

**FIRSTIMAGINE!**  
VENTURES

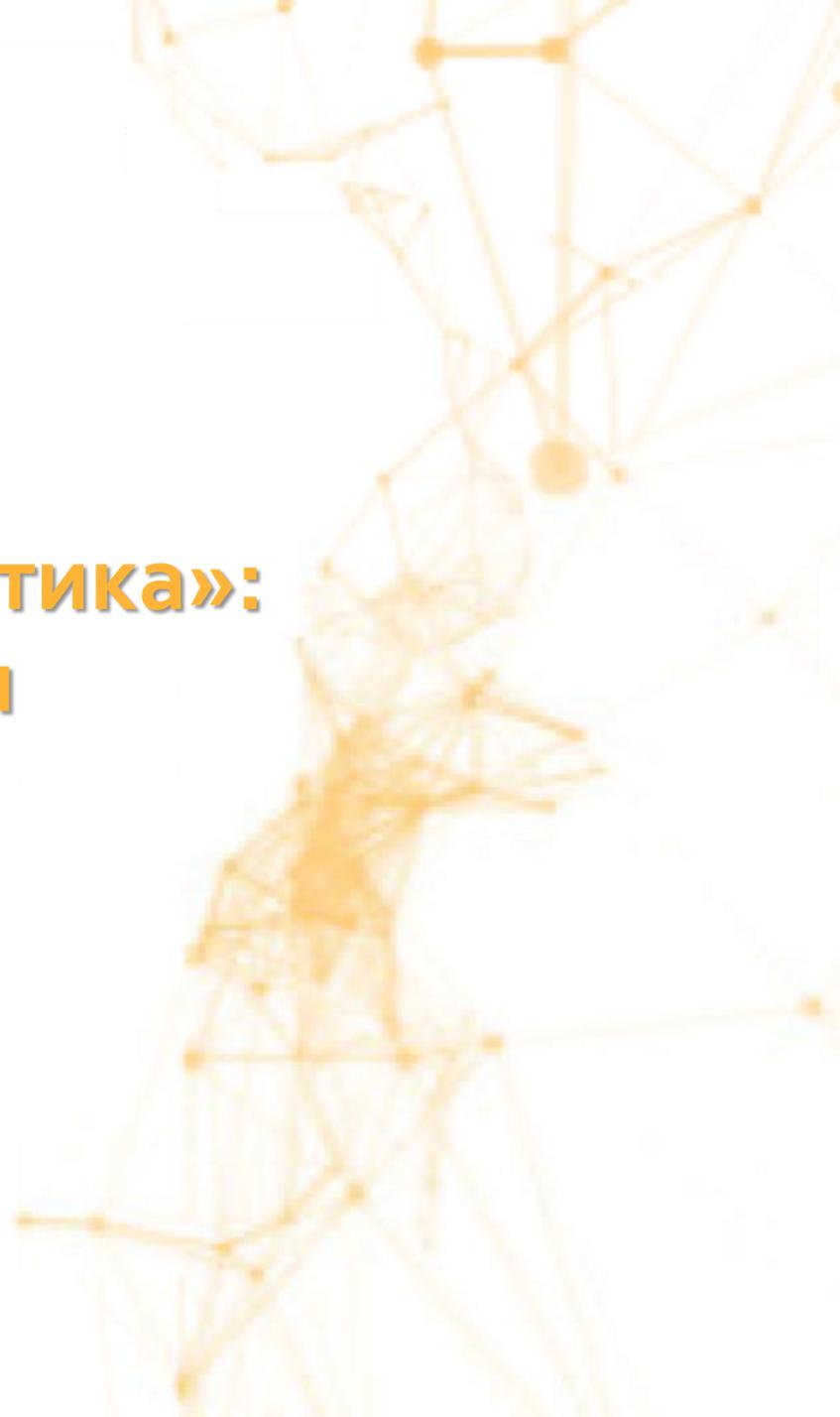
**Reinventing Energy:  
как новые технологии меняют  
электроэнергетику**

**Александр Старченко,  
партнер FirstImagine! Ventures**

Май 2018



# «Старая электроэнергетика»: принципы и недостатки



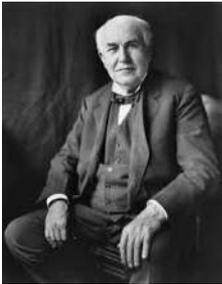
# Принципы работы существующей электроэнергетики



