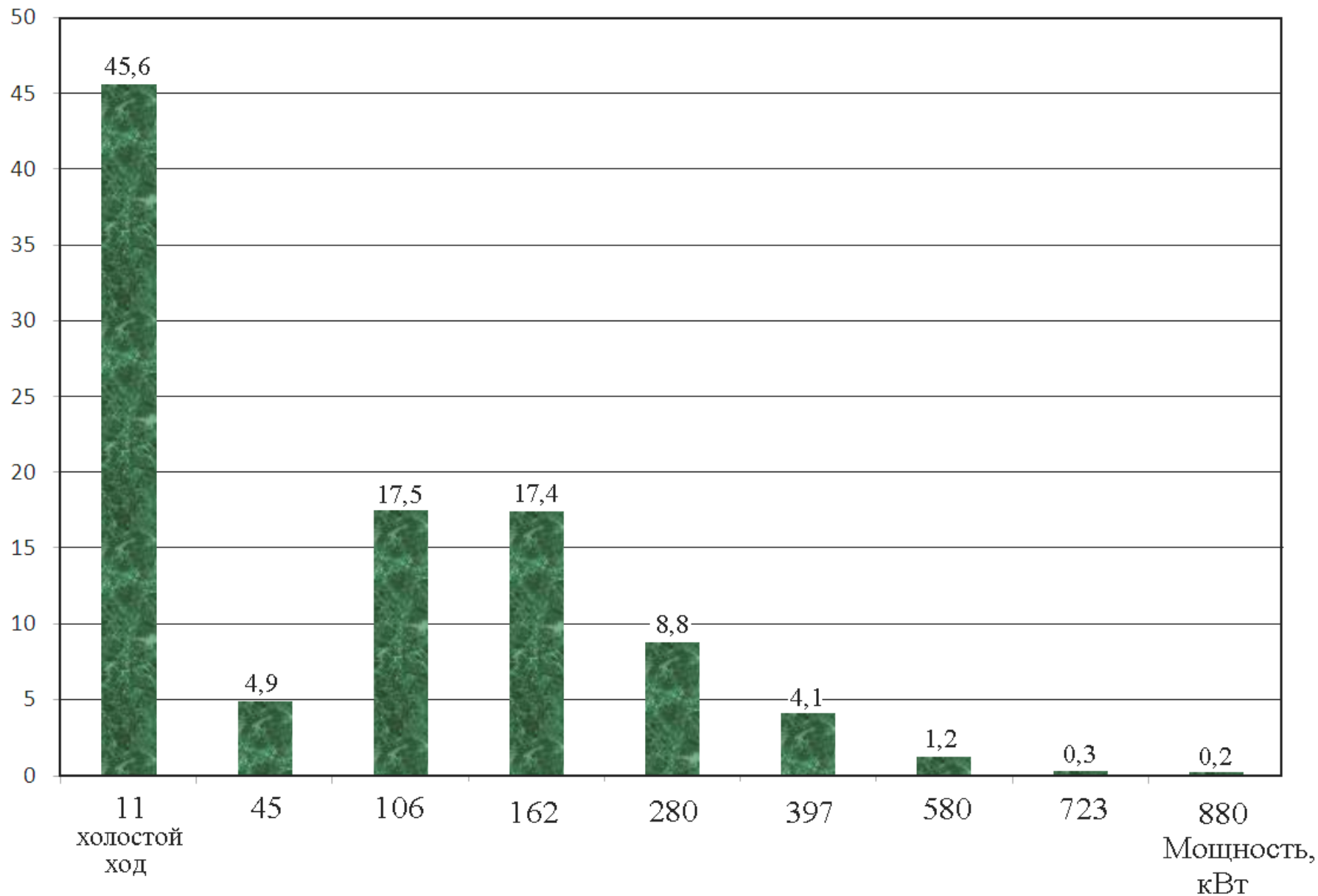
Номинальная мощность – 880 кВт

Мощность вспомогательных агрегатов – 90 кВт

Эффективный КПД дизеля – 38 %

