

KAMAZ

Гибридные силовые установки, применение на городских автобусах



2011 г.



«Смешанный, двойного происхождения» [перевод с греческого].



«Гибридное транспортное средство обозначает транспортное средство, в котором имеются как минимум два различных трансформатора и две различных системы накопления энергии для приведения его в действие».

[Определение ООН для гибридных транспортных средств 2003г.].

История появления гибридных приводов на автотранспортных средствах



Уже более 100 лет назад Фердинанд Порше создал первый серийный гибрид [Lohner – Porsche с электрическим приводом].

1960г Мерседес начинает разработку гибридных приводов с ОЕ 302.

1970г 20 автобусов Мерседес с ОЕ 305 работают на маршрутах в Штутгарте.



Автобус Mercedes ОЕ 305 с гибридом, 1978г.

1990г Прототип Orion V с гибридной системой ВАЕ.

1998г Более 300 автобусов Orion VI с гибридной системой ВАЕ эксплуатируются в Нью-Йорке.



Orion VI с гибридом ВАЕ, 1998г.

2004г Автобусы Phileas начали эксплуатироваться в г. Эйндховен, Голландия.

2006г 12 автобусов Phileas эксплуатируются во Франции.



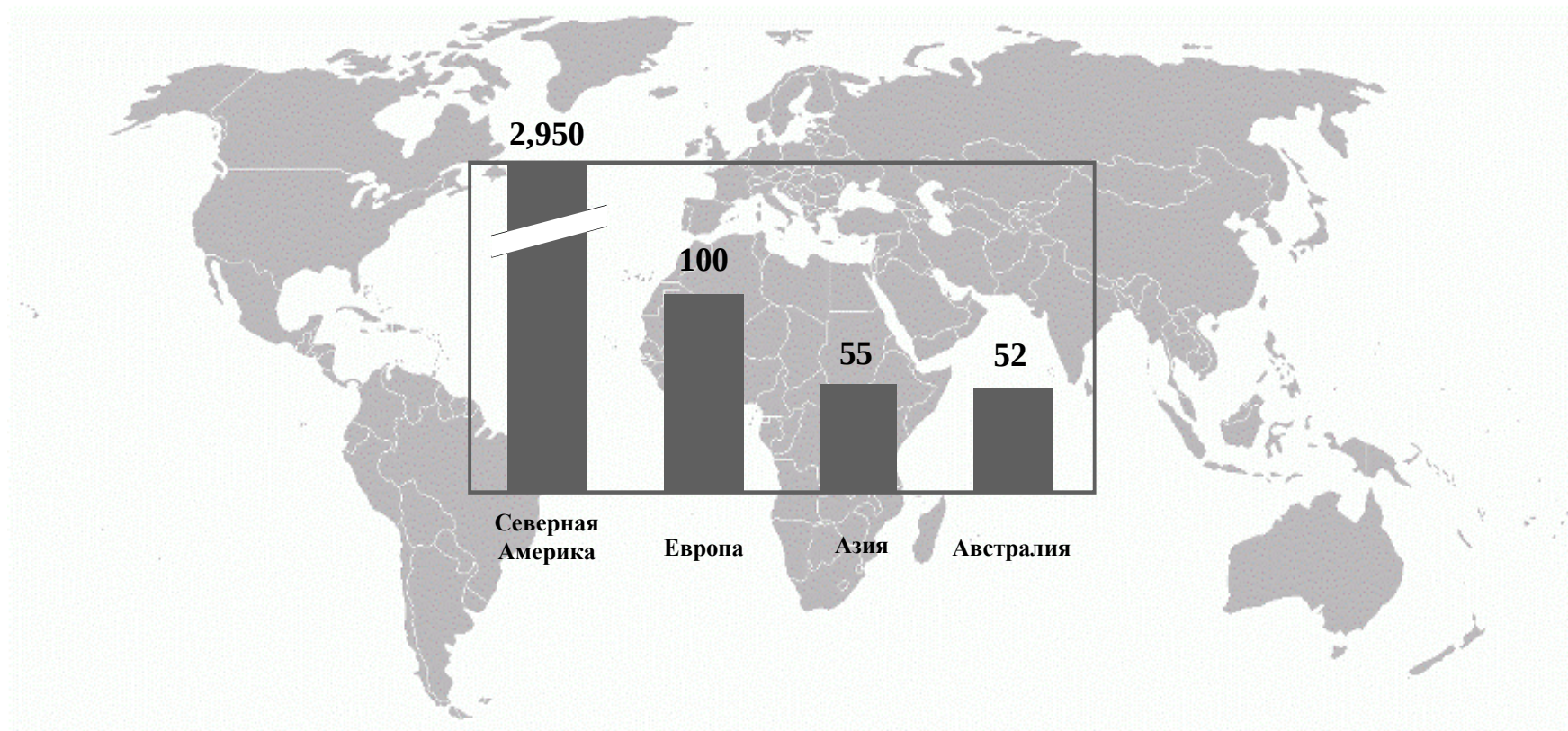
Автобус ф. «VDL» Phileas, 2004г.