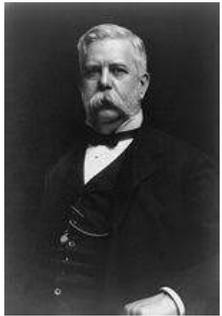
Михаил  
Доливо-  
Добровольский



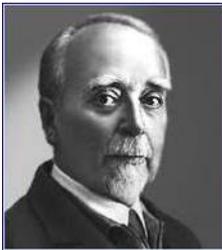
Никола Тесла



Томас Эдисон



Джордж  
Вестингауз



Глеб  
Кржижановский

1

Электричество нельзя хранить

2

Нагрузка стохастична и непредсказуема

3

Генерацию можно контролировать

4

Потоками энергии нельзя управлять

# Централизованная электроэнергетика для индустриальной экономики

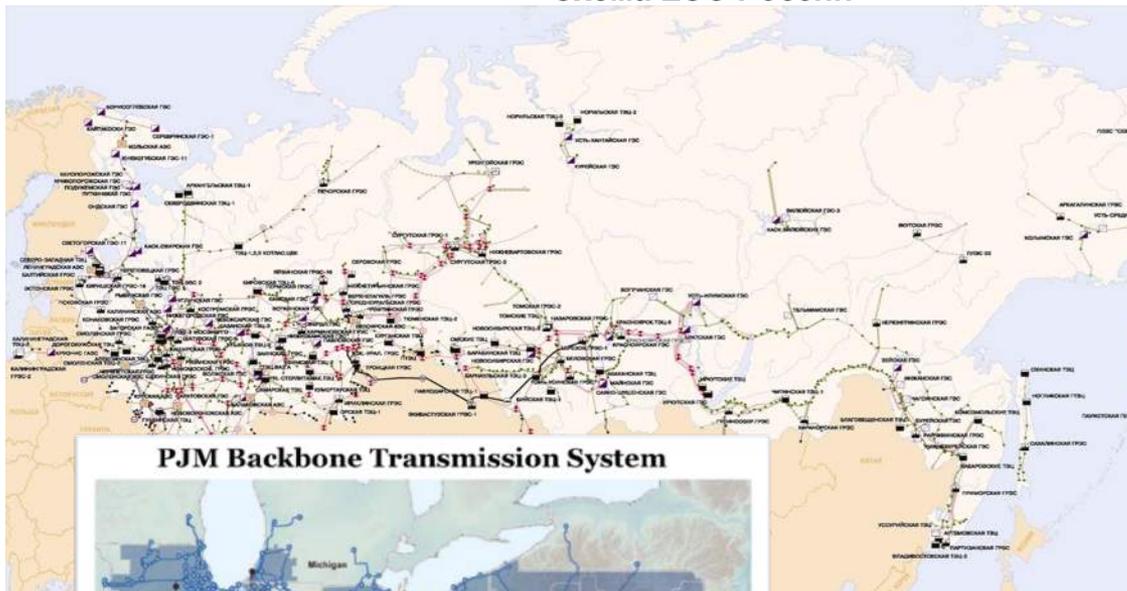
В течение XX века электроэнергетика развивалась в сторону укрупнения и централизации:

- Крупные электростанции: приближение к источникам ресурсов (уголь, гидро), экономия от масштаба
- Мощные сети: передача больших потоков электроэнергии, снижение потерь
- Централизованное диспетчерское управление: координация энергосистемы
- Доминирование промышленной нагрузки: крупные центры нагрузки в ведении диспетчера

