

**КОНГРЕСС REENCON-XXI  
МОСКВА, 5-6 ИЮНЯ 2018 Г.**

**НЕОБХОДИМОСТЬ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА  
К РАЗВИТИЮ ТРАДИЦИОННОЙ  
И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

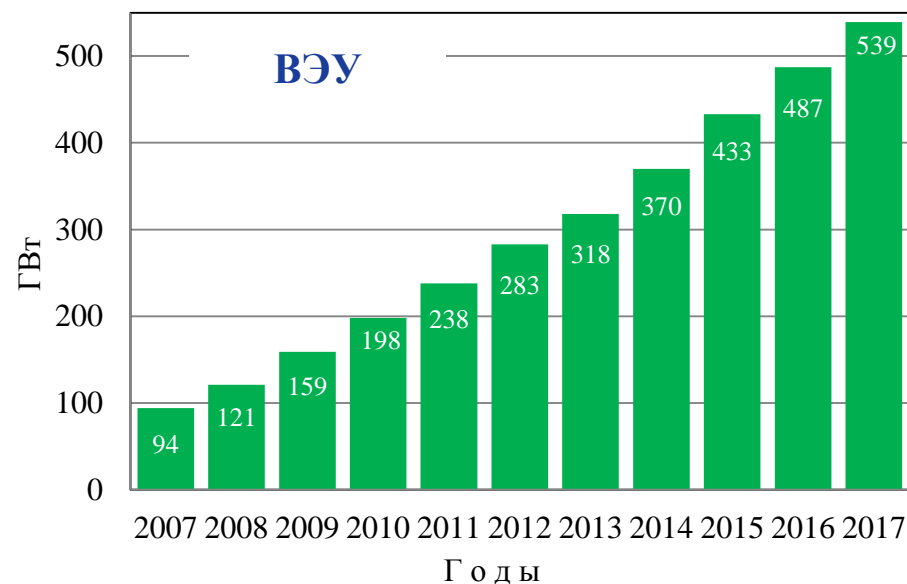
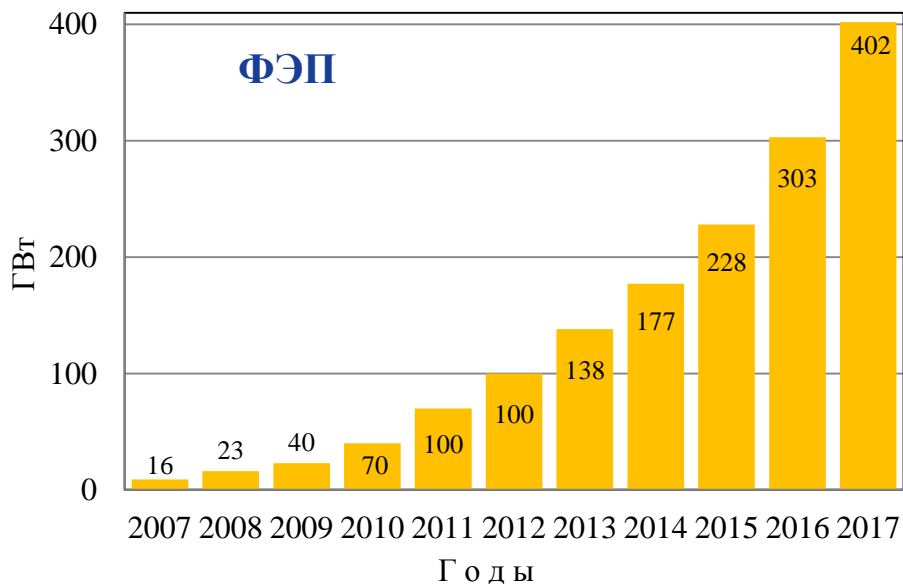
**Дильман М.Д.**

**Круглый стол «ПОСТРОЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ  
РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ – МЕТОДИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ»**