Распределение времени работы маневрового тепловоза по диапазонам мощностей

Время работы, %



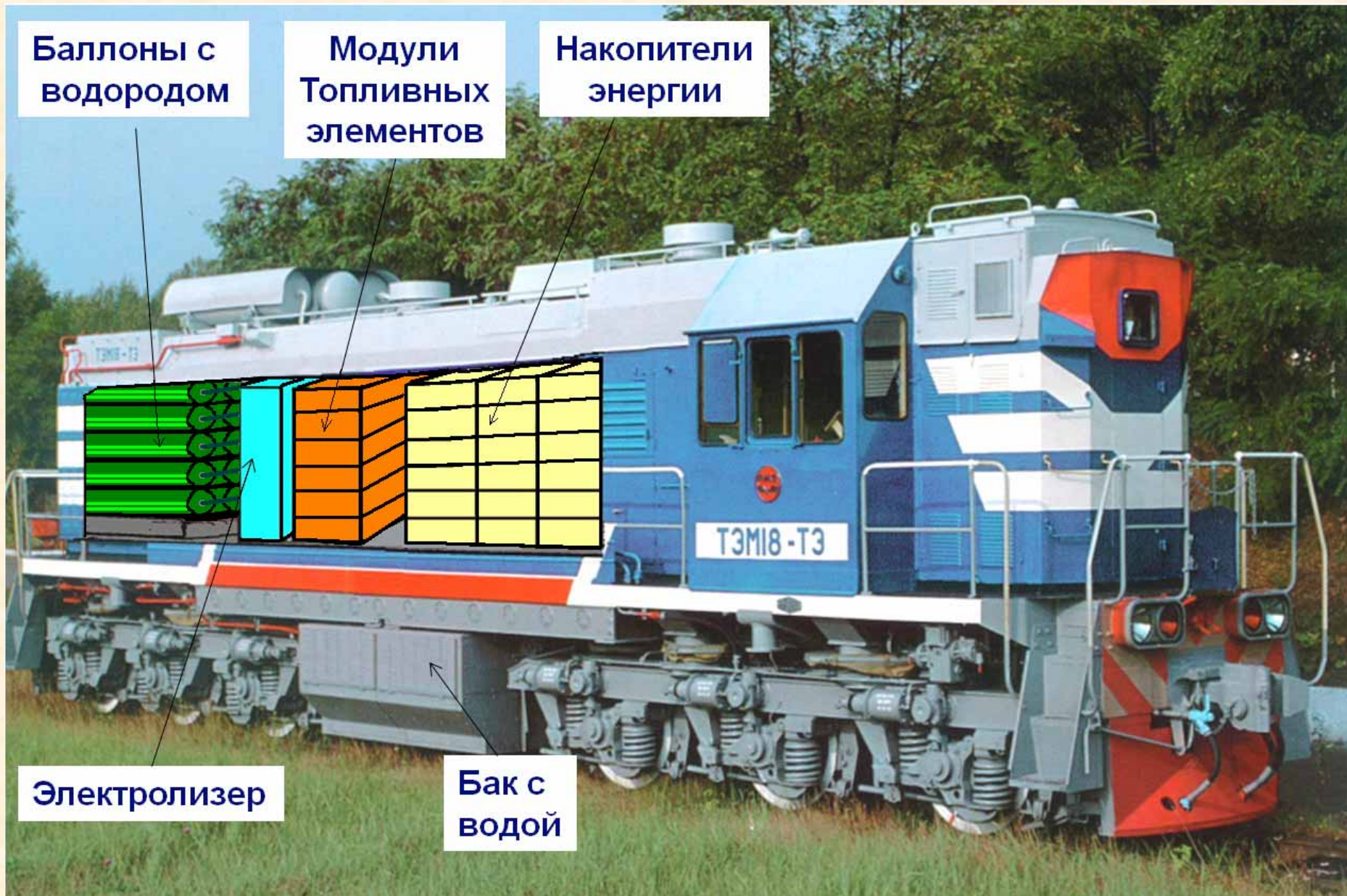
Предпосылки создания локомотива на топливных элементах