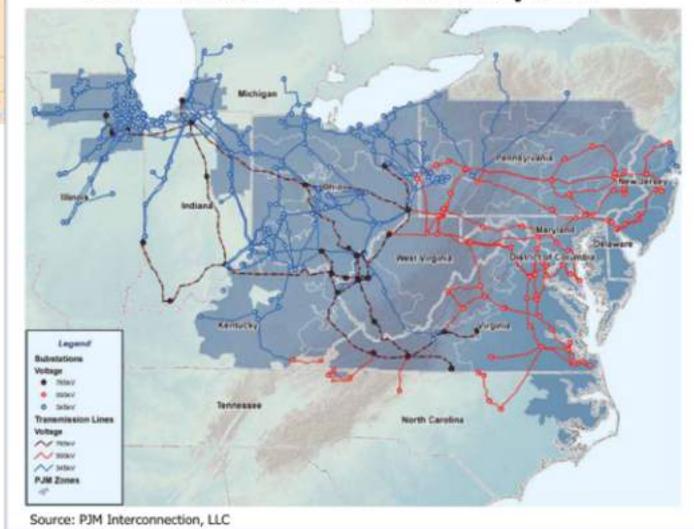


# Современная энергосистема – вершина инженерно-технической мысли своего времени

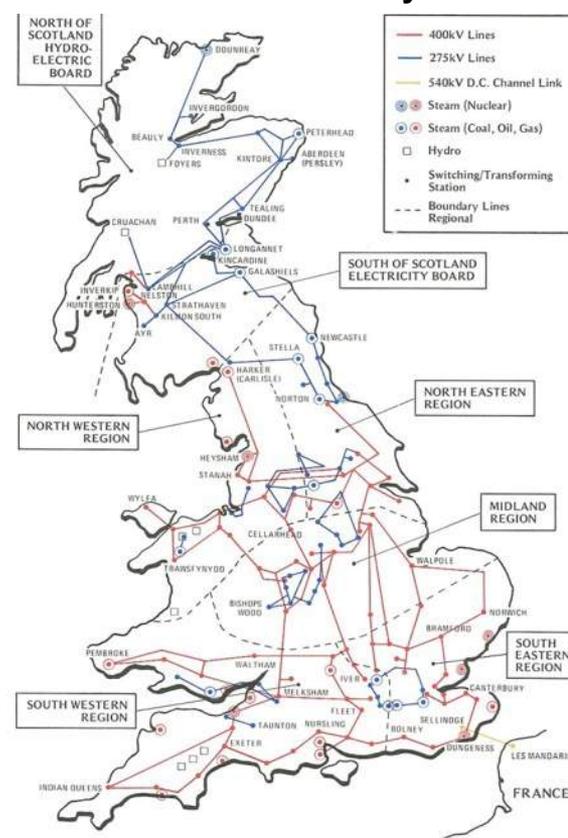
## Схема ЕЭС России



## PJM Backbone Transmission System



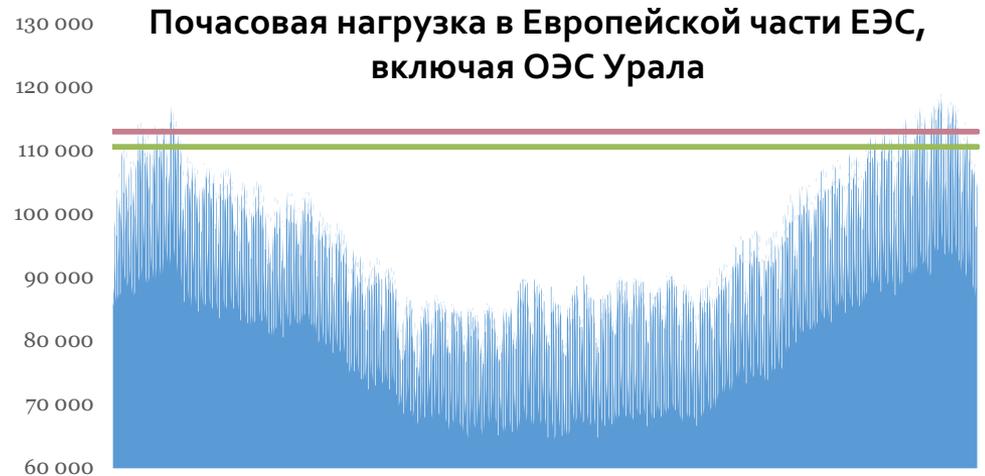
## UK Transmission System



# Электроэнергетика, построенная на старых принципах, дорого обходится потребителям

Система не соответствует «цифровой» эпохе:

- Потребители воспринимаются как «нагрузка», а не как клиенты
- Догмат приоритета «надёжности» над экономическим выбором потребителей
- Содержание большого количества активов для удовлетворения редкого пика, ещё больше активов – для резерва
- Планирование развития осуществляют энергокомпании и регуляторы, но за ошибки расплачиваются потребители в счетах за электроэнергию