**Институт энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН)  
Институт энергетики НИУ ВШЭ**



# УСТАНОВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ ФЭП И ВЭУ В МИРЕ



*Источник данных: REN21*

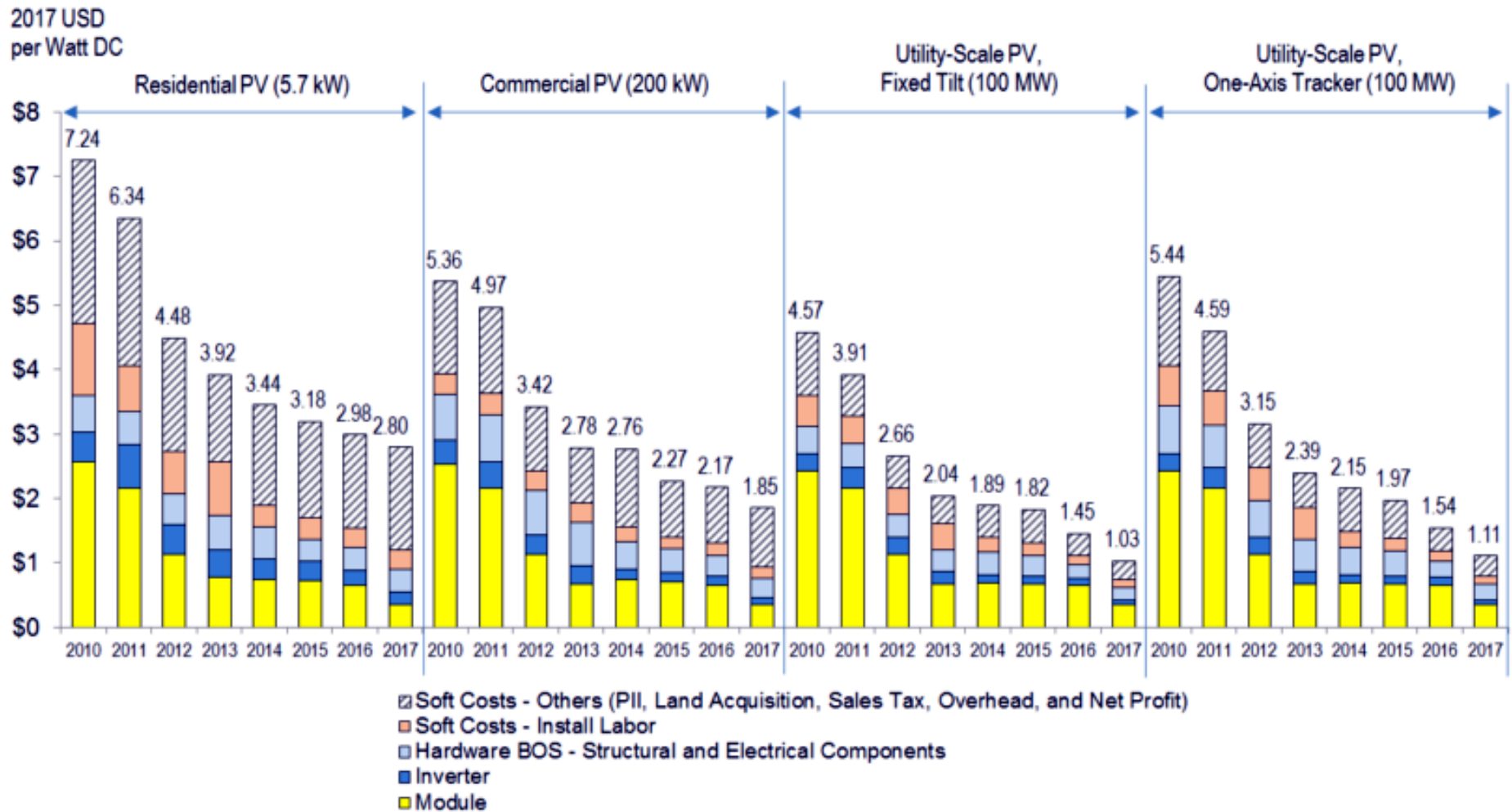
За 10 лет в мире мощность СЭС на базе ФЭП увеличилась в 44 раза и превысила 402 ГВт. Выработка электроэнергии возросла в 40 раз и дошла, по оценкам МЭА, почти до 500 ТВт·ч/год.

Лидеры по установленной мощности: Китай, Япония, Германия, США, Италия.

