

Системы накопления электрической энергии

Подходы к оценке проектов



Глеб
Нестеренко



Викентий
Мельников

ООО «Системы накопления энергии»

Содержание



1. Введение
2. Направления применения СНЭЭ*
3. Развитие рынка СНЭЭ
4. Оценка проектов СНЭЭ



* СНЭЭ – система накопления электрической энергии (ГОСТ Р 58092.1-2018)

ВВЕДЕНИЕ

Основная терминология



Согласно ГОСТ Р 58092.1-2018 «Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Термины и определения»:

Накопитель электрической энергии (НЭЭ): устройство, способное поглощать электрическую энергию, хранить ее в течение определенного времени и отдавать электрическую энергию обратно, в ходе чего могут происходить процессы преобразования энергии.



Пример НЭЭ:
LFP-аккумулятор

Система накопления электрической энергии (СНЭЭ): установка с определенными границами, подключенная к электрической сети, включающая как минимум один накопитель электрической энергии, которая извлекает электрическую энергию из электроэнергетической системы, хранит эту энергию внутри себя в какой-либо форме и отдает электрическую энергию обратно в электроэнергетическую систему и которая включает в себя инженерные сооружения, оборудование преобразования энергии и связанное с ними вспомогательное оборудование.

Обычно СНЭЭ включает в себя несколько НЭЭ (аккумуляторов или др.) и множество иных элементов.

Национальные стандарты РФ в области СНЭЭ



Серия ГОСТ Р 58092 «Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ)»
на основе серии МЭК 62933

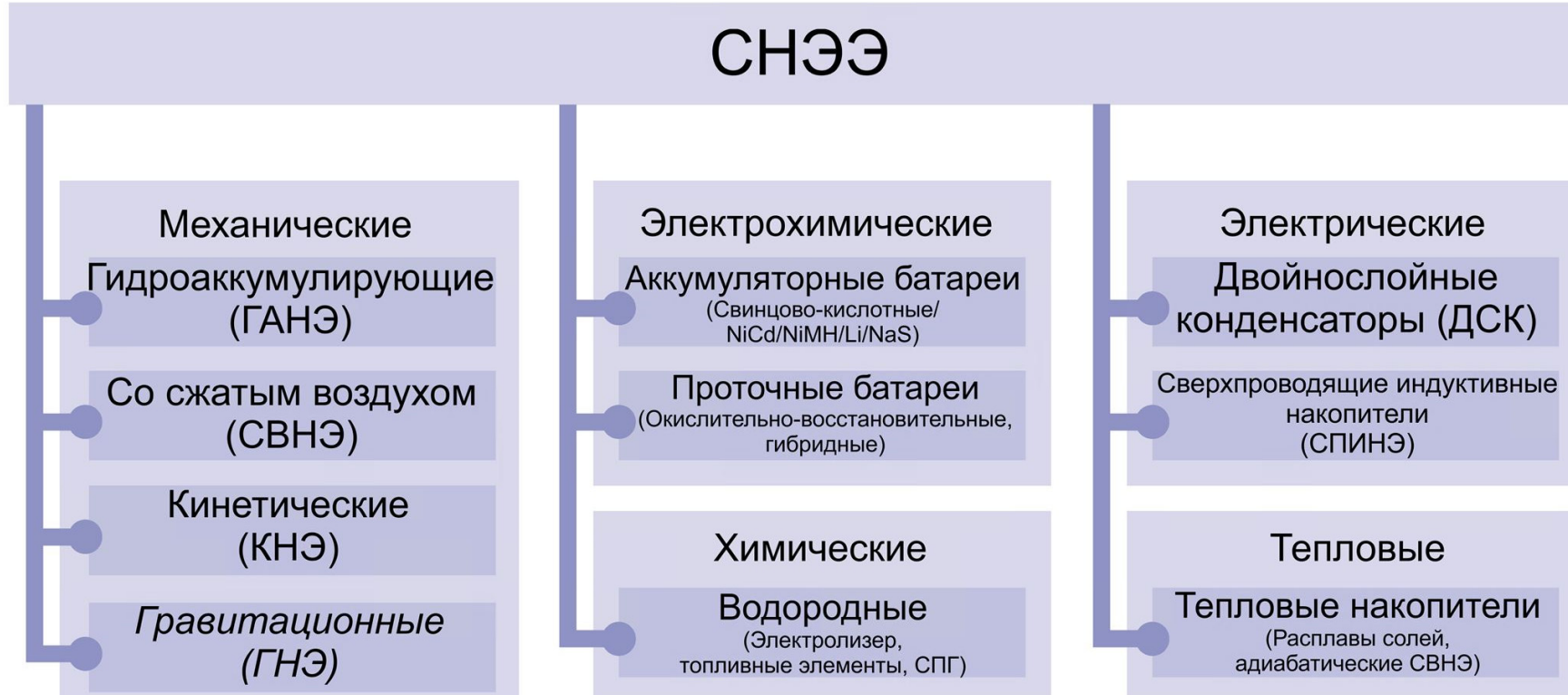


Обозначение	Наименование	Статус
ГОСТ Р 58092.1-2018	Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Термины и определения	Действует с марта 2019
ГОСТ Р 58092.5.1-2018	Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Безопасность систем, работающих в составе сети. Общие требования	Действует с марта 2019
ГОСТ Р 58092.2.1-2020	Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Параметры установок и методы испытаний. Общее описание	Действует с ноября 2020
ГОСТ Р 58092.3.1-2020	Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Проектирование и оценка рабочих параметров. Общие требования	Действует с ноября 2020