Распространенность в мире городских автобусов с гибридным приводом



4

(Информация на конец 2009г.)

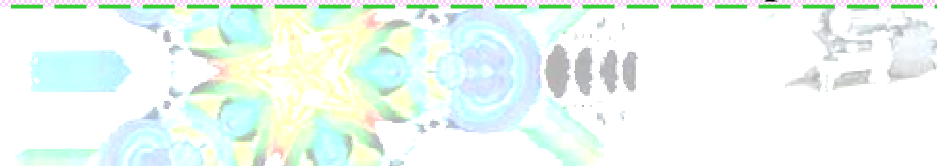


- В Китае эксплуатируется более **1600 автобусов** с гибридным приводом, в том числе 850 в Пекине (от общего числа 1000 автобусов «Foton», информация на конец ноября 2010г.).
- Гибридные приводы с успехом используются в японских легковых автомобилях (**фирмой «Тойота» продано более 1млн. шт.**).



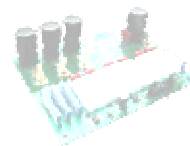
Обоснование применения гибридных силовых установок:

- ü Снижение расхода топлива и повышение эффективности использования транспортных средств;
- ü Снижение токсичности выбросов ОГ;
- ü Снижение уровня шума;
- ü Усиление рыночных позиций, повышение имиджа бренда.

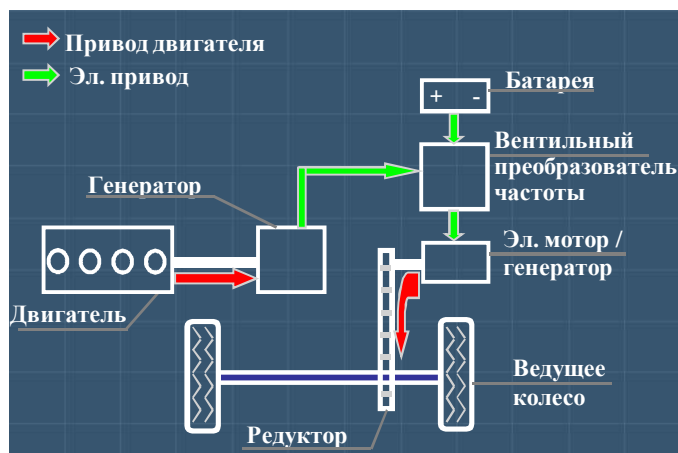


Возможности:

- ü Рекуперация энергии и ее последующее использование;
- ü Расширенные возможности оптимизации режимов работы ДВС.

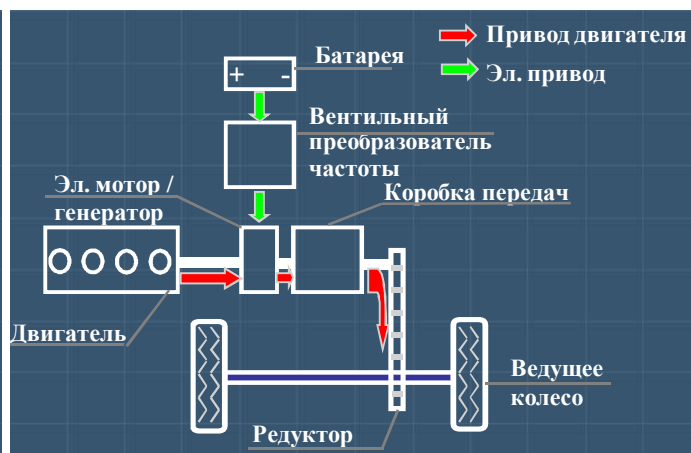


Последовательная схема



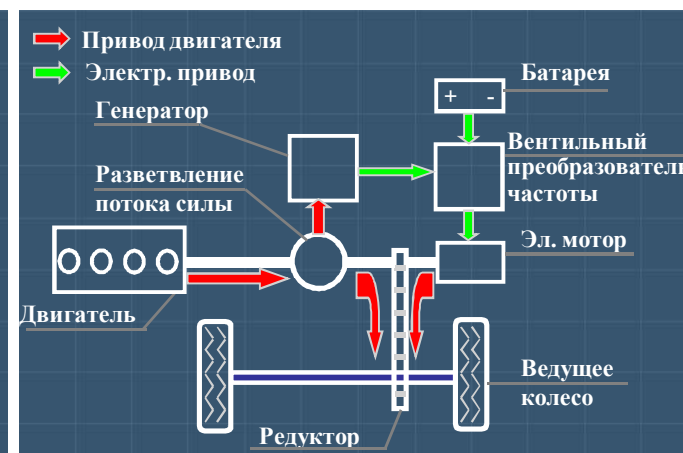
- Ø Двигатель приводит в движение только генератор;
- Ø Электродвигатель приводит в движение колеса;
- Ø Нетрадиционная коробка передач;
- Ø Возможно движение на электротяге;
- Ø Высокая гибкость при встройке компонентов.