Установленная мощность ВЭУ, наземных и морских, увеличилась в 5,7 раза. Аналогично возросла выработка электроэнергии, превысив, по оценкам МЭА, 1050 ТВт·ч/год.

Лидеры: Китай, США, Германия, Индия и Испания.

# СТРУКТУРА СТОИМОСТИ СЭС НА ФЭП И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ В 2010-2017 ГГ., США



Источник: NREL

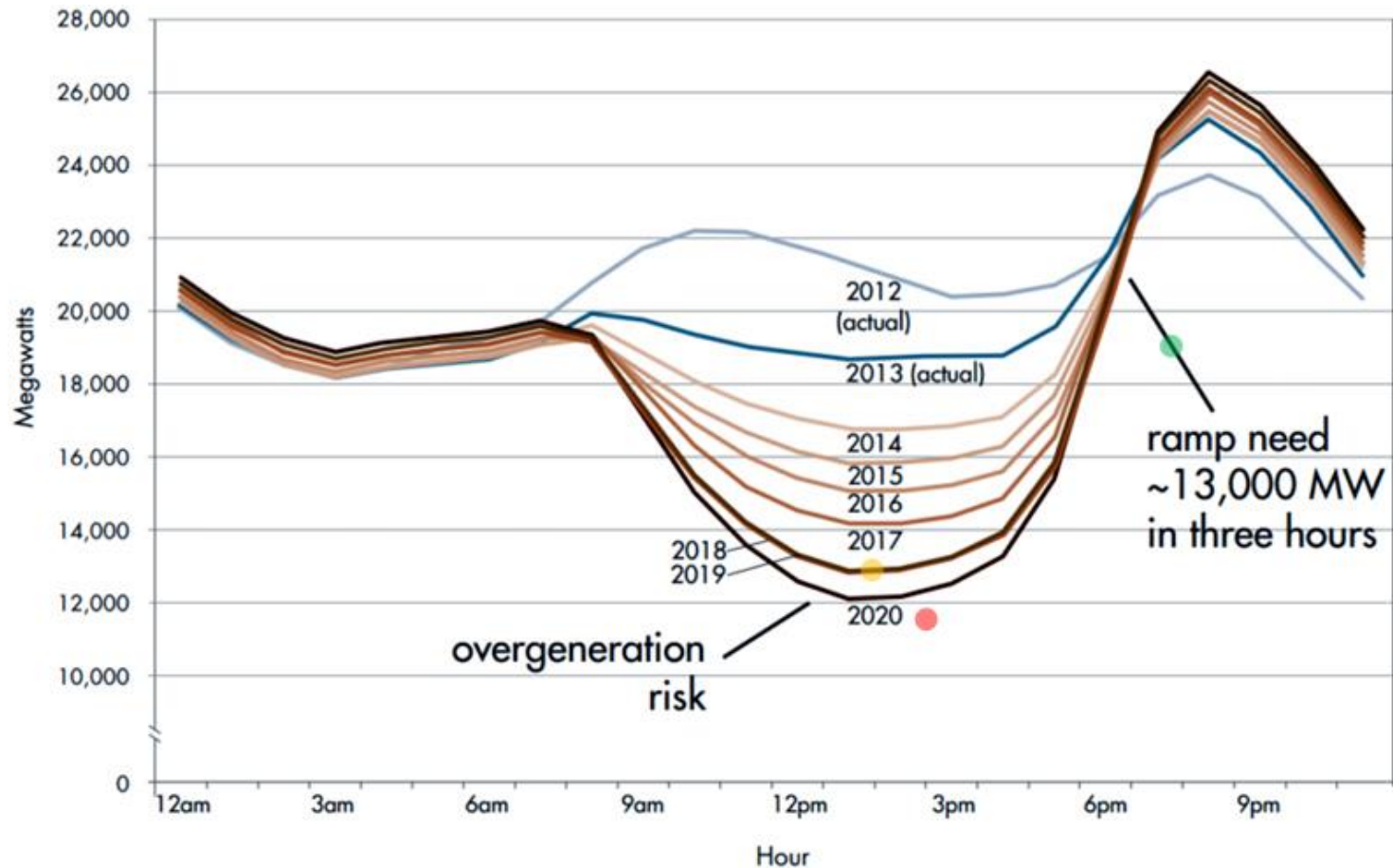
**При благоприятных для ВИЭ условиях образуется избыточная выработка, негативно влияющая на режимы энергосистем.**