**Новые технологии:  
всё меняется**

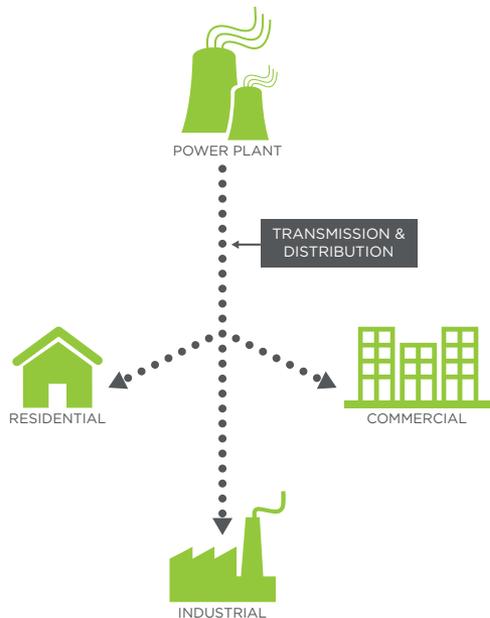


# Технологии Интернета энергии создают новые эффекты и бизнес-модели

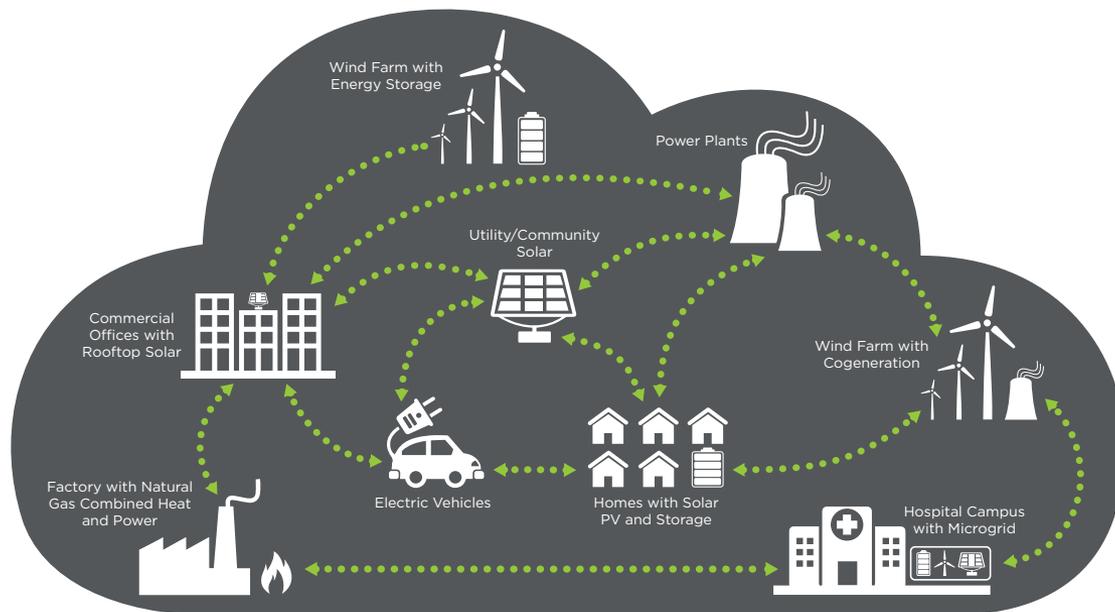


# Интернет энергии: комплекс технологий, в корне меняющих привычную отрасль

**БЫЛО:** энергосистема с вертикальной структурой и однонаправленными потоками



**СТАНОВИТСЯ:** распределённая энергосистема с многосторонним взаимодействием всех участников

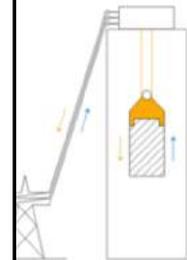
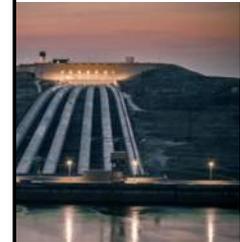
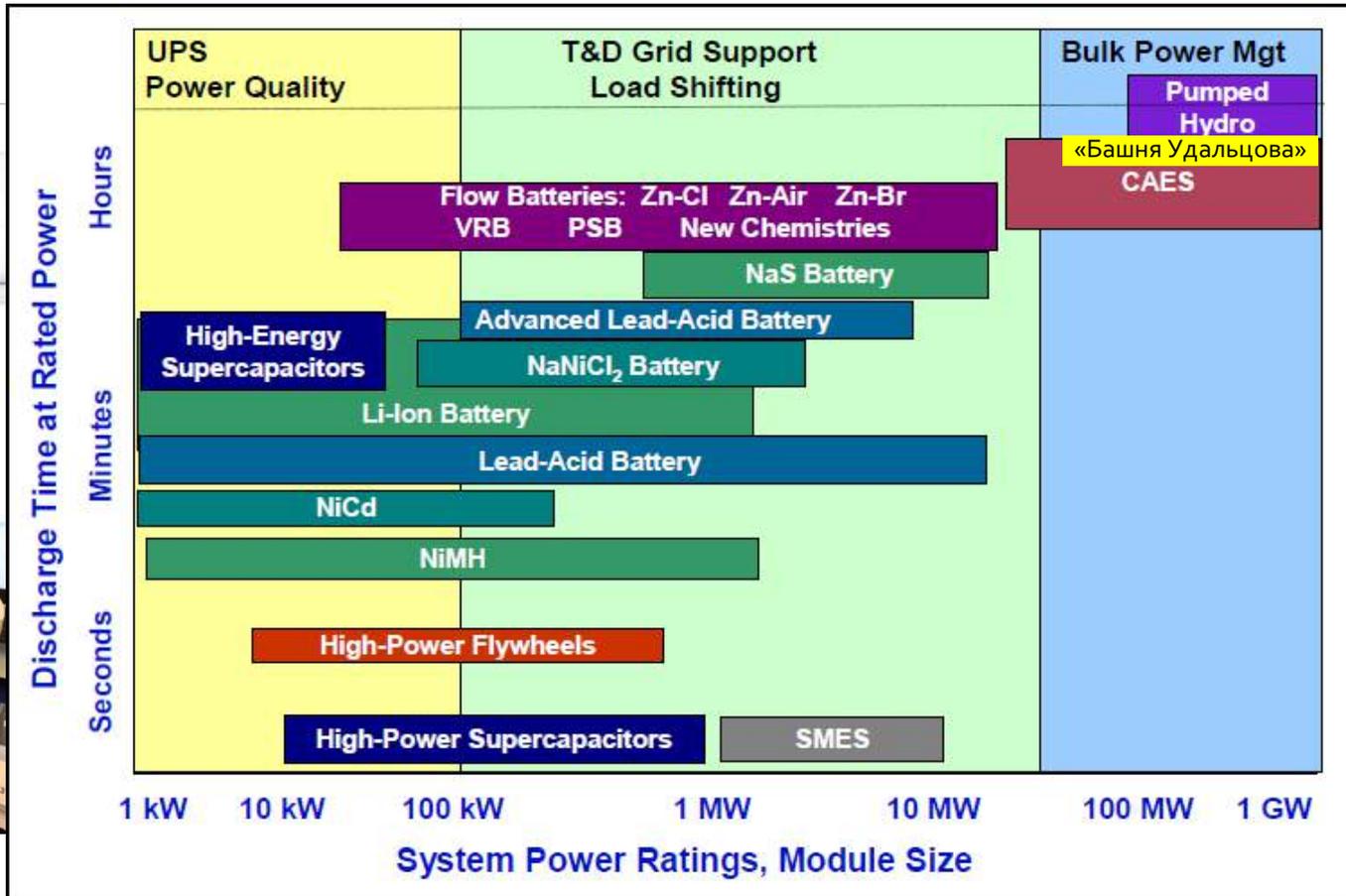


© 2018 Navigant Consulting, Inc. All rights reserved.