Параллельная схема



- Ø Двигатель напрямую связан с ведущими колесами (механическое соединение);
- Ø Электромотор как «помощник момента вращения»;
- Ø Обычная коробка передач;
- Ø Движение только на электротяге возможно только с дополнительными затратами.

Параллельно-последовательная схема

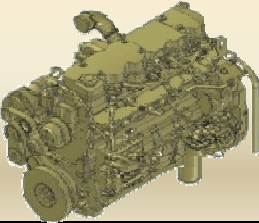


- Ø Распределение мощности;
- Ø Свойства параллельного и последовательного гибрида.

Автобус НЕФАЗ-5299Н с гибридной силовой установкой



7

Гибридная силовая установка		Накопитель энергии	Блок управления
			
Cummins 6ISBe 5 – 250В (Евро 5)	ГМП DIWA 5 с электродвигателем	Суперконденсаторы ф. «Maxwell»	



Технические характеристики гибридного привода	
Схема ГСУ	параллельная
1-й источник энергии	ДВС Cummins 6ISBe 5 250В
Мощность, л.с.	250
Крутящий момент, Н·м	1020
Экологический класс	Евро 5
2-й источник энергии	Асинхронный электродвигатель/генератор
Мощность, кВт	85 – длительная 150 – кратковременная
Крутящий момент, Н·м	220 – длительный 520 – кратковременный
Накопители энергии	суперконденсаторы «Maxwell», 5 шт.
Удельная энергия, Вт·ч/кг	2,3
Удельная мощность, Вт/кг	313
Емкость накопителей, кВт·ч	0,5
Технические характеристики автобуса с ГСУ	
Назначение, тип	Городской, полунизкопольный, большого класса (12 м)
Полная масса, кг	18 600
Вместимость, человек	100