Пока проблема решается передачей избыточной электроэнергии в соседние страны (Дания, Германия и др.) (Этот экстенсивный путь имеет пределы).

В ряде случаев избыточная генерация ВИЭ снижается либо отключается (эффективность 😞 😞 ).

Китай: избыток энергии ВЭУ, «запертый» из-за неготовности сетевой инфраструктуры, было решено использовать на электроотопление (эффективность 😞 ).

# «КАЛИФОРНИЙСКАЯ УТКА»

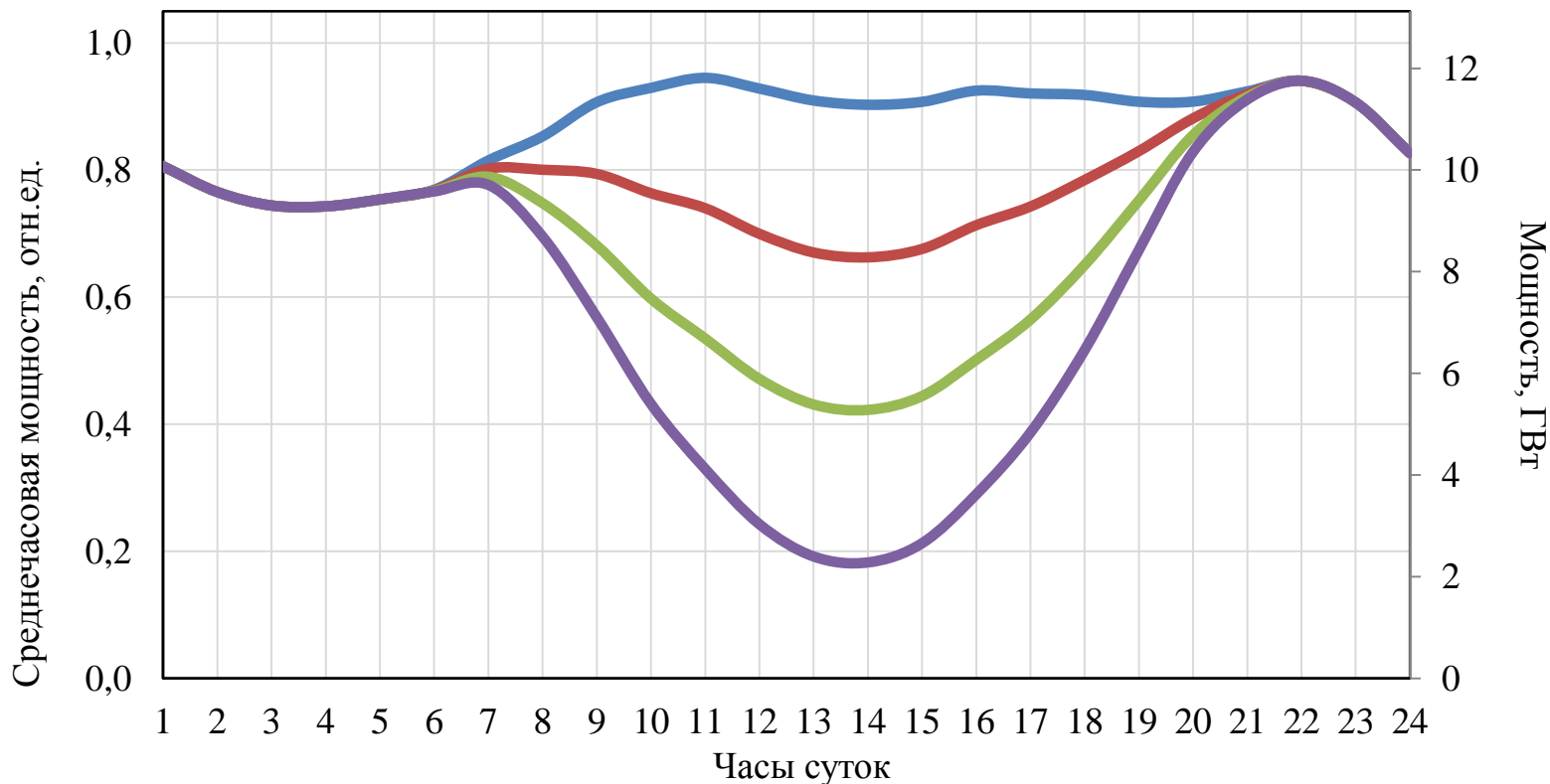


- - зафиксировано 13,0 ГВт, 21.02.2016 г.;
- - зафиксировано 11,7 ГВт, 15.05.2016 г.;
- - зафиксирован рост нагрузки 10,9 ГВт за 3 ч, 01.02.2016 г.

**Режим энергопотребления 31 марта, Калифорния**

*Источник: CAISO, 2013*

# «КАЛИФОРНИЙСКАЯ УТКА» ДЛЯ ОЭС ЮГА

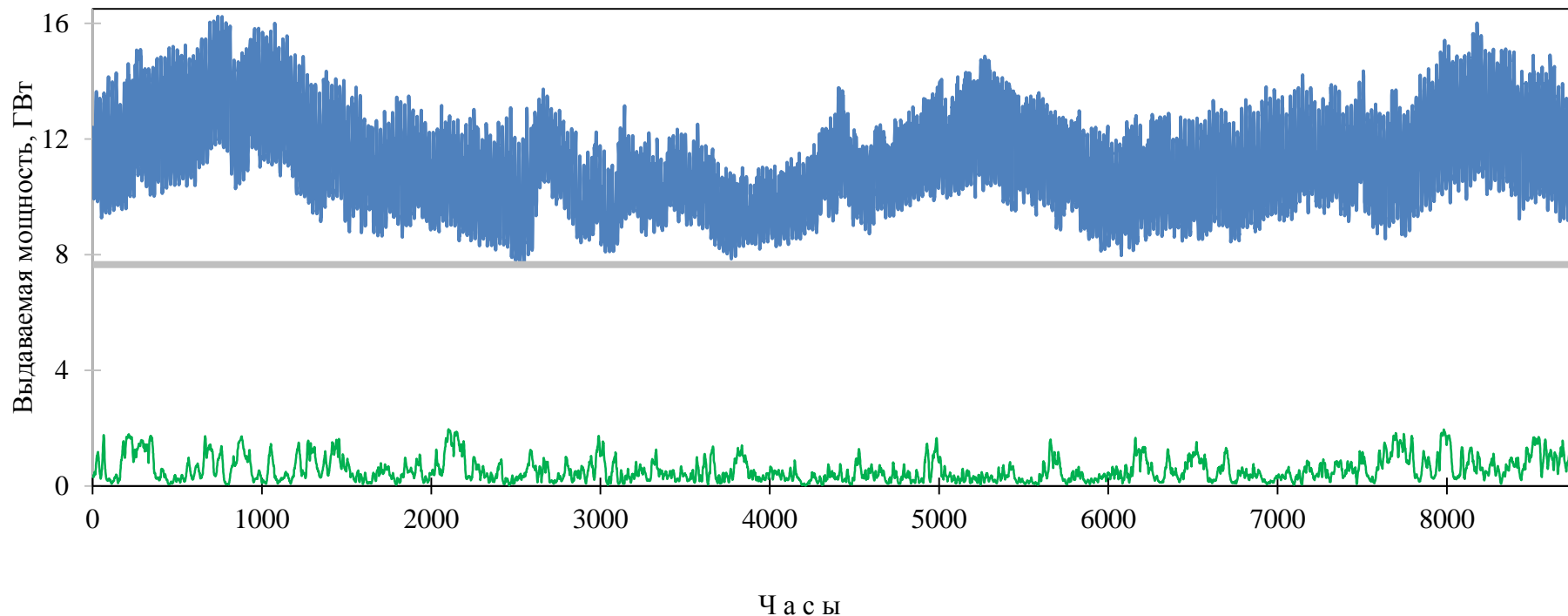


Доля СЭС в годовой выработке ОЭС, %:

— <1 (2017 г.)    — 5    — 10    — 15

Режим энергопотребления 15 июля

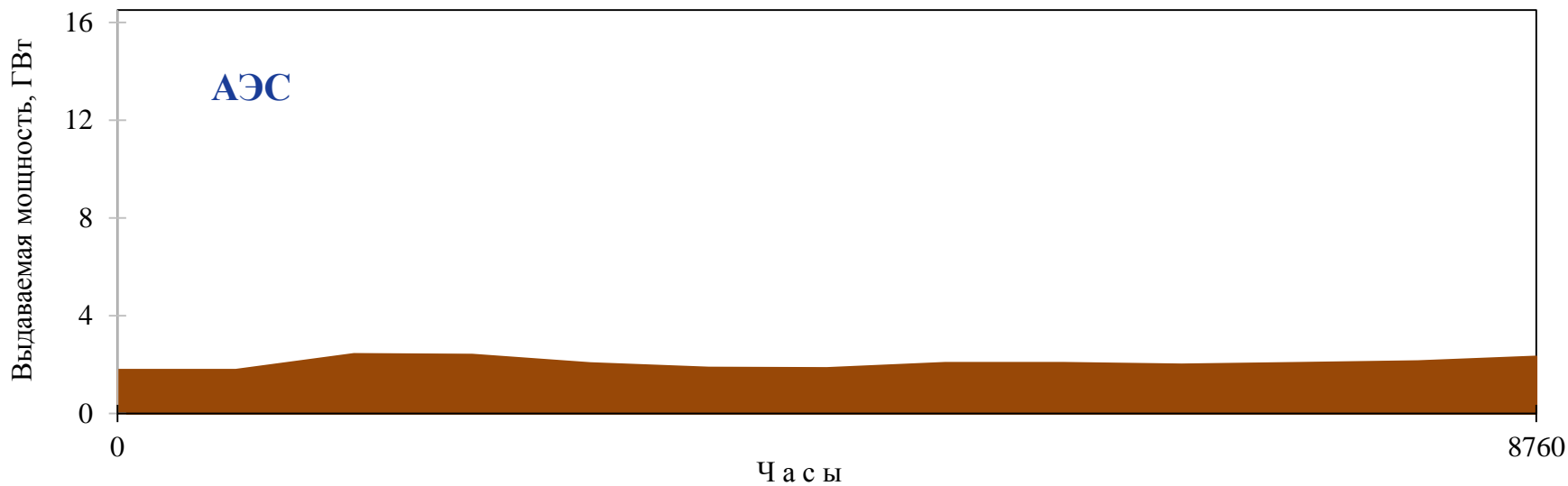
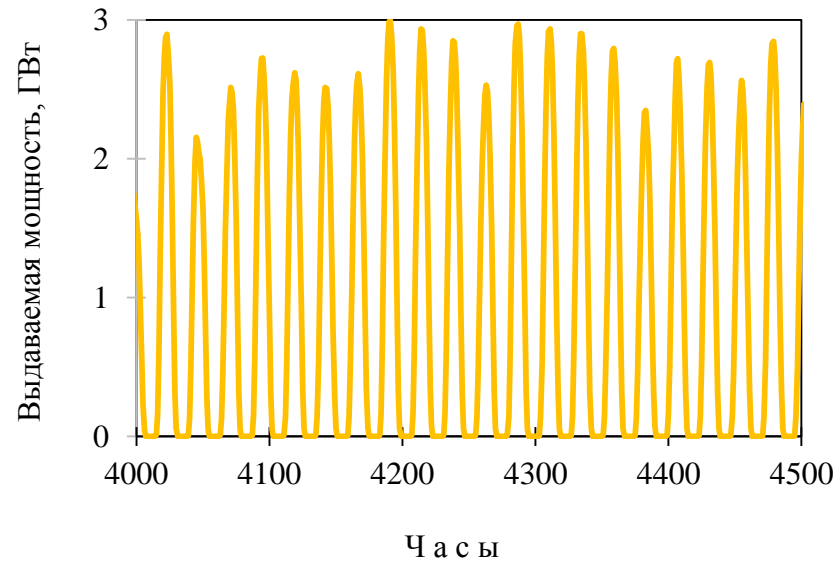
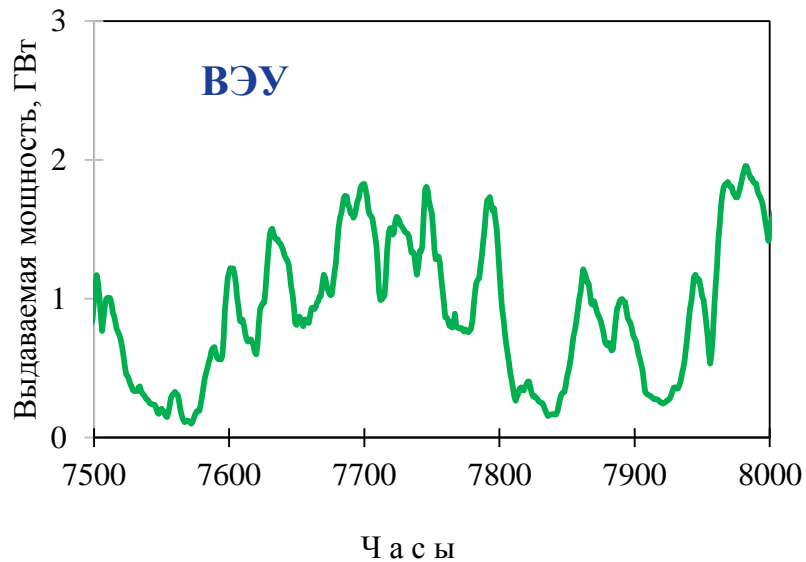
# ВЫРАБОТКА ОЭС ЮГА, 2017 Г.