© 2018 Navigant Consulting, Inc. All rights reserved.

**Создаётся Интернет энергии:** сфера многостороннего взаимодействия всех участников, позволяющая обеспечить энергоснабжение потребителей более эффективным, надёжным и эффективным способом

# Принципы стали мифами: Электроэнергию можно хранить



Раньше хранение было доступно или в очень большом масштабе (ГАЭС), или в очень маленьком (свинцово-кислотные аккумуляторы)

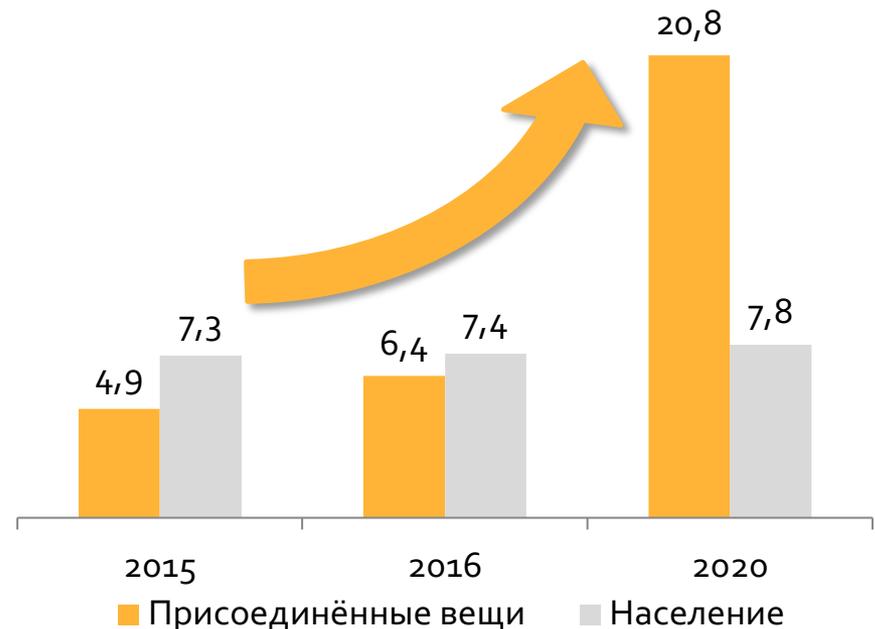
Источник: DOE/EPRI 2013 Electricity Storage Handbook

# Принципы стали мифами: Нагрузка стала предсказуема и управляема

Интернет вещей и хранение электроэнергии позволяют создать управляемое потребление

- Дешёвые средства коммуникации и датчики
- Новые технологии адресации в интернете позволяют обращаться к конкретным устройствам
- «Большие данные» о потреблении повышают точность планирования
- Хранение электроэнергии на стороне потребителя позволяет смещать нагрузку во времени, не влияя на потребителя

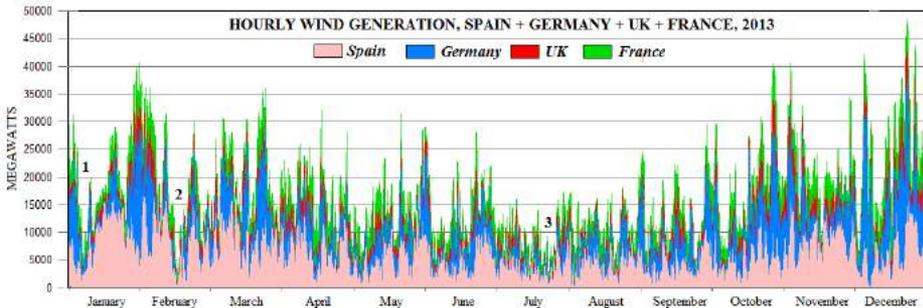
Количество «присоединённых вещей» и население мира, млрд ед.



