



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

© Авторское право принадлежит АО «СО ЕЭС»

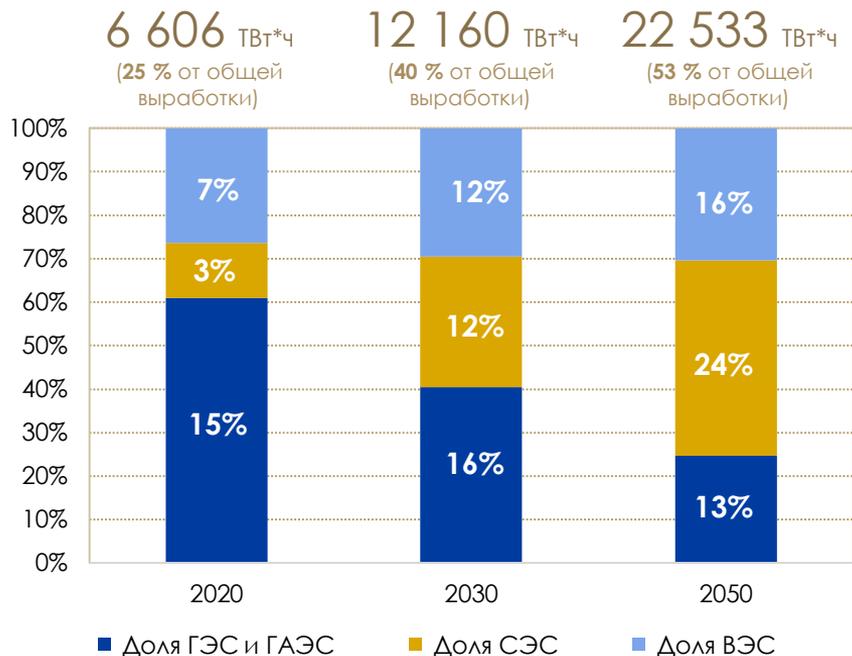
Об актуальных вопросах сотрудничества
государств-участников СНГ
в сфере возобновляемой энергетики
с учетом вопросов энергетической безопасности

Опадчий Федор Юрьевич

Председатель Правления АО «СО ЕЭС», Председатель КОТК

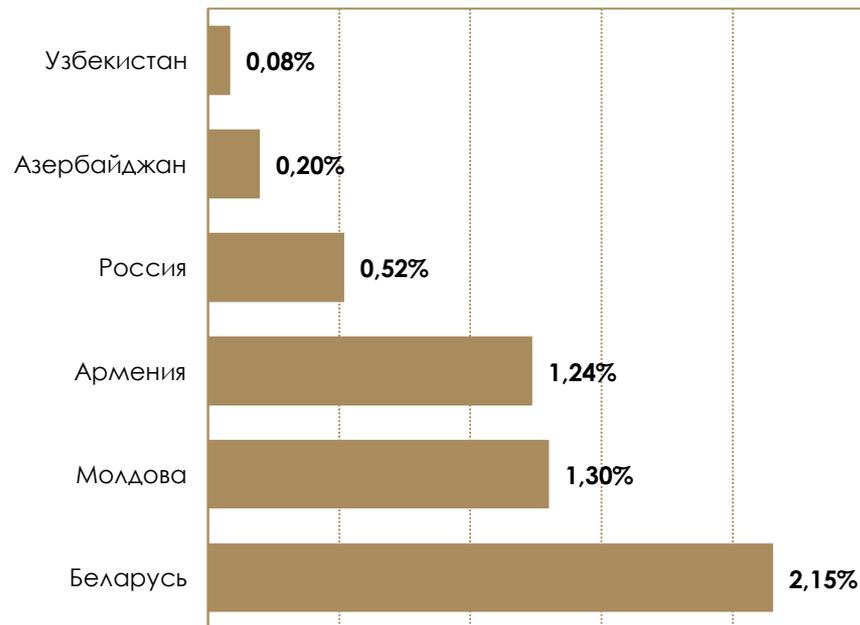


Факт/Прогноз структуры выработки ВИЭ-генерации в мире*



* По данным IEA International Energy Outlook 2021 (IEO2021)

Доля СЭС, ВЭС в производстве электроэнергии в странах СНГ в 2021 г.**



** По данным «Электроэнергетика Содружества Независимых Государств» за 2021 г.



Доля СЭС, ВЭС в производстве электроэнергии в 2020 и 2021 гг.*



Первый этап**
выработка до 3 %

Мощности ВИЭ не оказывают влияния на систему. Отклонения СЭС и ВЭС незаметны на фоне иных отклонений (флуктуации потребления, аварийность сетевого и генерирующего оборудования). Изменений основных рыночных механизмов и технологий управления не требуется