- - суммарная выработка\*
- - базовая нагрузка
- - ВЭУ, при 5%-м вкладе в выработку ОЭС

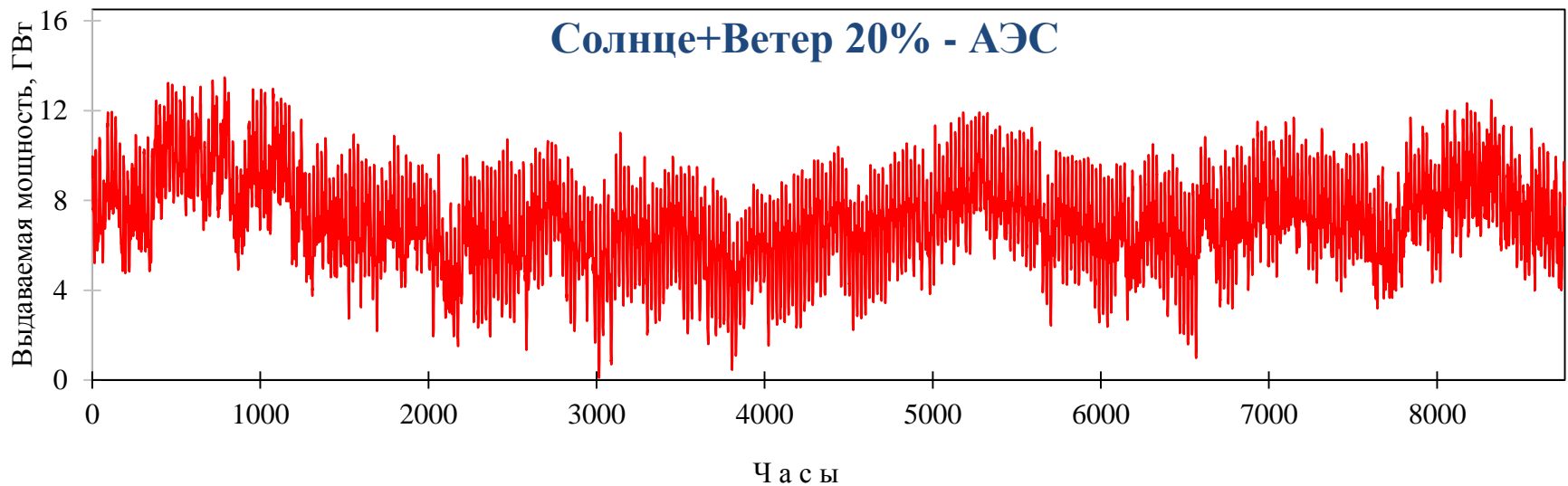
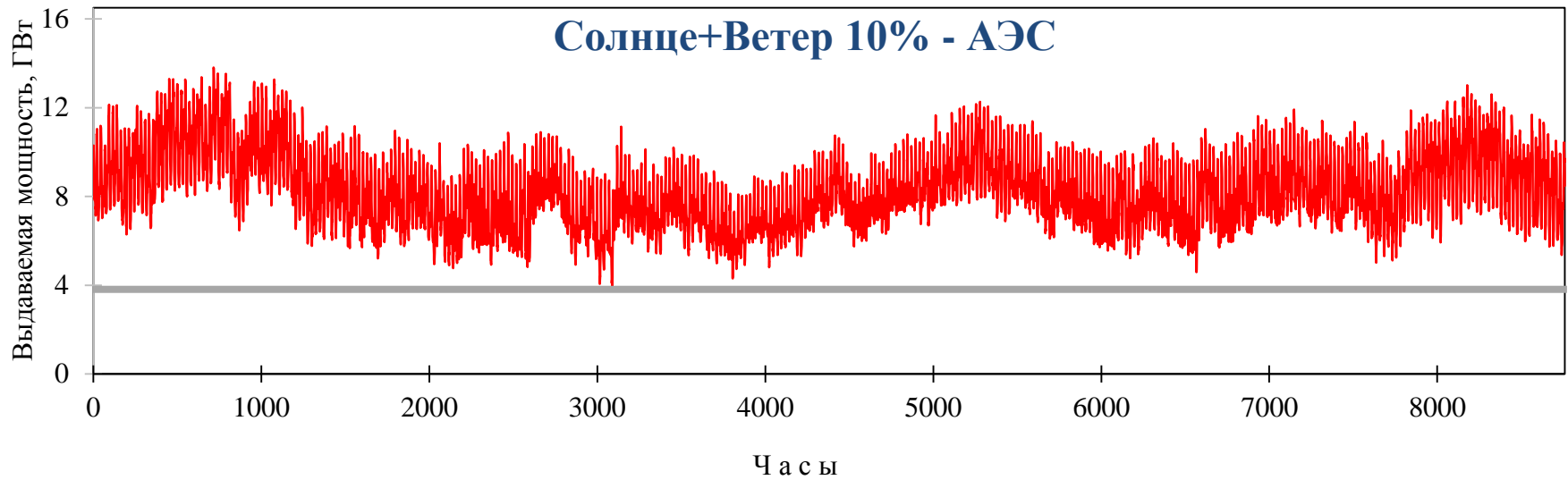
\* Источник данных: СО ЕЭС