Источник: Gartner, UN Population Division

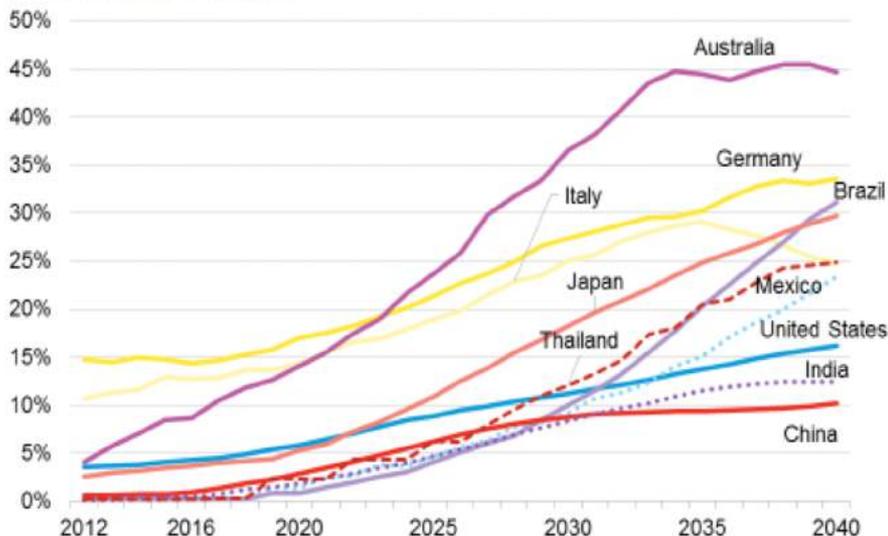
# Принципы стали мифами: генерация не является инструментом балансирования системы

Хотя крупная традиционная генерация остается контролируемой и управляемой, ветряные и солнечные электростанции вырабатывают электроэнергию тогда, когда доступен ресурс



Источник: <http://euanmearns.com/wind-blowing-nowhere/>

## Decentralization ratio



Источник: Bloomberg New Energy Finance NEO 2017

Параллельно развивается распределённая генерация (собственная генерация потребителей – от крышных солнечных панелей до малых турбин и ГПА), которая работает, в первую очередь, на обеспечение собственных потребностей владельца

# Принципы стали мифами: Потоками энергии можно управлять

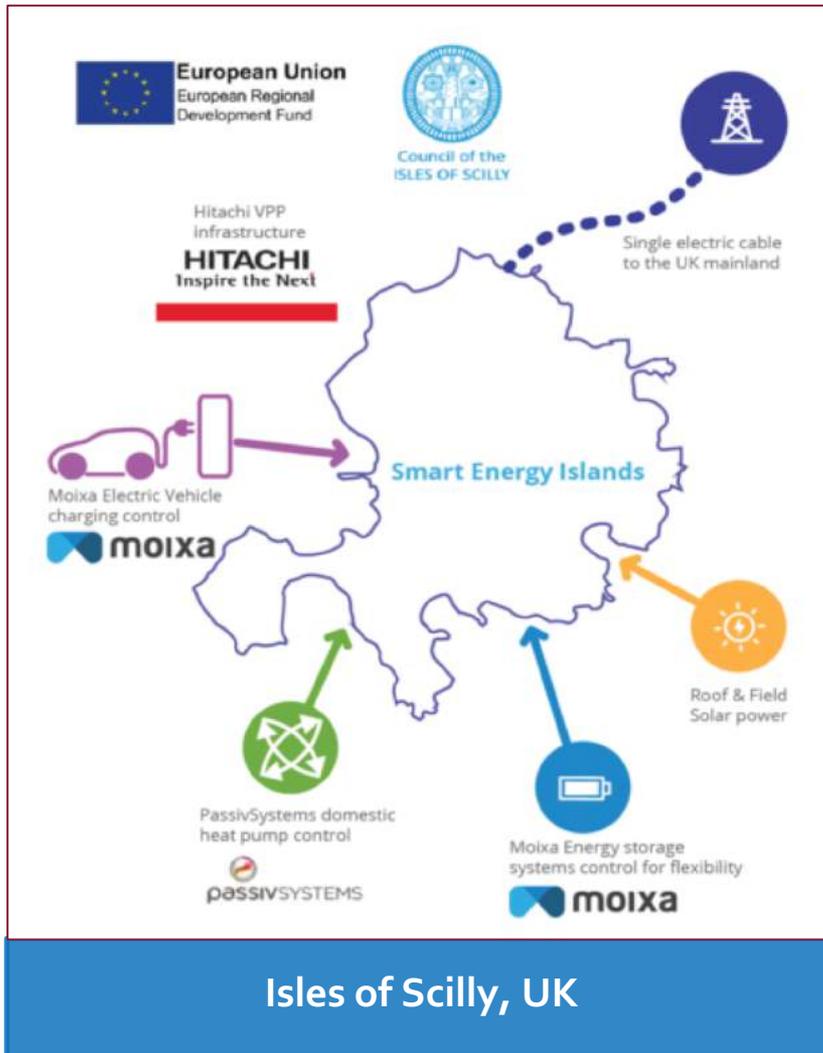
Технологии умных сетей в сочетании с полной наблюдаемостью сети и хранением энергии позволяют управлять потоками электроэнергии и мощности



Сеть Smart Grid

Интеллектуальные подстанции  
Автоматизация питающих линий

# Интернет энергии: более сложная, надежная, эффективная электроэнергетика



- Интеграция любых источников энергии (распределенные ВИЭ, ветропарки, кабель)
- Накопители: не «backup», а «срезание пика» (400 Вт вместо 15 кВт)
- Управление спросом
- Самобалансирование снизу вверх
- Программная платформа, которая объединяет и управляет всеми энергетическими ресурсами

**Будущее уже здесь:  
реальные примеры**



# «Первая ласточка»: Нью-Йорк, район Бруклин-Квинс



Reforming the  
Energy Vision



Дефицит мощности - 69 МВт  
(40–48 часов, летние месяцы)

Традиционное решение:  
строительство подстанции,  
распределительного пункта и  
фидеров.