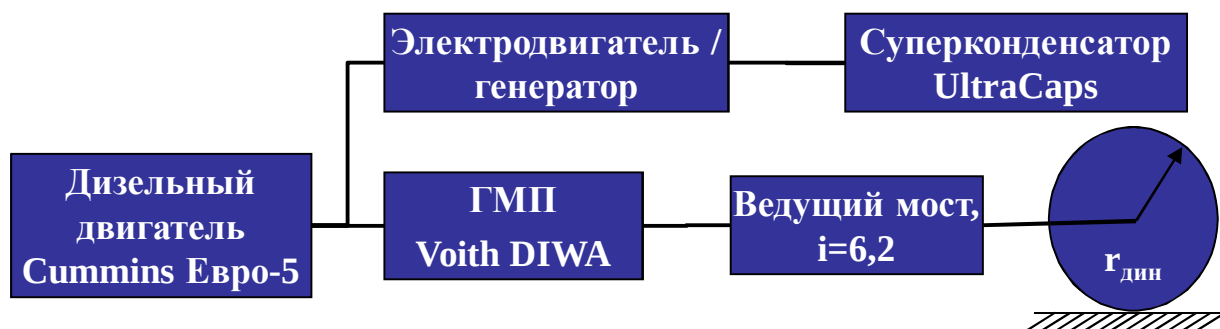
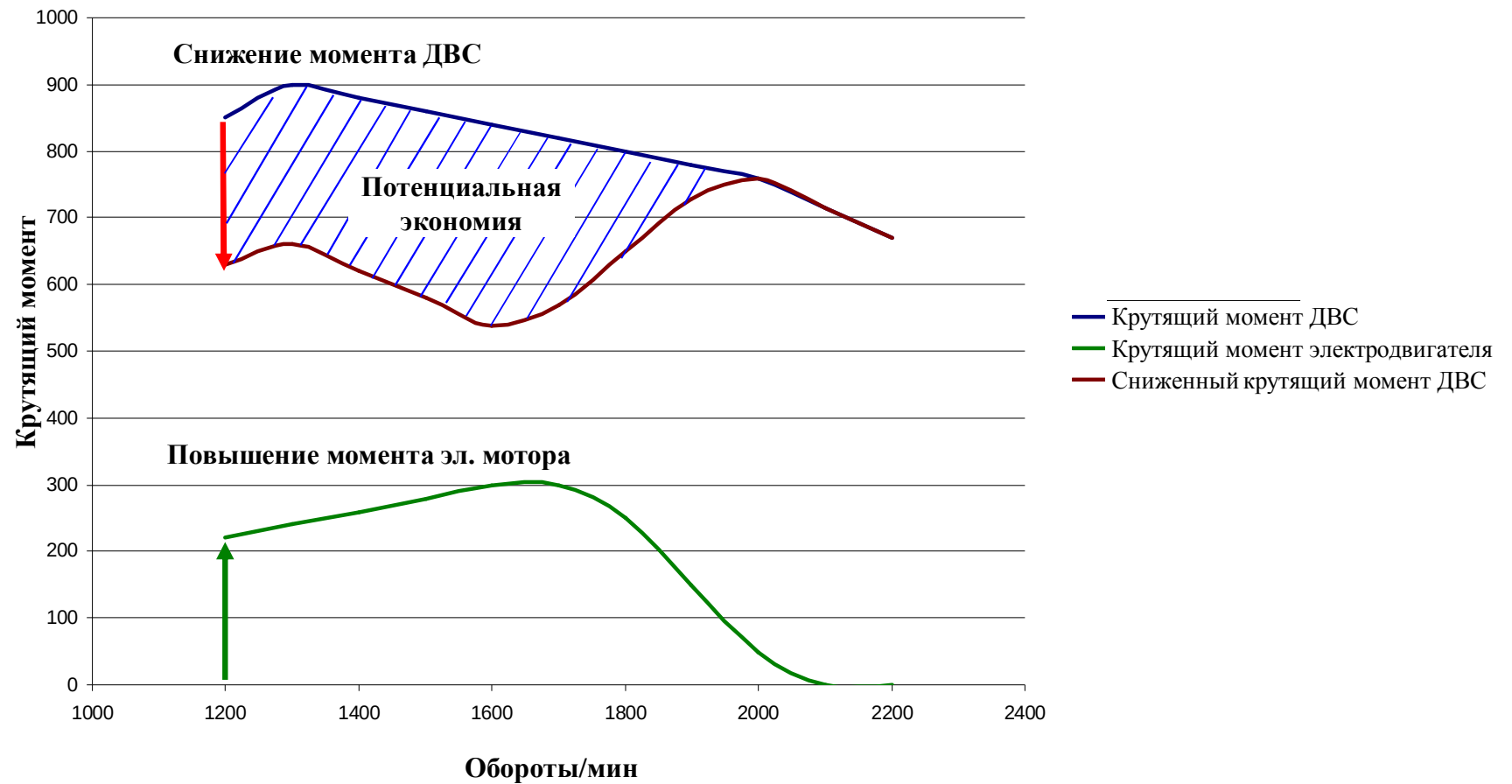
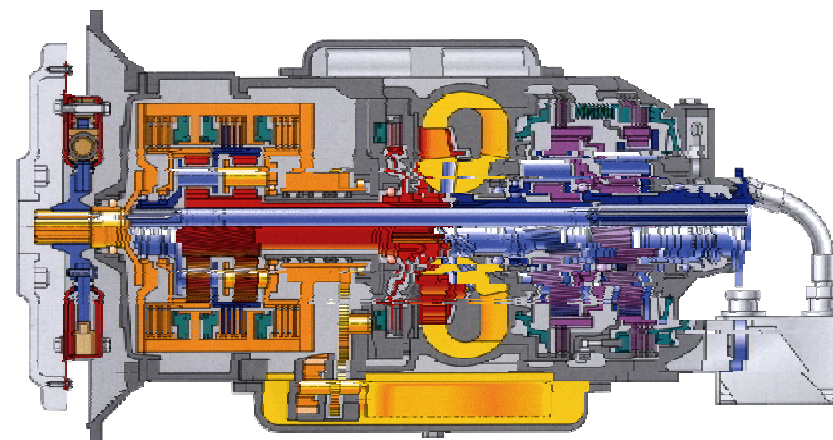