# ГРАФИКИ ВЫДАЧИ МОЩНОСТИ ВЭУ, ФЭП И АЭС

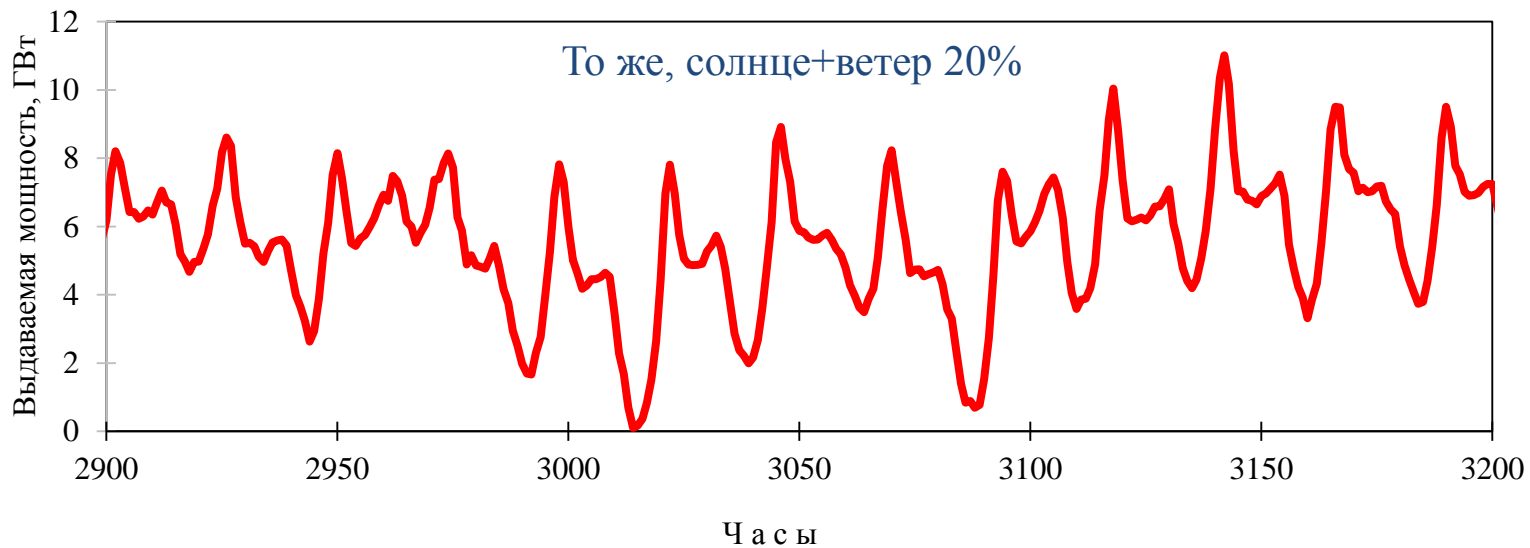
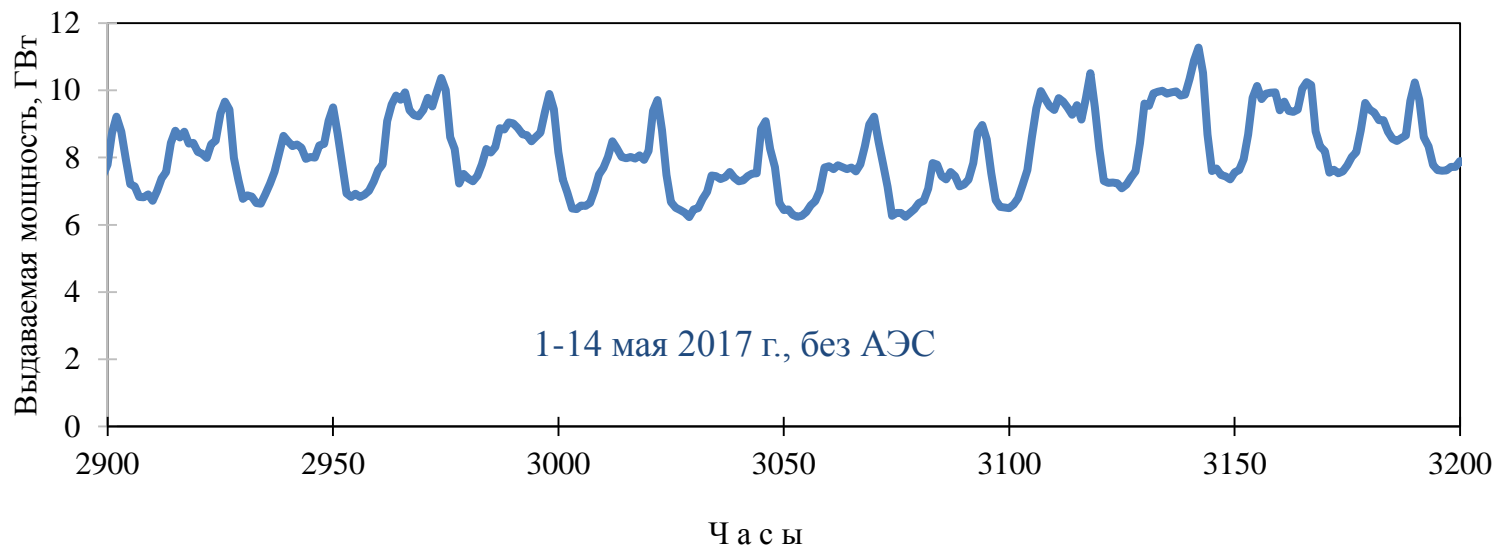