Задачи, требующие решения – разработка технических требований к объектам ВИЭ и требований по их присоединению к энергосистеме

Второй этап
выработка 3–13 %

Влияние ВИЭ становится заметным. Регулирующие электростанции в дополнение к компенсации традиционных для энергосистемы отклонений должны эффективно уравнивать изменения нагрузки ВИЭ

Задачи, требующие решения – изменение процедур управления и рыночных механизмов, создание системы прогнозирования мощности ВИЭ

Третий этап
выработка 13–25 %

Влияние ВИЭ ощущается как с точки зрения общей работы системы, так и с точки зрения режимов работы каждой из электростанций.

Задачи, требующие решения – повышение «гибкости» энергосистемы за счет сетевого строительства и/или привлечения дополнительных ресурсов регулирования, качество прогнозов нагрузки ВИЭ становится принципиально важным для эффективной работы системы

Четвёртый этап
выработка более 25 %

ВИЭ становится одним из основных видов генерации в энергосистеме.

Требуется решение принципиально новых задач. Увеличение доли асинхронизированной генерации требует создания технологий обеспечения стабильности и поддержания синтетической инерции, значительные объемы ВИЭ у конечных потребителей требуют создания специальных систем регулирования напряжения и устранения перегрузок в распределительных сетях

* По данным Statistical Review of World Energy 2021 & 2022 | 70th & 71st ed.

** Деление на этапы дано на основании результатов исследований Международного энергетического агентства

ВИЭ в ЕЭС России: объемы и неравномерность размещения

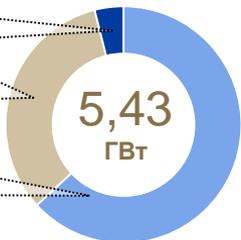
Программа поддержки ДПМ ВИЭ-1

(2014–2024 годы)

ГЭС
0,2 ГВт - 4%

СЭС
1,79 ГВт - 33%

ВЭС
3,43 ГВт - 63%



3 726 МВт

Фактически
введено
на 01.07.2022

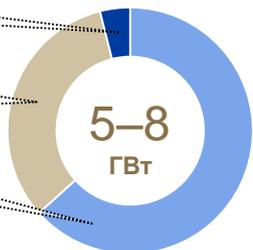
Программа поддержки ДПМ ВИЭ-2

(2025–2030 годы)

ГЭС

СЭС

ВЭС

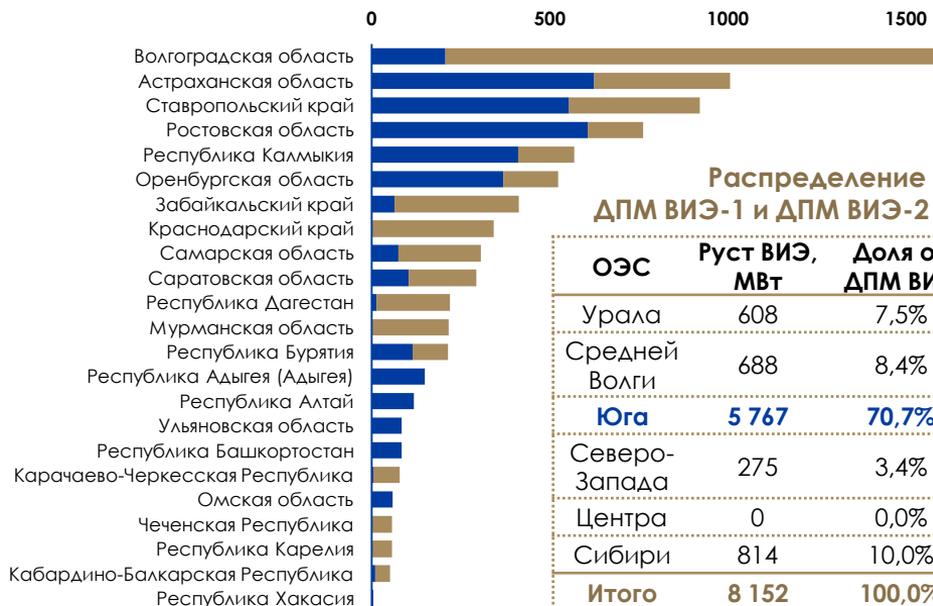


отобрано на
2023 – 2027

2 626 МВт

Фактические и плановые вводы объектов ДПМ ВИЭ-1 и ДПМ ВИЭ-2

■ Фактические объемы ввода ВИЭ, МВт ■ Плановые объемы ввода ВИЭ, МВт



Распределение ДПМ ВИЭ-1 и ДПМ ВИЭ-2 по ОЭС

ОЭС	Руст ВИЭ, МВт	Доля от ДПМ ВИЭ	ВИЭ/ТЭС
Урала	608	7,5%	1,4%
Средней Волги	688	8,4%	4,5%
Юга	5 767	70,7%	46,7%
Северо-Запада	275	3,4%	3,1%
Центра	0	0,0%	0,0%
Сибири	814	10,0%	3,3%
Итого	8 152	100,0%	5,8%

К 2030 году доля объектов ВИЭ, работающих в составе ЕЭС России, составит 10–13 ГВт.