Схема параллельного гибридного привода автобуса

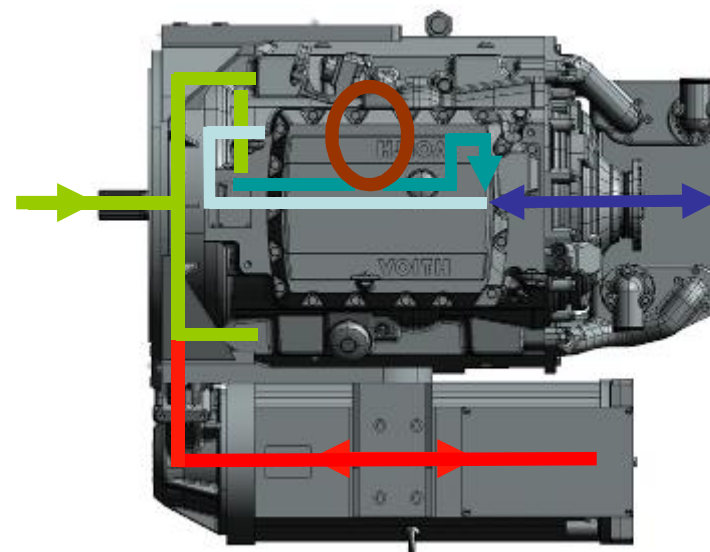


Автоматическая коробка передач (ГМП) с электродвигателем

Конструкция ГМП ф. «Voith» DIWA (гидротрансформатор в центре) позволяет присоединять электродвигатель непосредственно к входному узлу. При этом, все передачи ГМП (включая гидротрансформатор) могут использоваться как дизельным двигателем, так и электродвигателем.



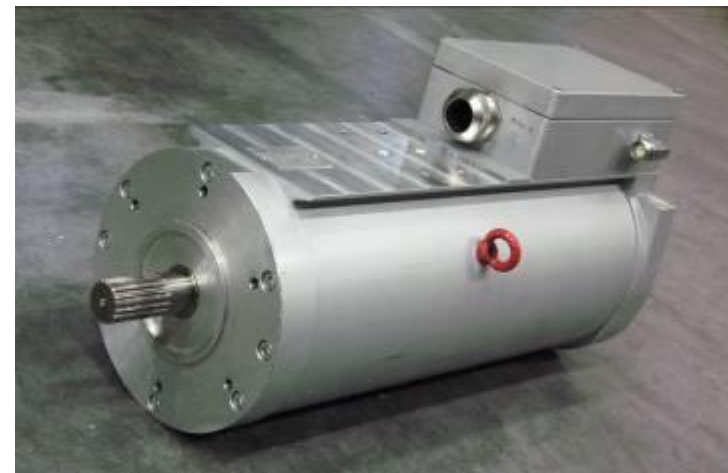
-  момент дизельного двигателя на входе
-  гидродинамический поток мощности
-  механический поток мощности
-  электрический поток мощности
-  момент на выходе



Асинхронный двигатель/генератор

Параметры асинхронного двигателя/генератора:

- **Мощность:**
кратковременная 150кВт
длительная 85кВт;
- **Момент вращения**
кратковременный 520Нм
длительный 220Нм;
- макс. частота вращения : 9000 об/мин
(используемая 6600 об/мин);
- Охлаждение водяной рубашкой;
- высокая перегрузочная способность и хороший КПД;
- Увеличение веса ГМП на $m \approx 250$ кг.