Классификация СНЭЭ по типам НЭЭ



Согласно ГОСТ Р 58092.2.1-2020 «Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Параметры установок и методы испытаний. Общее описание»:



Архитектура СНЭЭ

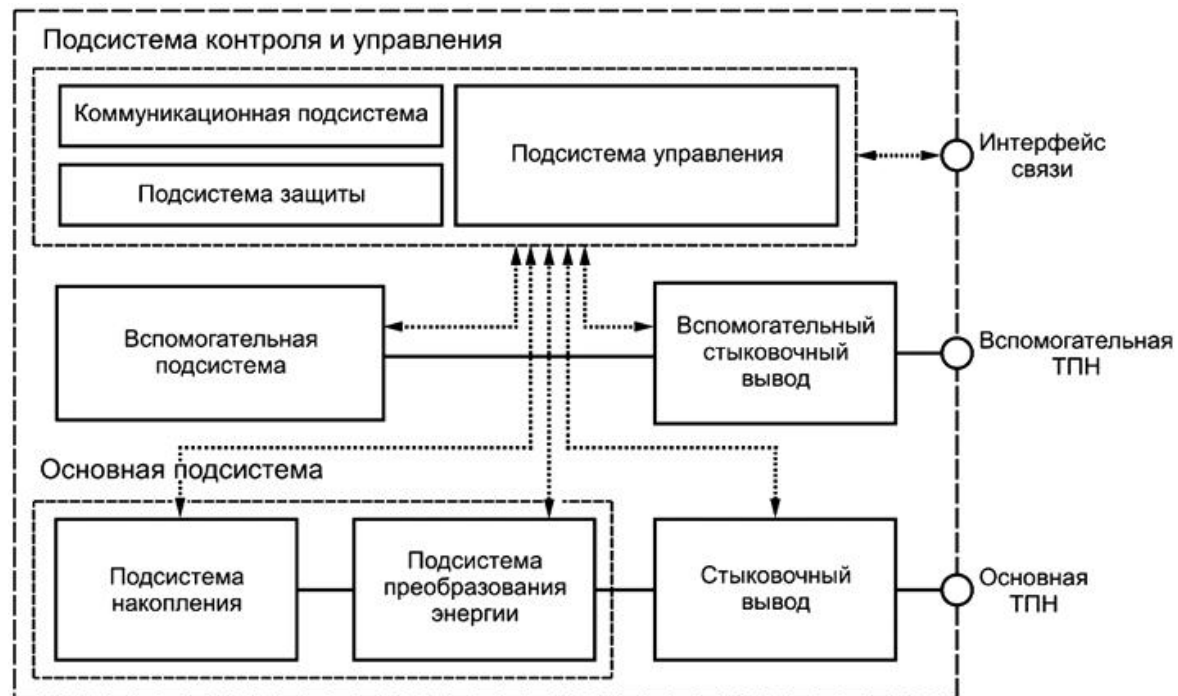


Согласно ГОСТ Р 58092.1-2018 «Системы накопления электрической энергии (СНЭЭ). Термины и определения»:

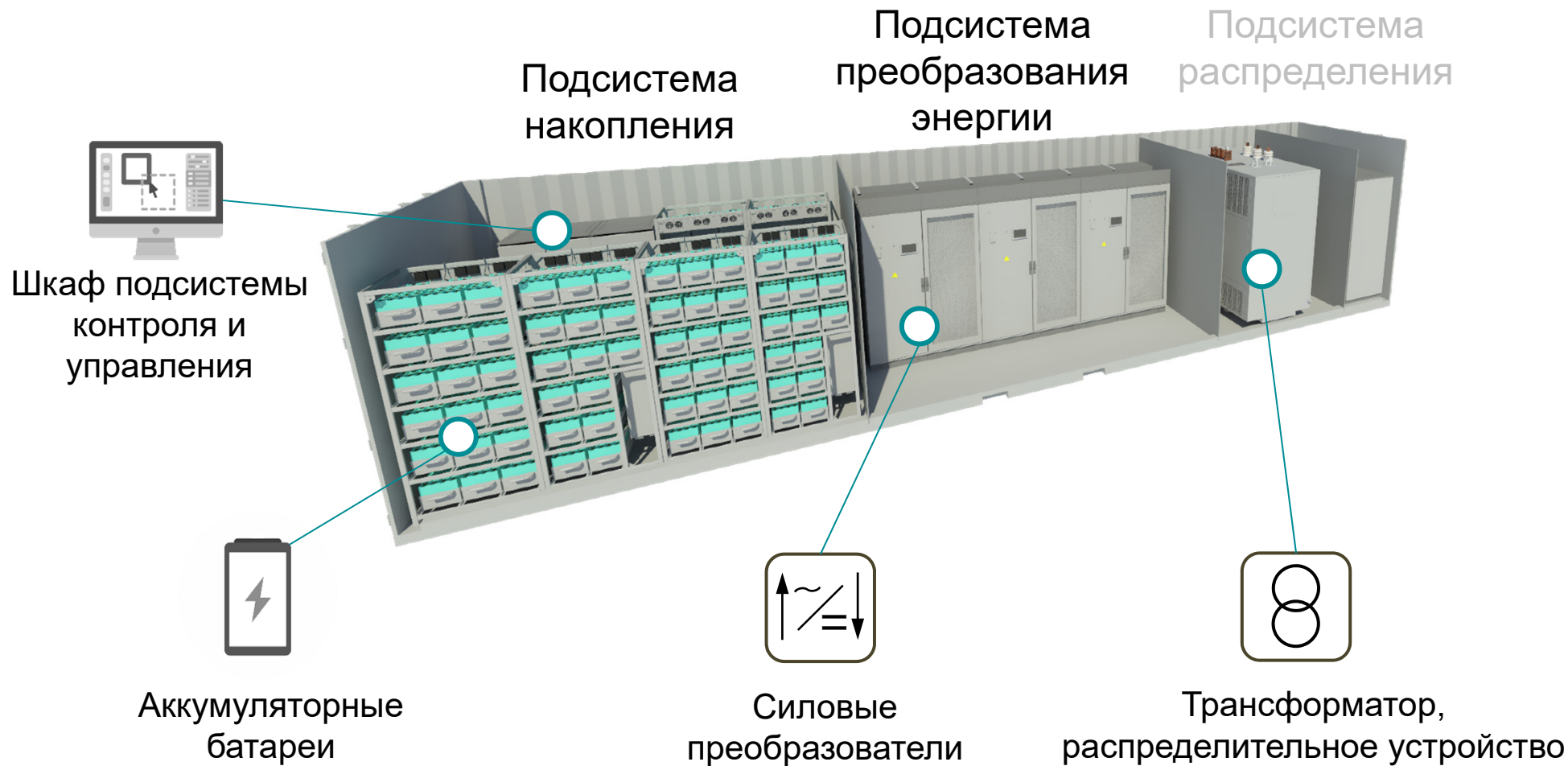
С одной точкой подключения к сети (ТПН)



С двумя ТПН



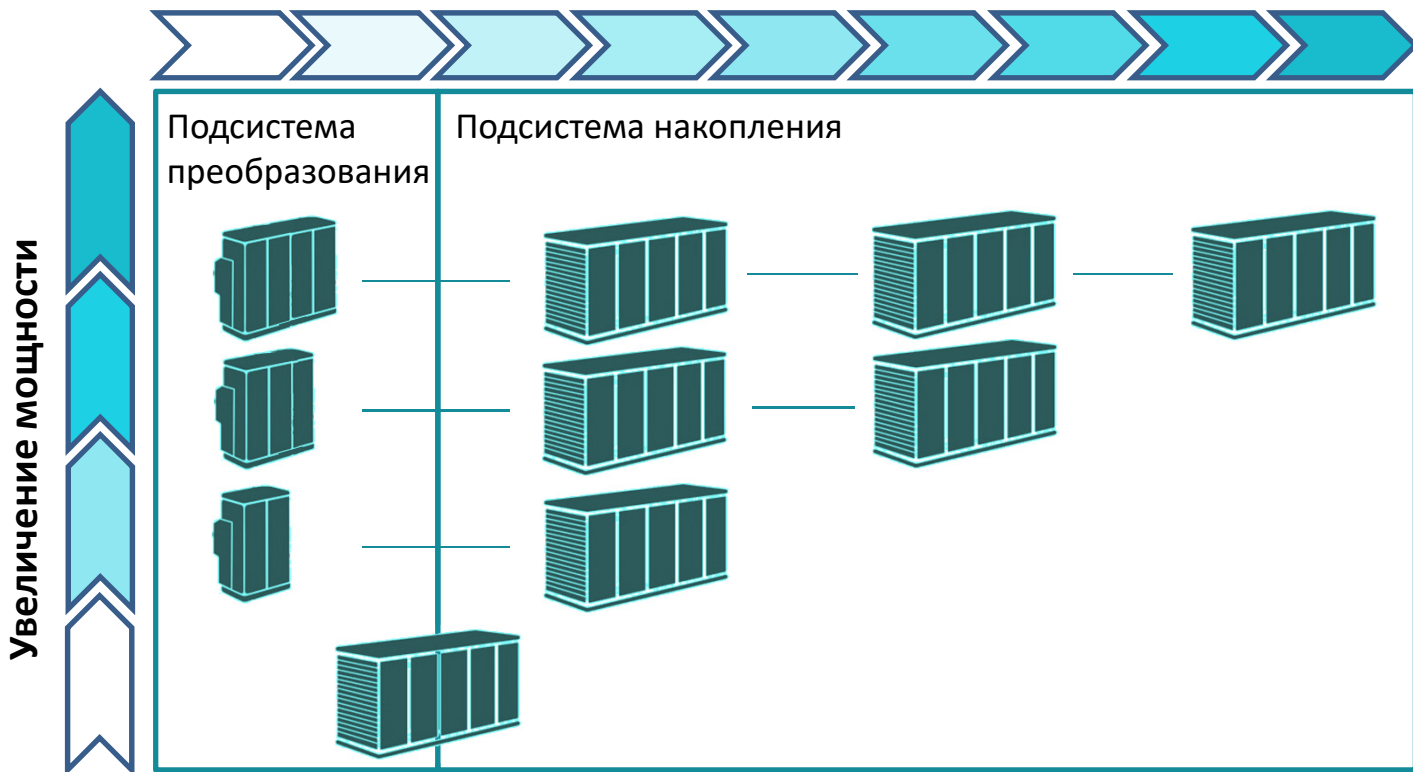
Пример размещения подсистем СНЭЭ в оболочке