В отдельных частях ЕЭС установленная мощность СЭС/ВЭС будет соизмерима с объемами традиционной генерации.

В ОЭС Юга доля СЭС/ВЭС составит 14 % от выработки - **3 (!) этап** развития ВИЭ по классификации МЭА





Полные затраты на развитие и интеграцию ВИЭ в энергосистему

СТОИМОСТЬ ОБЪЕКТА ТРАДИЦИОННОЙ ГЕНЕРАЦИИ ДЛЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

 Стоимость объекта 

+

 Стоимость развития сети
для выдачи мощности данного
объекта

СТОИМОСТЬ ВВОДА СЭС И ВЭС ДЛЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ (СТОИМОСТЬ ВИЭ ДЛЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ ≠ Σ СТОИМОСТИ ОБЪЕКТОВ СЭС/ВЭС)

 Стоимость объектов  +  Стоимость схемы выдачи мощности

Дополнительные затраты

-  Развитие сети для обеспечения резервирования и компенсации разнонаправленных отклонений СЭС и ВЭС
-  + Поддержание (покупка) резервов на длительные периоды для компенсации снижения нагрузки ВЭС в период безветрия и резервов суточного регулирования для компенсации планового снижения нагрузки СЭС в вечерние часы
-  + Поддержание (покупка) быстрых резервов для компенсации внутри часовой неравномерности выдачи мощности СЭС и ВЭС и изменения нагрузки между часами
-  + Создание систем прогнозирования нагрузки СЭС и ВЭС
-  + Модернизация средств управления энергосистемой для работы с большим количеством мелких объектов



Чем выше доля СЭС/ВЭС в балансе энергосистемы, тем выше стоимость интеграционных решений

Наличие межсистемных связей позволяет снизить затраты на интеграцию ВИЭ, в том числе за счет использования маневренных мощностей в смежных энергосистемах (частях энергосистемы)



Системные требования к ВЭС и СЭС в синхронной зоне



В КОТК ведется разработка с плановым сроком утверждения в **2023** году
«Основных технических требований к объектам генерации, функционирующим на основе использования ВИЭ, работающим в составе энергосистем»

ДОКУМЕНТ НАПРАВЛЕН НА:

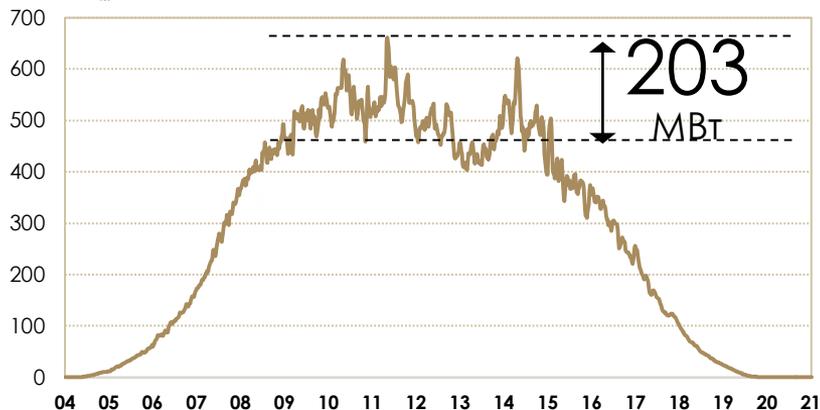
- **Обеспечение надежности функционирования ЭС:**
 - Требования к допустимой длительности работы в различных диапазонах частот
 - Требования к допустимой длительности работы в различных диапазонах напряжения
 - Требования к обеспечению устойчивости
 - Требования к синхронизации
 - Требования к автоматизированной системе управления технологическим процессом
- **Поддержание допустимых параметров электроэнергетического режима ЭС автоматически и по командам диспетчера:**
 - Требования к участию в регулировании активной мощности
 - Требования к участию в регулировании реактивной мощности
- **Повышение качества регулирования частоты в ЭС:**
 - Требования к участию в общем первичном регулировании частоты