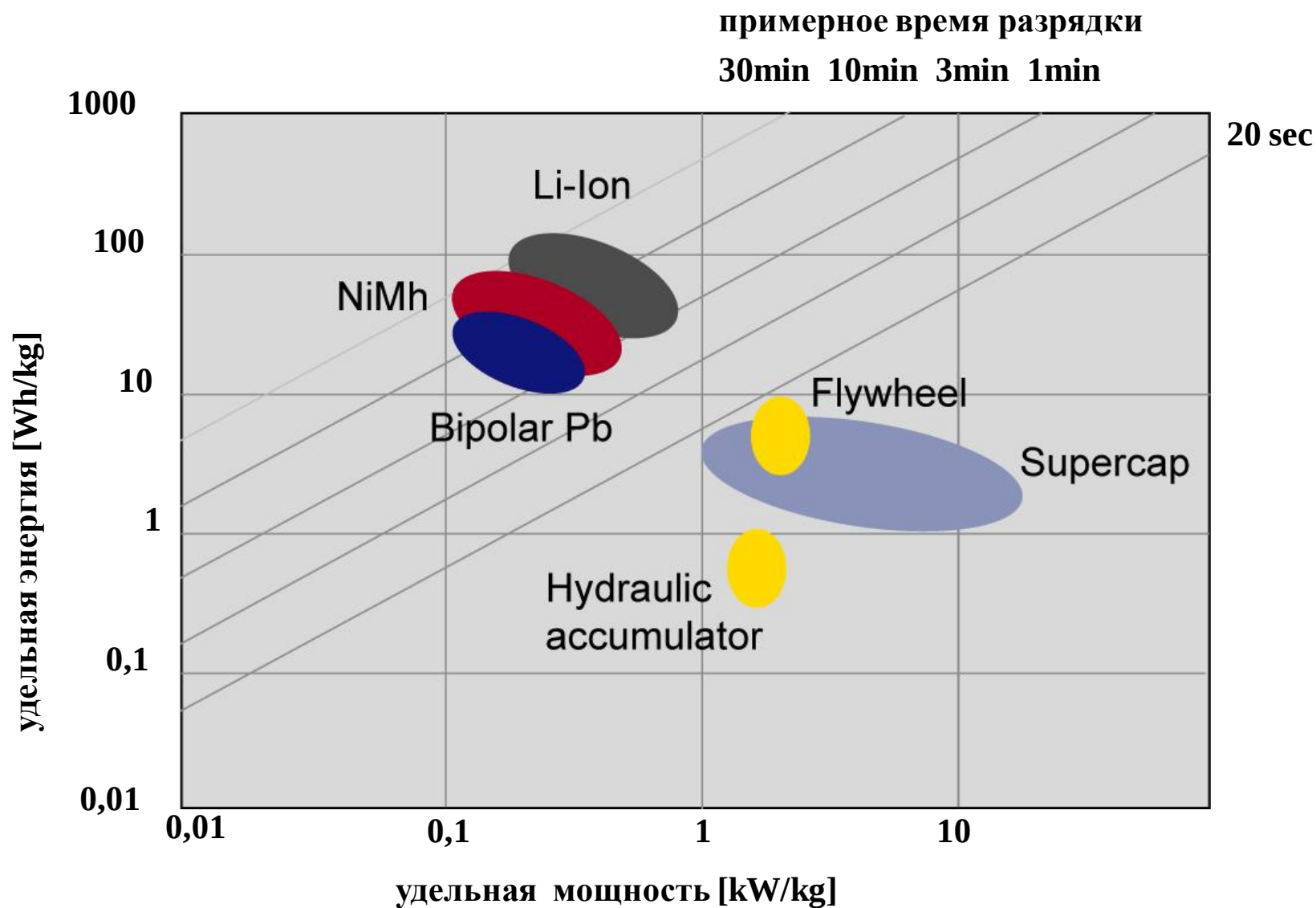


Блок: накопители энергии + преобразователь

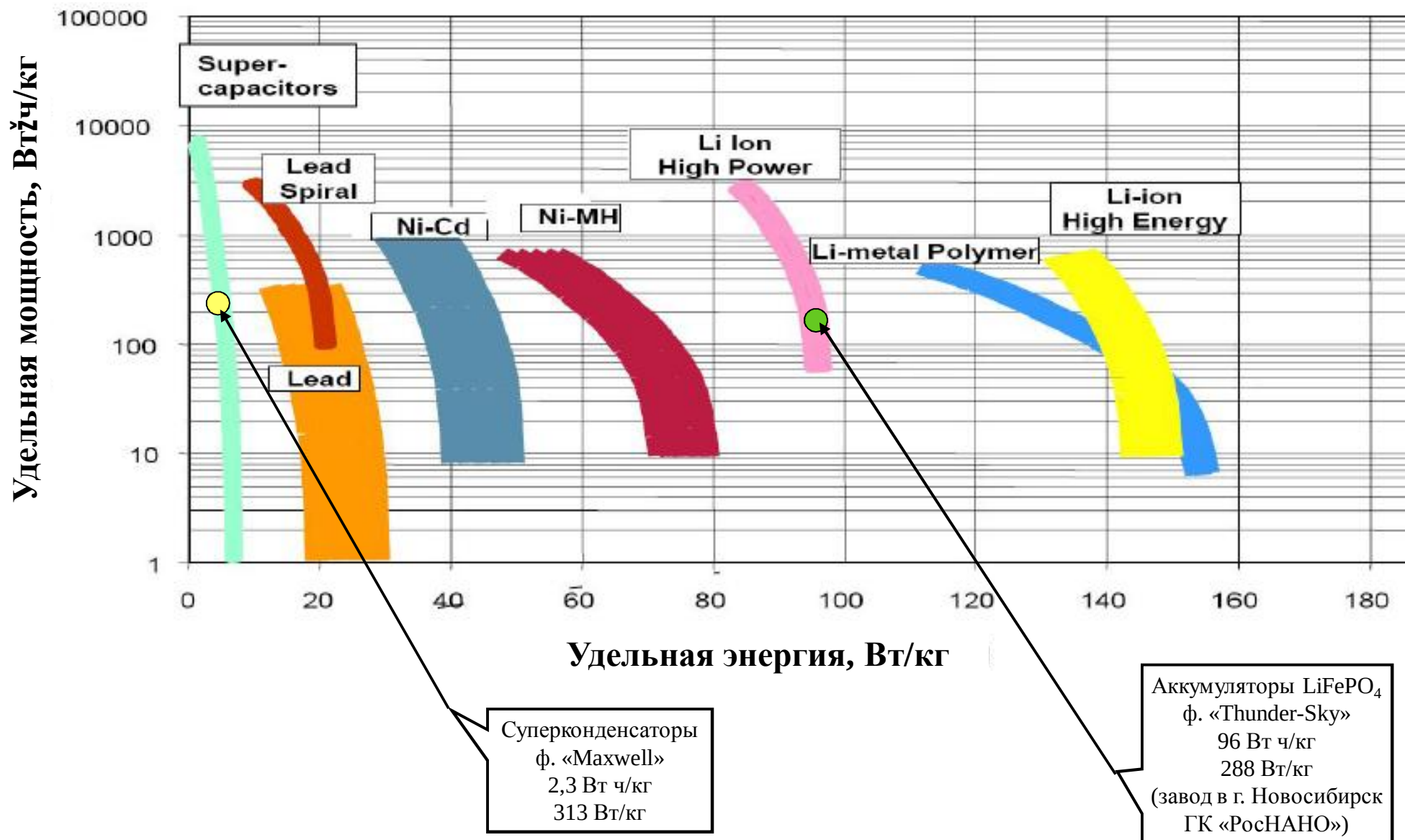
SuperCap

- Энергоемкость примерно 500 ватт*час;
- Цель разработки: срок службы = срок службы автобуса;
- Хороший КПД.
- Увеличение веса:
За счет накопителей на $m \approx 250$ кг;
За счет преобразователя и прочих элементов на $m \approx 120$ кг.

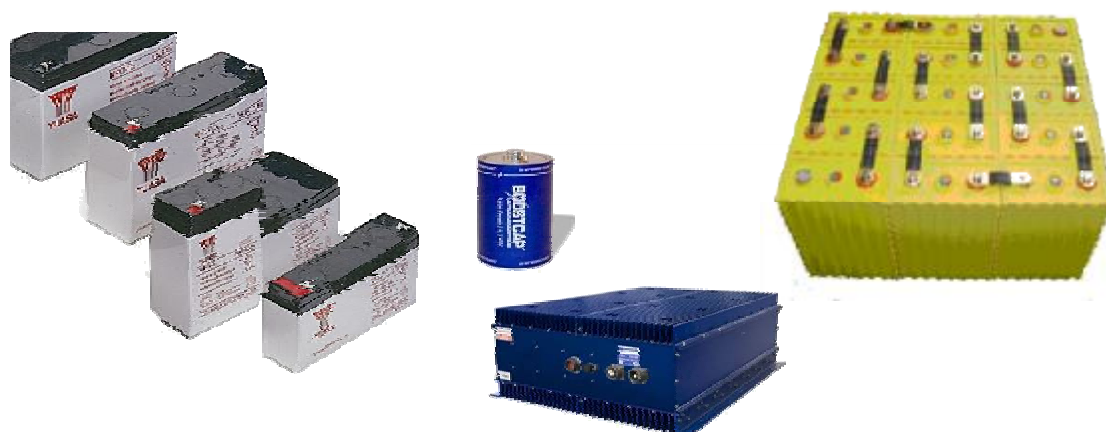




Характеристика накопителей энергии



№ п/п	Тип накопителя энергии	Среднее значение удельной энергии, Вт·ч/кг	Среднее значение удельной цены, \$/кВт·ч	Срок службы, лет
Конденсаторного типа:				
1.	Суперконденсаторы	8	10 000	10
2.	Суперконденсаторы ф. Maxwell	2,3		10
Аккумуляторного типа:				
3.	Свинцово-кислотные батареи	15	500	3
4.	Ni-Cd батареи	35	1 000	н.д.
5.	NiMH батареи	40	2300	5-6
6.	Li-ion батареи	120	2 000	6
7.	NaNiCl батареи (Zebra)	91,3	650	7
8.	LiFePO ₄ батареи (Thunder-Sky)	96	532	≈6



Преимущества и недостатки накопителей энергии:

• Кислотные батареи:

- очень дешевые;
- небольшой срок эксплуатации (макс. 3 года);
- очень тяжелые.

• Никелевые металл-гидридные батареи:

- срок эксплуатации макс. 5-6 лет;
- более высокий КПД чем у кислотных;
- очень чувствительные.

• Зебра (NaNiCl):

- высокие температуры.