Масштабирование СНЭЭ



Увеличение энергоёмкости



Tesla Hornsdale Power Reserve
100 MVA 129 MВт·ч

Функционал СНЭЭ

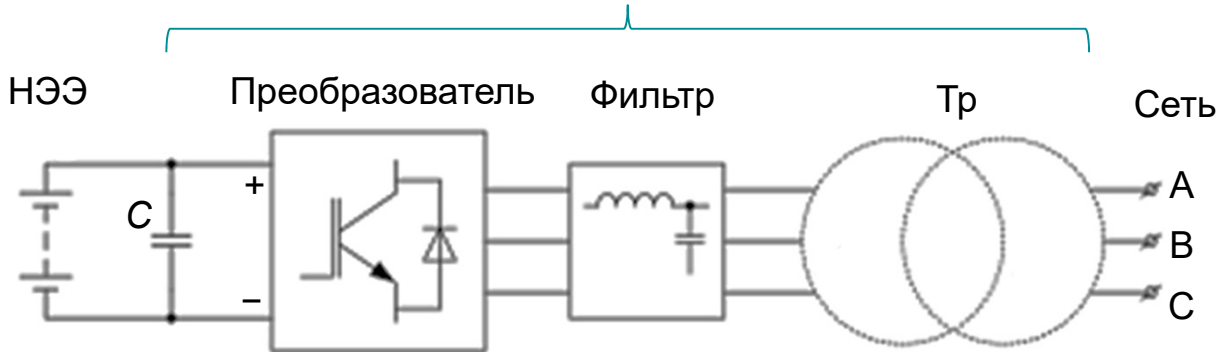


Основные функции СНЭЭ:

1. Выдача или потребление активной мощности;
2. Выдача или потребление реактивной мощности;
3. Компенсация несимметрии;
4. Компенсация несинусоидальности.



При управлении реактивной мощностью энергия накопителей не используется (задействуется преобразователь и конденсатор в его составе)



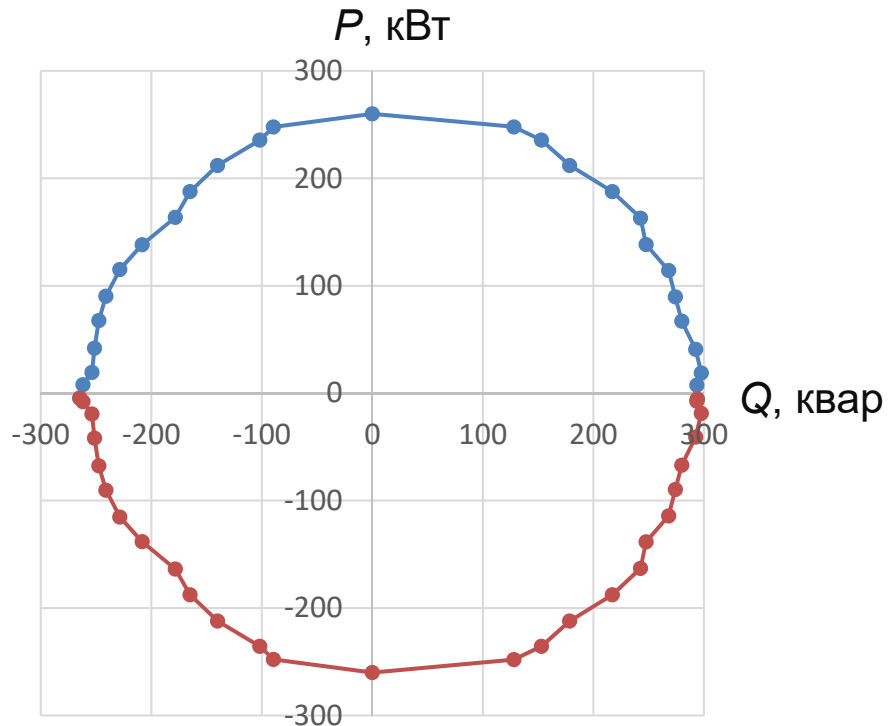
Функция ≠ Направление применения СНЭЭ:

- Набор основных функций СНЭЭ ограничен списком из 4 позиций;
- Количество возможных направлений применения СНЭЭ практически не ограничено.

Пример:

Используя функцию «Выдача и потребление активной мощности» можно найти множество направлений применения СНЭЭ: выравнивание графика нагрузки, регулирование частоты, интеграция ВИЭ, бесперебойное питание и др.