Суточная и часовая неравномерность нагрузки ВИЭ ОЭС Юга



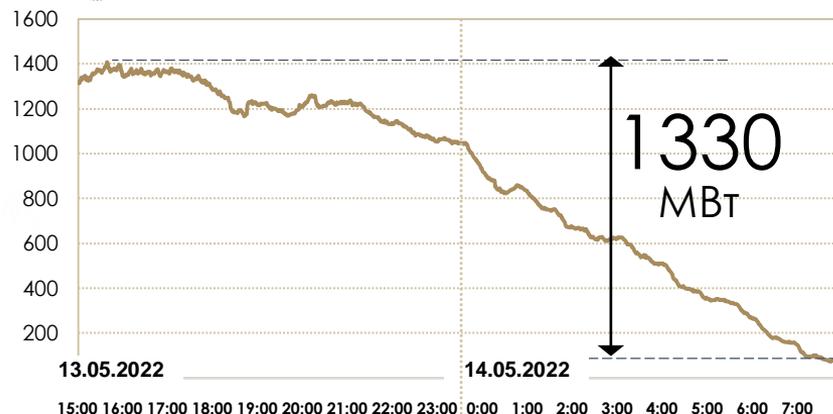
Внутричасовая неравномерность нагрузки СЭС



Генерация СЭС ОЭС Юга 23 мая 2022 г.



Внутрисуточная неравномерность нагрузки ВЭС



Генерация ВЭС ОЭС Юга 13–14 мая 2022 г.

При увеличении в ОЭС Юга мощности СЭС и ВЭС до 10 ГВт неравномерность нагрузки ВИЭ внутри часа может превысить 1 ГВт, между часами 2-3 ГВт



Негарантированный режим работы СЭС и ВЭС требует поддержания в соответствующем объеме резервов активной мощности и резервов пропускной способности сети

Работа ВИЭ в национальных энергосистемах будет влиять на параллельно работающие энергосистемы и должна взаимно учитываться

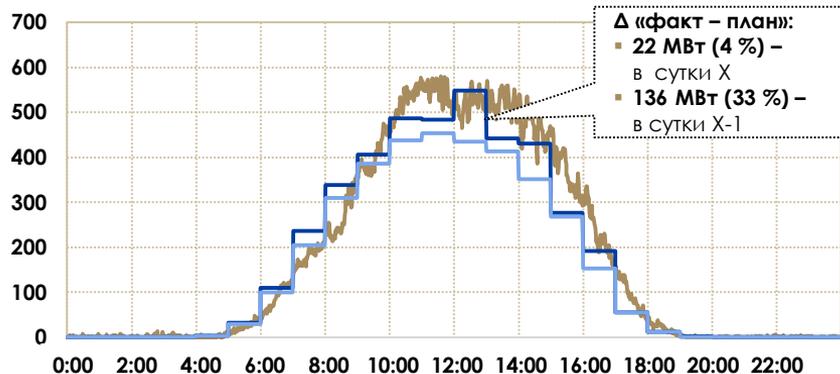


Точность заявляемой нагрузки ВИЭ (ОЭС Юга)



Заявленная нагрузка СЭС

в сутки X-1 и в сутки поставки (10.05.2022)



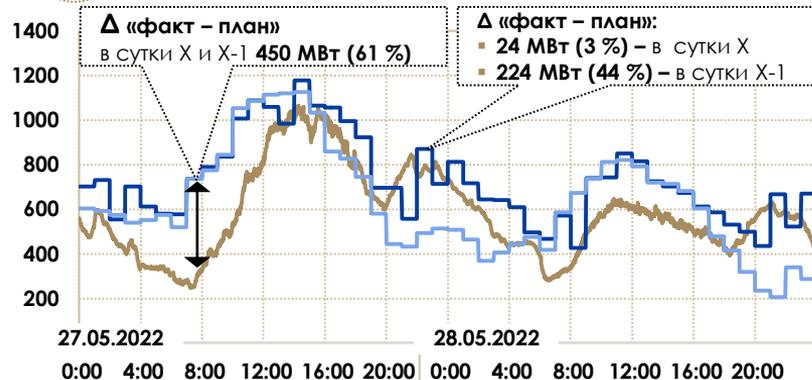
Точность прогноза нагрузки СЭС по ОЭС Юга

— Фактическая нагрузка СЭС ОЭС Юга
— Заявленная нагрузка внутри суток
— Заявленная нагрузка в сутки X-1



Заявленная нагрузка ВЭС

в сутки X-1 и сутки поставки (27–28.05.2022)