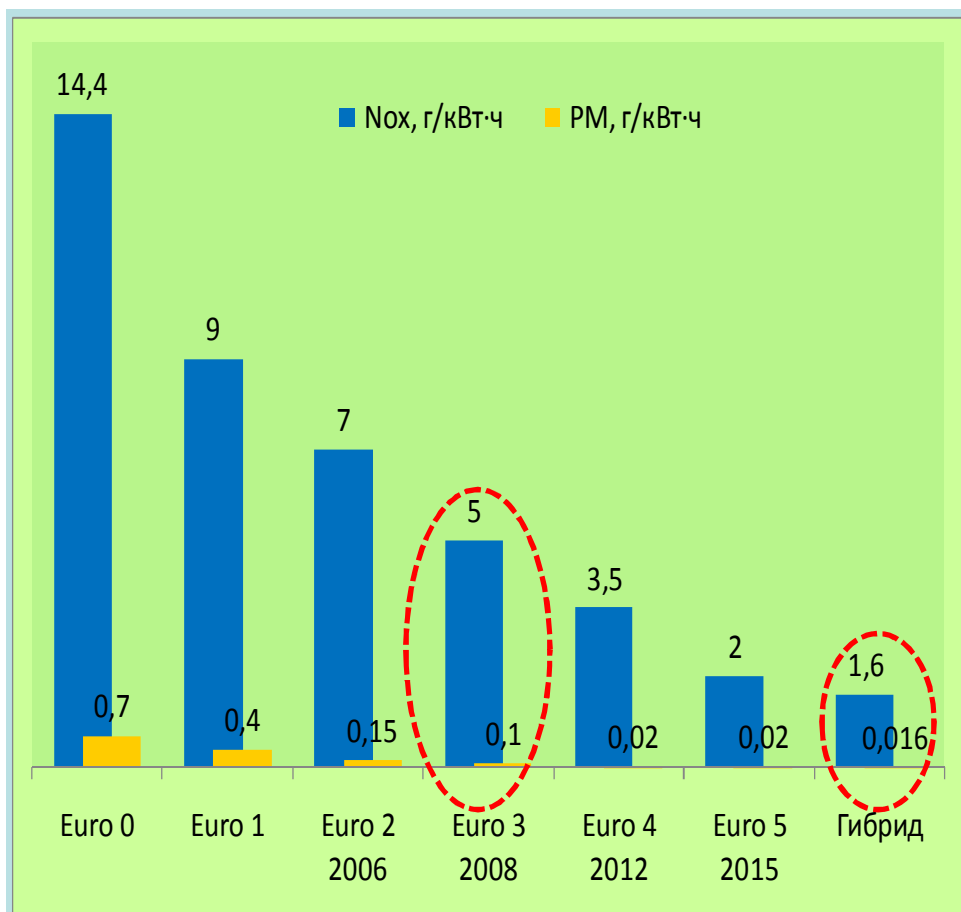
• Литиево-ионные:

- очень дорогие;
- очень экономичные;
- трудности в обслуживании;
- срок эксплуатации ~6 лет.

• Суперконденсаторы:

- очень экономичны;
- быстрая зарядка / разрядка;
- простое обслуживание;
- срок эксплуатации до 12 лет;
- небольшая энергоемкость.

Содержание выбросов вредных веществ в двигателях от Евро 0 до Евро 5



Преимущества автобуса с гибридным приводом:

1. Снижение расхода топлива на 18% (для условий г. Казани);
2. Улучшение экологических показателей по вредным выбросам в 3-и раза, по твердым частицам в 6-ть раз (уровень ниже Евро 5);
3. Снижение уровня шума на 1,5 дБ;
4. Увеличение скорости на маршруте на 15%.

Эффект по энергосбережению (на примере г. Москвы)

- Автобусный парк г. Москвы насчитывает ≈ 5500 тыс. автобусов. За год автобусы города сжигают около 160 тыс. тонн топлива. Применяя автобусы с гибридным приводом можно сэкономить до ≈ 30 тыс. тонн топлива в год.

Экологический эффект

- При переходе на автобусы с гибридным приводом выбросы по NOx снижаются в 3 раза, выбросы по твердым частицам - в 6 раз.

Государственная поддержка приобретения гибридной автотехники за рубежом

Поддержка в США с 2007г.: компенсируются дополнительные затраты на Hybrid до 95% (цена дизельного топлива $\approx 0,7\$$ за 1 л.);

• Поддержка в Европе: компенсируются дополнительные затраты на Hybrid 50% (цена дизельного топлива $\approx 1,2\text{€}$ за 1 л.).

Предложения по господдержке приобретения автотехники с гибридным приводом в России

- Подготовить и утвердить постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении правил предоставления субсидий за приобретение транспортных средств с гибридной силовой установкой».
- Разработать и утвердить федеральные целевые программы по закупке автотехники с гибридными силовыми агрегатами для г. Казани (Универсиада – 2013) и г. Сочи (Олимпиада – 2014).

Спасибо за внимание!