Стоимость проекта: **\$1,1 млрд**

Проект (инновационное решение):

- снижает совокупные затраты потребителей
- устраняет необходимость инвестиций в строительство подстанции до 2026 г.

Инновационное решение:

- укрепление сети
- Volt/Var оптимизация в сети 4 кВ
- накопители на подстанциях (12 МВт)
- распределённая генерация
- управление нагрузкой потребителей

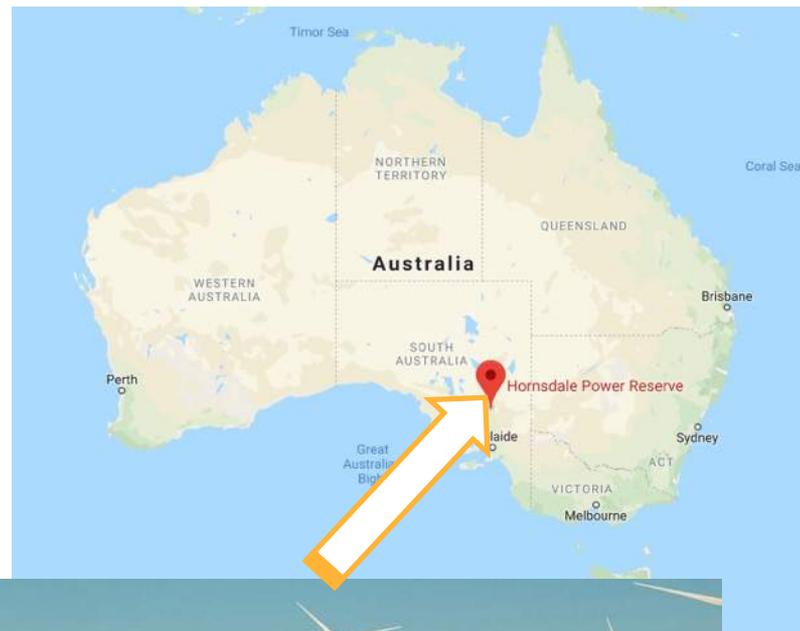
Стоимость проекта: **\$487 млн**

2014 г.

# Австралия: как работает накопитель Tesla

## Hornsdale Power Reserve

- Литий-ионные накопители на **100 МВт/ 129 МВтч** (80 МВт на заряд)
- В комплексе с ветропарком на **300 МВт**, рядом угольная станция на **1700 МВт**
- Построена за **100 дней** с момента подписания контракта
- 30 МВт/ 119 МВтч выделено для поддержки ветропарка, 80 МВт/ 10 МВтч – для нужд системы (вне аварийных режимов)
- **2% установленной мощности** энергосистемы
- За 4 месяца работы захватила **55% рынка регулирования частоты**, цены на системные услуги **упали на 90%**, сэкономяв потребителям до **\$35 млн**
- Дек., 2017: при аварийном отключении блока на угольной электростанции выдала **100 МВт** за мощности за **140 миллисекунд** на время запуска резерва



# Распределённая генерация: конкуренция с централизованной системой



2021

2022

2031

Solar + storage дешевле, чем сетевая энергия

Океания

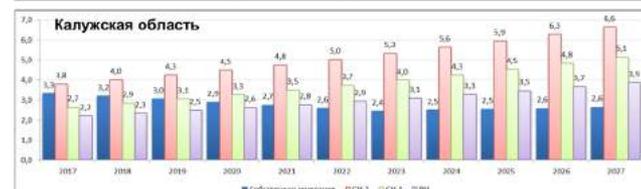
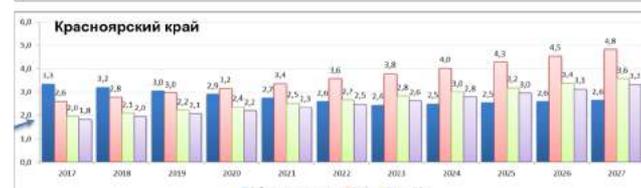
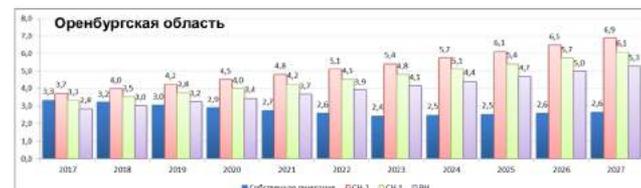
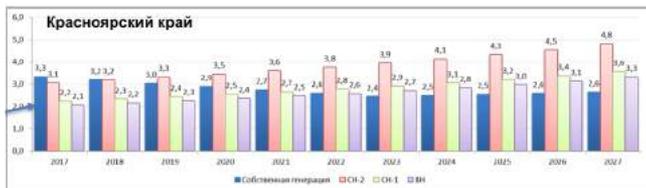
Европа