Пример PQ-диаграммы СНЭЭ



Положительное значение – выдача
Отрицательное значение – потребление

На практике функционал СНЭЭ определяется особенностями преобразователя и системы управления:

- Как правило, предусмотрено одновременное управление активной и реактивной мощностью в соответствии с PQ-диаграммой;
- В отдельных случаях предусмотрено независимое управление по фазам, например, для компенсации несимметрии токов или напряжений.

Параметры аккумуляторов



Ёмкость аккумулятора:

C , А·ч

Степень заряженности:

SoC, о.е. или %

(State of Charge)

Глубина разряда:

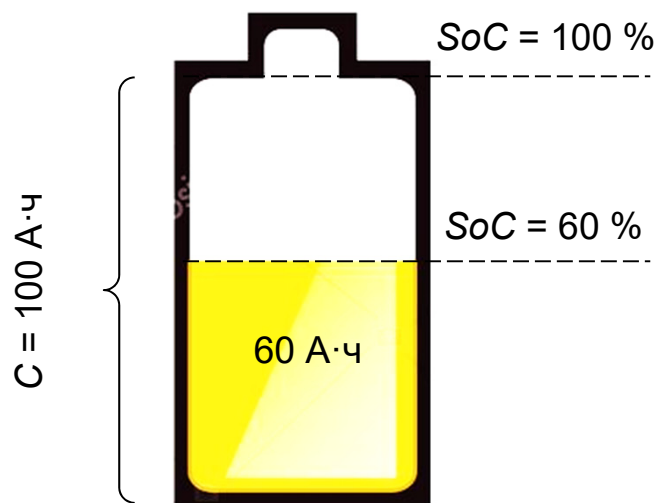
DoD, о.е. или %

(Depth of Discharge)

Значение тока в C:

C -rate, о.е./ч

Пример



C -rate = 1 ~ $I = 100 \text{ A}$

C -rate = 2 ~ $I = 200 \text{ A}$

C -rate = 3 ~ $I = 300 \text{ A}$



Мощность (активная) и энергоёмкость аккумуляторной системы связаны через параметр **C -rate**.

Аналогия: чем больше объём банки, тем больше диаметр её горлышка



Параметры аккумуляторов

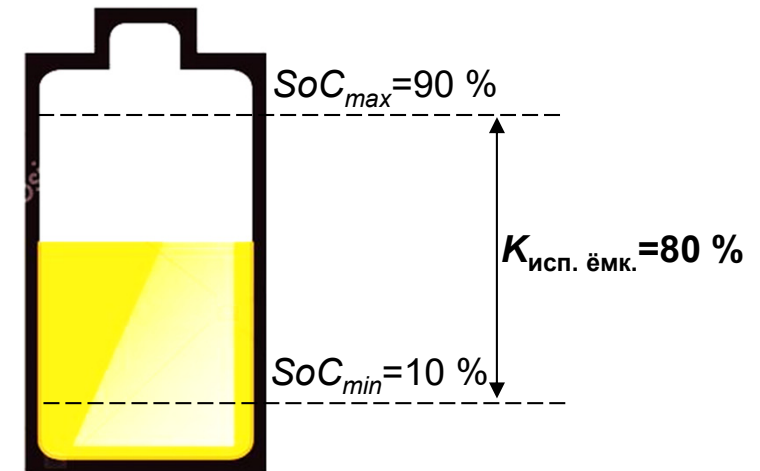
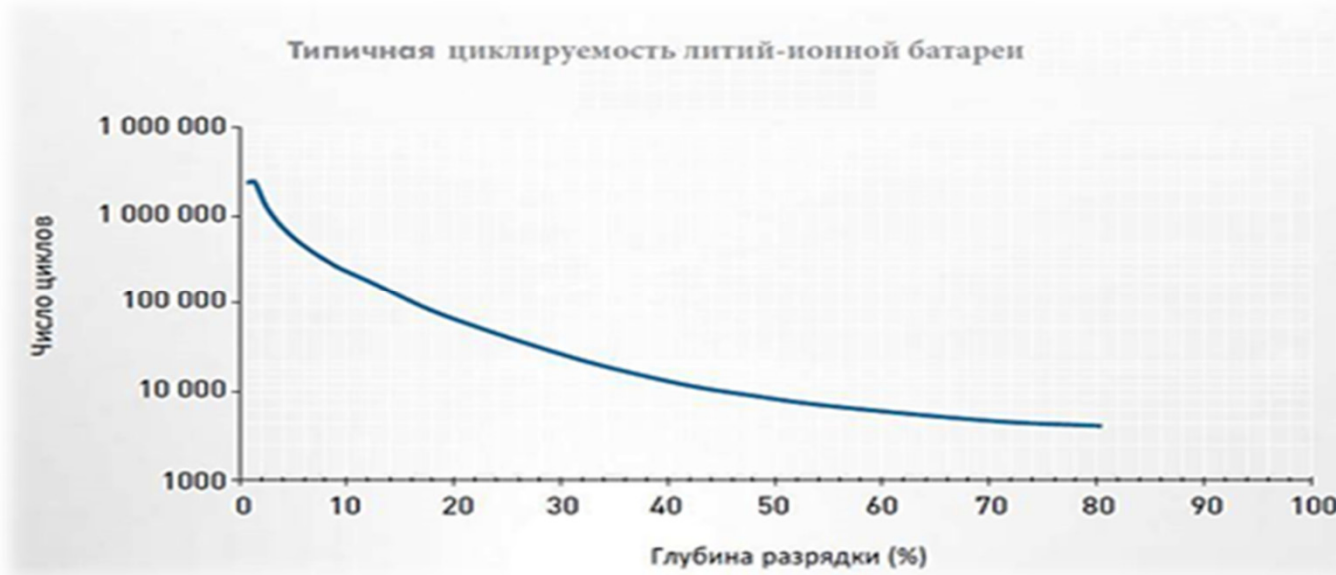