Точность прогноза нагрузки ВЭС по ОЭС Юга

— Фактическая нагрузка ВЭС ОЭС Юга
— Заявленная нагрузка внутри суток
— Заявленная нагрузка в сутки X-1

- **Точность прогнозирования** – ключевой фактор, определяющий требуемые объёмы резервирования активной мощности и пропускной способности сети
- При росте объемов ВИЭ в ОЭС Юга до 10 ГВт и отсутствии системы прогнозирования, **отклонения фактической нагрузки ВИЭ от плановой будут достигать 1,5 ГВт**, что означает необходимость постоянного поддержания дополнительного резерва на соответствующую величину



Параллельная работа энергосистем с системно значимыми объемами ВИЭ требует координации подходов к прогнозированию выработки ВИЭ



РАЗВИТИЕ СИСТЕМ АВРЧМ, ПРОТИВОАВАРИЙНОГО И ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ:

- **Система автоматического регулирования частоты и перетоков мощности (АВРЧМ)** позволяет поддерживать перетоки в зоне допустимых значений, в т.ч. при колебаниях нагрузки ВИЭ. Подключение объектов ВИЭ к АВРЧМ позволяет максимизировать выработку ВИЭ при наличии сетевых ограничений
- **Централизованная система противоаварийной автоматики (ЦСПА)** позволяет минимизировать величину управляющих воздействий, в т.ч. на объекты ВИЭ, при аварийных возмущениях в энергосистеме
- **Автоматизированная система доведения диспетчерских графиков** позволяет управлять режимом работы большого количества объектов малой мощности

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ, ПОВЫШАЮЩИХ ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СЕТИ:

- **Системы мониторинга запаса устойчивости, комплексы, предназначенные для определения величин МДП в режиме реального времени**, позволяют обеспечить более полное использование пропускной способности электрической сети при выполнении нормативных требований к устойчивости энергосистем
- **Применение дистанционного управления коммутационным оборудованием на объектах электроэнергетики** позволяет существенно снизить продолжительность производства оперативных переключений, в результате чего сокращается время вводимых режимных ограничений для производства указанных переключений

БЫСТРЫЕ РЫНКИ:

- **Рыночные механизмы**, предусматривающие на краткосрочных (в т.ч. внутрисетевых) периодах торговлю электроэнергией, вырабатываемой с участием генерации ВИЭ, позволяют более эффективно использовать как ресурс самих ВИЭ, так и регулировочные способности энергосистемы
- **Рынок системных услуг**, обеспечивающий возможность на рыночных условиях привлекать поставщиков услуг к участию в нормированном первичном регулировании частоты (НПРЧ) и автоматическом вторичном регулировании частоты и перетоков мощности (АВРЧМ)



Появление значимых объемов ВЭС и СЭС в параллельно работающих энергосистемах требует:

- совместной разработки наднациональных технических требований к работе объектов ВИЭ в составе энергосистем и установление обязательности их выполнения на национальном уровне
- создания систем прогнозирования нагрузки ВИЭ для целей краткосрочного планирования
- проработки вопросов обеспечения взаимного резервирования неравномерности нагрузки объектов ВИЭ



Реализация национальных планов по вводу ВИЭ будет оказывать влияние на режимы работы параллельно работающих энергосистем, в этой связи целесообразно:

- Обеспечить возможность формирования национальных планов развития энергосистем с учетом планов развития ВИЭ в смежных энергосистемах - организовать сбор и анализ информации о фактических режимах работы введенных объектов ВИЭ и реализуемых странами планах по вводу новых объектов



Предложения для включения в протокол



Поручить **Рабочей группе ЭЭС СНГ по низкоуглеродному развитию электроэнергетики** организовать сбор информации и представление регулярных обзоров об эксплуатируемых объектах ВИЭ и планах по вводу в эксплуатацию в энергосистемах нового генерирующего оборудования на основе ВИЭ



Организовать **изучение на площадке КОТК мирового опыта и применяемых в энергосистемах стран СНГ методик прогнозирования выработки электроэнергии на объектах, функционирующих на основе ВИЭ**, а также провести анализ возможности использования единых подходов к оперативному прогнозированию нагрузки объектов ВИЭ (на периодах от 1 до 48 часов)



Обеспечить **внедрение на национальном уровне** согласованных в рамках формируемой нормативно-технической базы КОТК **технических требований к работе объектов ВИЭ в составе энергосистемы**



СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

© Авторское право принадлежит АО «СО ЕЭС»



www.so-ups.ru

Оперативная информация о работе ЕЭС России

Спасибо за внимание!

Опадчий Федор Юрьевич

Председатель Правления АО «СО ЕЭС», Председатель КОТК