Северо-запад  
США



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

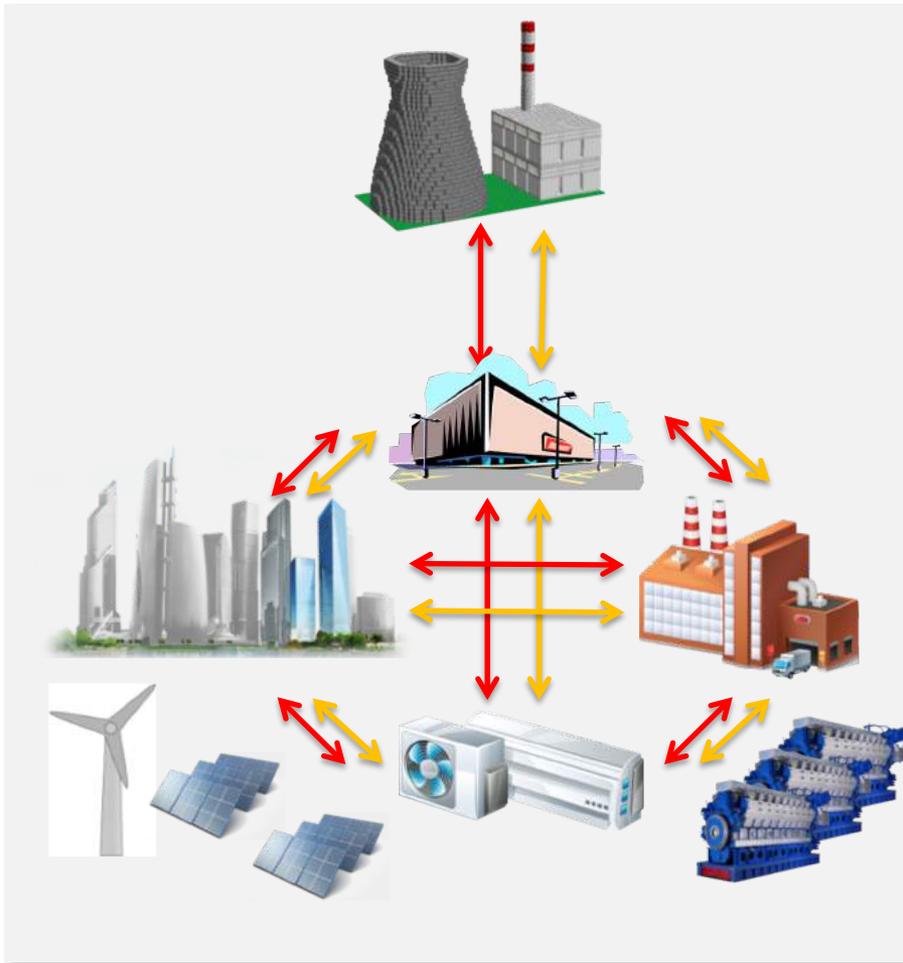
**Россия:**  
Вне зависимости от темпов ликвидации перекрёстки до 2027 года собственная генерация средних потребителей дешевле сети



Ликвидация перекрёстки за 10 лет

Ликвидация перекрёстки за 1 год

# Интернет энергии: более сложная, надежная, эффективная электроэнергетика



- Централизованная электроэнергетика остается, но меняется ее роль
- Потребители - центральное звено, развиваются прямые транзакции
- Растет доля распределенной энергетики – ВИЭ, утилизация отходов (промышленное тепло), местные энергоресурсы, традиционные источники
- Demand response («непотребление», заряд/ разряд батарей) так же важен, как генерация
- На порядки растет количество управляемых ресурсов, диспетчерское управление осуществляет искусственный интеллект

# Великий «лошадиный» кризис 1894 года (UK, USA)



1894 год:

... «Уже в ближайшие **50 лет** каждая улица Лондона будет похоронена под девятью футами (2,7 метра) навоза»



Лондон 50 тыс. лошадей (кэбы и омнибусы), 350 – 800 тонн навоза ежедневно

Нью-Йорк 100 тыс. лошадей, более 1 тыс. тонн навоза ежедневно

Ужасающая ситуация обсуждалась в 1898 году на первой в мире международной конференции по городскому планированию в Нью-Йорке, конференция закрылась через 3 дня вместо запланированных 10 дней, так как решить проблему невозможно

... а в это время

... уже 12 лет назад изготовлены и запатентованы самодвижущиеся экипажи с бензиновым двигателем (1885 Даймлер, 1886 Бенц), 1895 – первый автобус с ДВС, 1896 – первые такси и грузовик с ДВС, через 10 лет, в 1908 году, начнётся выпуск Ford Model T

# Мир меняется быстрее, чем мы думаем

1900-й год: найдите машину



1913-й год: найдите лошадь



Пасхальный парад на 5-й авеню в Нью-Йорке

# FIRSTIMAGINE!

## WHAT COULD BE

<http://firstimage.com>

[alexander@firstimage.com](mailto:alexander@firstimage.com)