Срок службы многих типов НЭЭ зависит от глубины их разряда в цикле



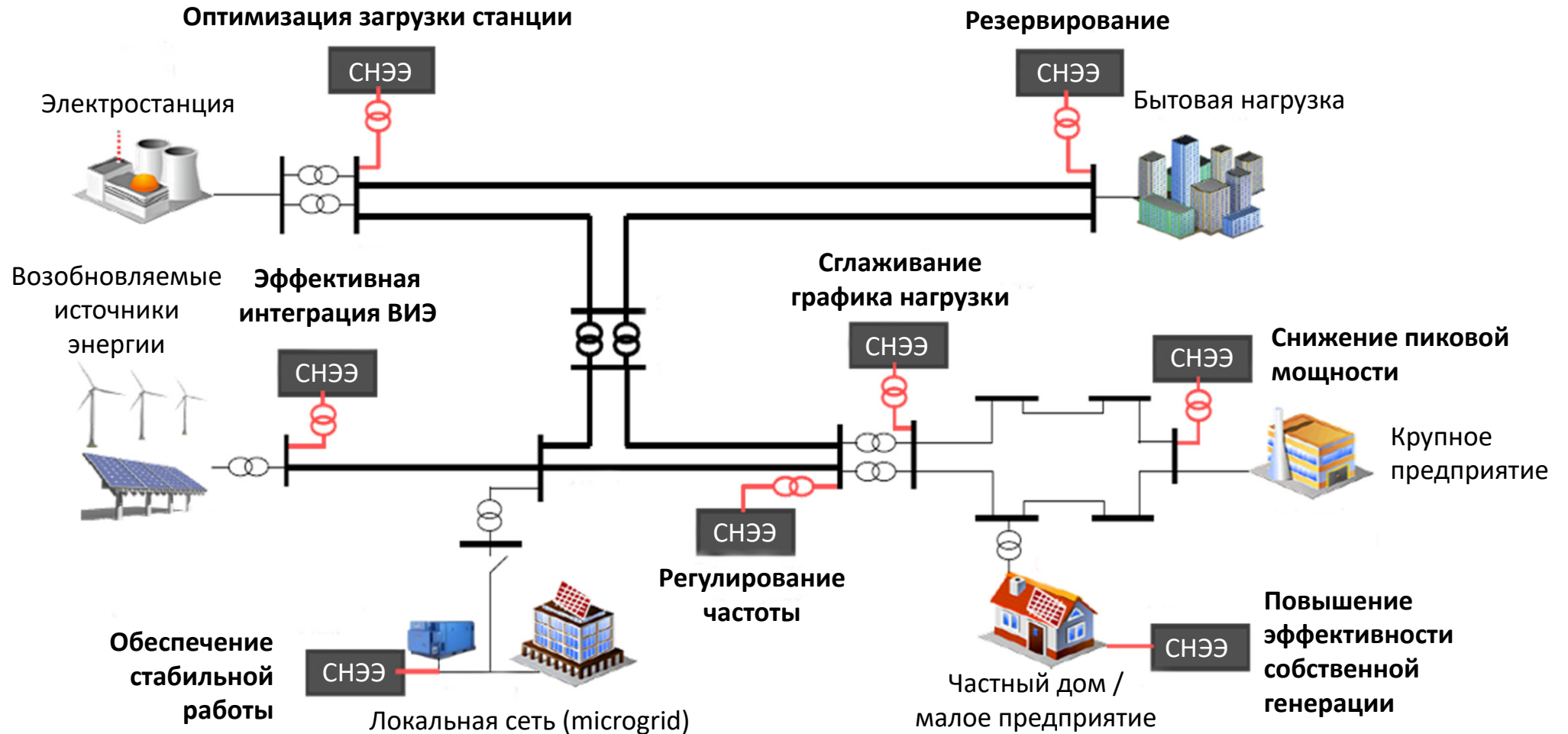
Как правило, их не разряжают полностью, устанавливают SoC_{min} и SoC_{max}

Пример: литий-железо-фосфатный аккумулятор



НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СНЭЭ

Возможные места установки СНЭЭ в энергосистеме



Классификация направлений применения СНЭЭ*



По соотношению энергоемкости к мощности СНЭЭ

«Мощностное» применение

$$E_{\text{ном}} / S_{\text{ном}} < 1$$

- Обеспечение качества электрической энергии
- Активный фильтр
- Компенсация несимметрии
- Компенсация несинусоидальности
- Быстродействующая система бесперебойного питания
- Регулирование частоты в ЕЭС России
- Компенсация нерегулярных колебаний
- Повышение динамической устойчивости
- Замещение резерва в автономной энергосистеме
- Сглаживание резких изменений мощности

«Энергоёмкое» применение

$$E_{\text{ном}} / S_{\text{ном}} > 1$$

- Отсрочка инвестиций в модернизацию сетевых объектов
- Быстродействующая система бесперебойного питания
- Предотвращение перегрузок при авариях
- Снижение потерь
- Интеграция ВИЭ в энергосистему
- Создание станций быстрой зарядки электротранспорта
- Электроснабжение изолированных территорий
- Изменение графика потребления энергии из сети

* Принадлежность применений СНЭЭ к классам может изменяться в зависимости от параметров СНЭЭ и результатов ТЭО для проекта. Классификация приведена для наиболее часто встречающихся случаев.