# ВЛИЯНИЕ МАССОВОГО ВНЕДРЕНИЯ ВИЭ НА ЗАГРУЗКУ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ



# РЕЖИМЫ ТЭС БЕЗ ВИЭ И ПРИ МАССОВОМ ВНЕДРЕНИИ ВИЭ



ОЭС	Установленная мощность ОЭС, ГВт	Установленная мощность АЭС, ГВт	Доля АЭС, %
ОЭС Центра	53,1	12,4	23,4
ОЭС Северо-Запада	23,9	5,8	24,1
ОЭС Юга	21,5	3,0	14,0
ОЭС Средней Волги	27,2	4,0	14,7
ОЭС Урала	52,7	1,5	2,8
ОЭС Сибири	51,9	0,0	0,0
ОЭС Востока	9,5	0,0	0,0

*Источники данных: СО ЕЭС, Росстат*

**Проект Энергостратегии-2035:**

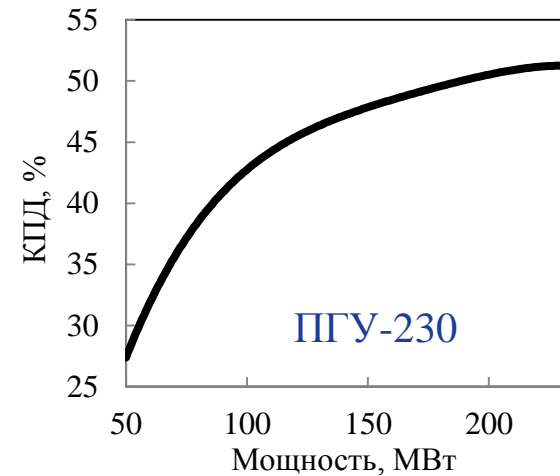
- общая установленная электрическая мощность возрастет на 13-16%;
- установленная мощность АЭС возрастет на 28-38%.

**Фактор влияния ВИЭ на базовую нагрузку будет усиливаться.**

- ❖ Снижение КИУМ
- ❖ Работа в неоптимальных режимах с пониженным КПД (см. рисунок)
- ❖ Дополнительный расход топлива на многочисленные пуски турбины
- ❖ Снижение надежности за счёт работы в переходных режимах, повышение затрат на ремонт
- ❖ Снижение эквивалентного ресурса и вследствие этого снижение времени до капремонта и полной замены блока

**Итог: Рост себестоимости  
вырабатываемой энергии**

**Аналогичные последствия для  
угольных ТЭС.**



Расчеты ОАО ВТИ для  
ПГУ-450:  
при ускоренном на 46 мин  
наборе мощности из  
остывшего состояния  
(70°C) по сравнению с  
график-заданием  
эквивалентная наработка  
разных элементов и узлов  
увеличивается на 13-68 ч  
на 1 пуск.

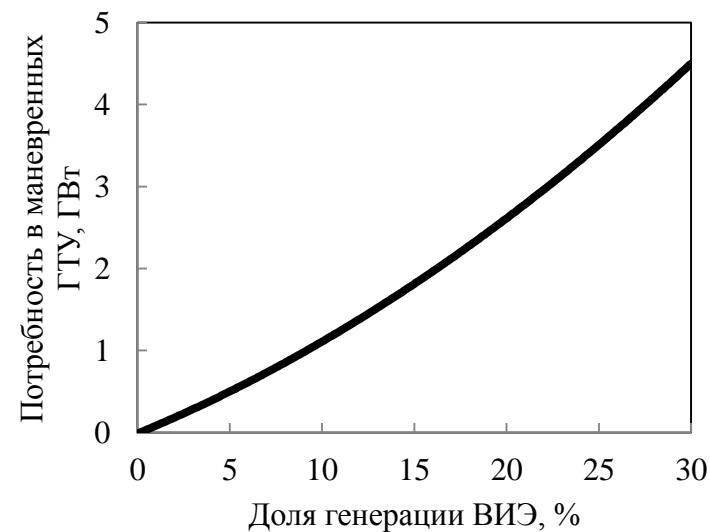
# МЕРЫ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ВИЭ НА ТРАДИЦИОННУЮ ГЕНЕРАЦИЮ



- ❖ Временное отключение избыточной генерации ВИЭ
- ❖ Технологии аккумулирования электроэнергии на уровне энергосистемы и потребителей
- ❖ Маневренные «балансирующие» электростанции – газотурбинные, газопоршневые (см. рисунок)
- ❖ Повышение маневренных характеристик ПГУ и современных угольных блоков, адаптация их к резко переменным графикам нагрузки; оптимизация графиков-заданий электростанций

**Экономия первичного топлива за счет ВИЭ снижается из-за его перерасхода на ТЭС.**

Интеграция в энергосистему мощных электрохимических накопителей - очень дорого + плохие массо-емкостные показатели, КПД, саморазряд, ресурс на число циклов



Работать ГТУ простого цикла будут с низким КИУМ, с низким КПД, в неэкономичных топливозатратных режимах.

- ❖ До некоторых пор "эффект масштаба" работает на снижение удельной стоимости ВИЭ. Однако при всё более массовом их внедрении и возрастающем вкладе в генерацию проявляются негативные системные эффекты, преодоление которых существенно повышает затраты на энергоснабжение. Это необходимо учитывать. "Эффект масштаба" начинает влиять на стоимость ВИЭ в сторону повышения.
- ❖ Необходим системный подход к развитию энергетики страны.
- ❖ Для устойчивого развития энергетики необходимо адаптивное развитие всех перспективных технологий генерации.

# **СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

**ДИЛЬМАН М.Д., ВЕДУЩИЙ НАУЧНЫЙ СОТРУДНИК, К.Т.Н.**

*inei1985@mail.ru*