- Средняя мощность маневрового тепловоза – 106 кВт
- За 14 часов тепловоз вырабатывает 1484 кВтч электроэнергии
- При удельном расходе 43 г/кВтч для получения 1484 кВтч энергии необходимо 44,7 кг водорода с учетом следующих обстоятельств:
 1. Мощность вспомогательных агрегатов локомотива на топливных элементах в 4 раза меньше чем у дизельного аналога
 2. Использование режимов рекуперации для подзарядки накопителей энергии позволяет сократить потребление энергии (до 20 %)
 3. Возможность зарядки накопителей энергии от внешних источников при простое локомотива (до 5 % энергии)
- Объем баллонов для хранения 44,7 кг водорода под давлением 30 МПа составляет 1,67 м³
- Объем баллонов для хранения кислорода – 0,83 м³
- Для выработки 44,7 кг водорода при производительности 50 нм³ /ч время работы электролизера составит 9,9 ч

Соотношение времени работы локомотива и электролизера

Время работы локомотива, ч	Вырабатываемая энергия, кВтч	Потребное количество водорода, кг	Потребное количество водорода с учетом рекуперации и других мероприятий, кг	Время работы электролизера, ч
8	848	36,5	21,9	4,9
9	954	41,0	28,7	6,4
10	1060	45,6	31,9	7,1
11	1166	50,1	35,1	7,8
12	1272	54,7	38,3	8,5
13	1378	59,3	41,5	9,2
14	1484	63,8	44,7	9,9

Основные узлы локомотива на топливных элементах



Состав разрабатываемого локомотива

- ✓ Маневровый локомотив с электрической передачей без дизеля, топливного бака и вспомогательного оборудования для работы дизеля
- ✓ Силовая энергоустановка на топливных элементах
- ✓ Электролизер высокого давления
- ✓ Накопители энергии
- ✓ Система хранения газов
- ✓ Система терморегулирования
- ✓ Электрические преобразователи
- ✓ Система управления
- ✓ Емкость для хранения воды

Основные технические характеристики газового оборудования локомотива

Тип электрохимического генератора (ЭХГ)	щелочной
Мощность ЭХГ в длительном режиме работы, кВт	120
Удельный расход водорода в ЭХГ, кг/кВт ч	0,043
Удельный расход кислорода в ЭХГ, кг/кВт ч	0,36
Масса ЭХГ, кг	800
КПД ЭХГ, %	80
Ресурс ЭХГ, ч, не менее	5000
Максимальная производительность электролизера, $\text{нм}^3/\text{ч}$ по водороду	50
по кислороду	25
Чистота генерируемых газов	0,99
Максимальное рабочее давление электролизера, МПа	35
Удельный расход электроэнергии на 1 нм^3 производимого водорода, кВт·ч, не более	4,2
Масса электролизера, кг	3000
Максимальное давление газов в баллонах, МПа	40
Объем баллонов для хранения водорода, л	2000
Объем баллонов для хранения кислорода, л	1000

Электролизер производства филиала ФГУП «Красная звезда» «МЭТИС»



Электролизер производства корпорации HYDROGENICS EUROPE



Предпосылки для коммерциализации проекта

Наличие у ОАО «РЖД» большого парка маневровых тепловозов, выработавших свой ресурс

Перспективы увеличения мощности энергоустановки для применения на магистральных тепловозах

Прогнозы и тенденции снижения стоимости топливных элементов

Снижение зависимости потребителей продукции от углеводородных топлив

Потребность в экологически чистых локомотивах промышленных предприятий железнодорожного транспорта с большим парком дизельных тепловозов

Возможность использования гибридного локомотива для путевых работ в тоннелях с повышенной задымленностью

Возможность использования продукции с целью получения водорода для сторонних потребителей