Классификация направлений применения СНЭЭ*



По типу энергосистемы

В составе ЕЭС

- Обеспечение качества электрической энергии по величине напряжения
- Компенсация несимметрии
- Компенсация несинусоидальности
- Обеспечение бесперебойного питания
- Компенсация нерегулярных колебаний
- Повышение динамической устойчивости
- Отсрочка инвестиций в модернизацию сетевых объектов
- Предотвращение перегрузок при авариях
- Регулирование частоты
- Изменение графика нагрузки
- Снижение потерь
- Интеграция станций быстрой зарядки электротранспорта

В составе автономных энергосистем

- Замещение вращающегося резерва
- Сглаживание резких изменений мощности
- Снижение требований к установленной мощности генераторов
- Оптимизация загрузки генераторов
- Обеспечение бесперебойного питания
- Повышение эффективности ВИЭ
- Регулирование частоты
- Регулирование напряжения

* Принадлежность применений СНЭЭ к классам может изменяться в зависимости от параметров СНЭЭ и результатов ТЭО для проекта. Классификация приведена для наиболее часто встречающихся случаев.

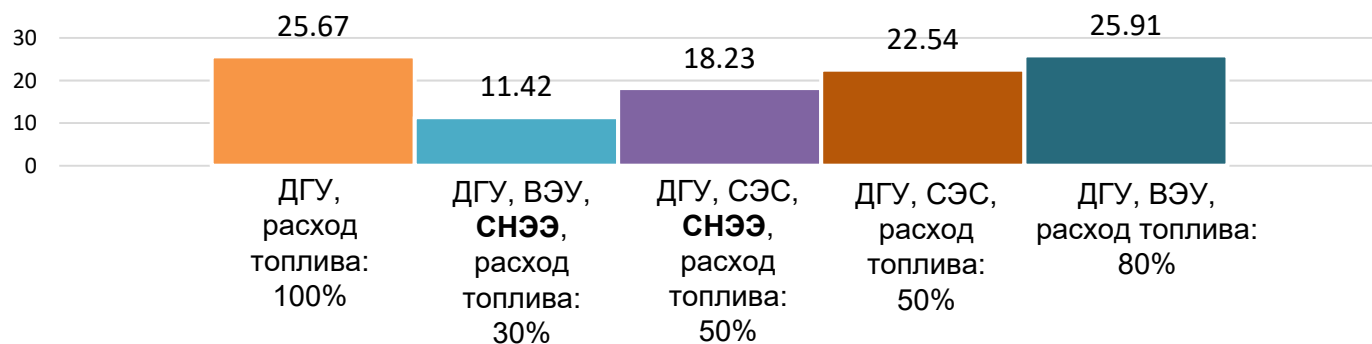
Направления применения СНЭЭ

Интеграция ВИЭ в энергосистему

СНЭЭ обеспечивает эффективность работы ВИЭ в энергосистеме:

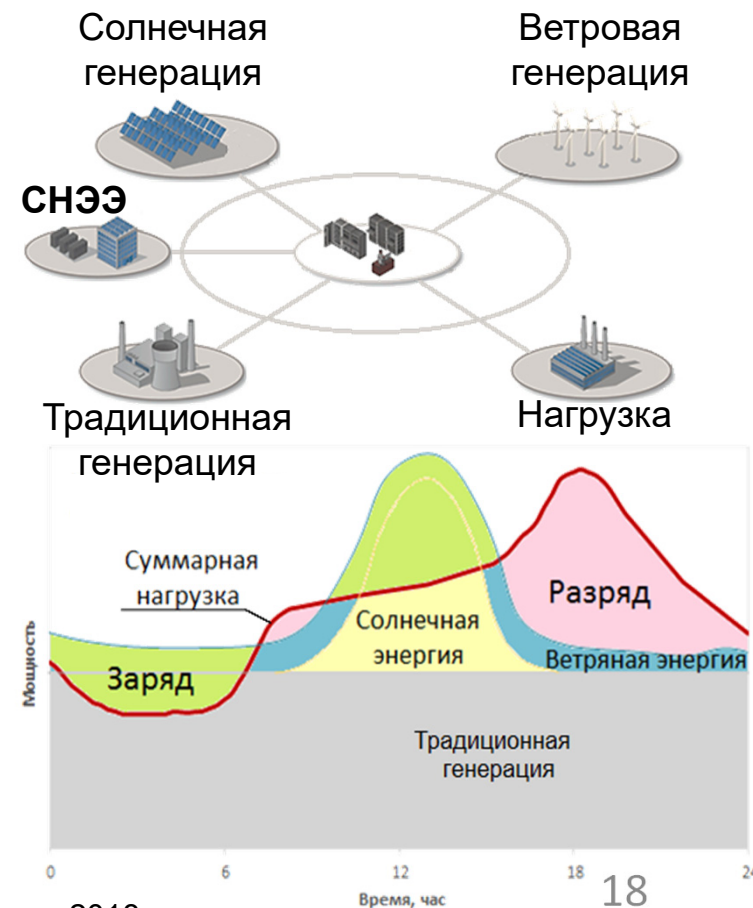
- ✓ Выравнивание неравномерности генерации
- ✓ Баланс электроэнергии и мощности
- ✓ Устойчивость параллельной работы
- ✓ Качество электроэнергии
- ✓ Оптимальное распределение загрузки
- ✓ Резервирование и повышение надёжности

Пример себестоимости ЭЭ в автономной энергосистеме с гибридной генерацией, руб/кВт·ч*



* Рынок систем накопления электроэнергии в России: потенциал развития. Центр стратегических разработок, 2018

Область применения
 ЕЭС России: ✓ (объекты генерации)
 Автономные энергосистемы: ✓



Направления применения СНЭЭ

Интеграция ВИЭ в энергосистему



Примеры проектов (в ЕЭС России):

Бурзянская СЭС, Башкортостан, ОЭС Урала

Назначение СНЭЭ: сглаживание колебаний мощности СЭС, резервирование

Аккумуляторы: ЛИА (литий-железо-фосфатные)

Мощность, энергоёмкость СНЭЭ: **4 000 кВА, 8 000 кВт·ч**

Кош-Агачская СЭС, Республика Алтай, ОЭС Сибири* (проект в процессе реализации)

Назначение СНЭЭ: сглаживание колебаний мощности СЭС, резервирование

Аккумуляторы: ЛИА

Энергоёмкость СНЭЭ: **584 кВт·ч**



* ООО «СНЭ» не участвовало в проекте.

Направления применения СНЭЭ

Интеграция ВИЭ в энергосистему



Примеры проектов (в автономных энергосистемах):

Общая идея: замена дизельных электростанций на **автономные гибридные энергоустановки (АГЭУ)**, включающие, СНЭЭ, ВИЭ и традиционную генерацию. Эффект: экономия диз. топлива – до 50 %, снижение операционных расходов – до 35 %, дополнительная выработка ВИЭ – до 45 %, увеличение срока службы ДГУ – в 2 раза (по данным ГК «Хевел»).

АГЭУ в селе Менза, Забайкальский край*

Тип ВИЭ: фотоэлектрическая СЭС.

Мощность, энергоёмкость СНЭЭ:

90 кВА, 300 кВт·ч



АГЭУ в селе Кызыл-Хая, Тыва

Тип ВИЭ: фотоэлектрическая СЭС.

Мощность, энергоёмкость СНЭЭ:

100 кВА, 204 кВт·ч



АГЭУ в селе Мугур-Аксы, Тыва

Тип ВИЭ: фотоэлектрическая СЭС.

Мощность, энергоёмкость СНЭЭ:

400 кВА, 373 кВт·ч



* ООО «СНЭ» не участвовало в проекте.

Направления применения СНЭЭ

Интеграция ВИЭ в энергосистему



Примеры проектов (в автономных энергосистемах):

АГЭУ на Чукотке – 3 шт.

(проекты в процессе реализации)

Тип ВИЭ: фотоэлектрическая СЭС.

Аккумуляторы СНЭЭ: ЛИА (литий-железо-фосфатные)

Параметры СНЭЭ	с. Канчалан	с. Снежное	с. Марково
Мощность	200 кВА	100 кВА	400 кВА
Энергоёмкость	218 кВт·ч	253 кВт·ч	291 кВт·ч

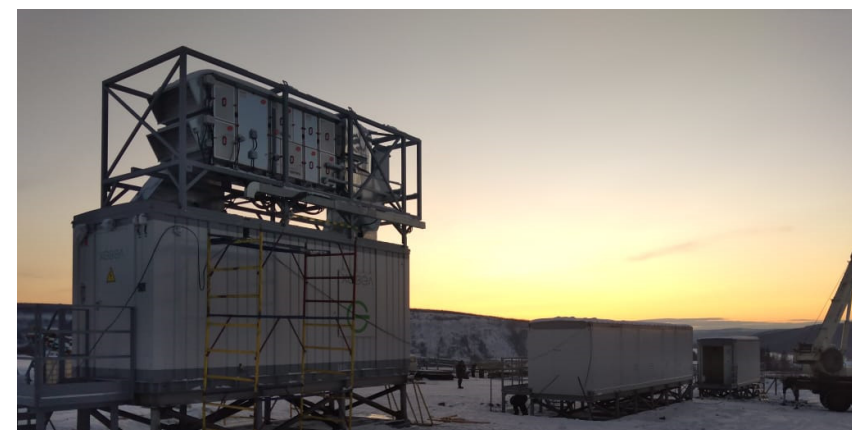
АГЭУ в посёлке Тура, Красноярский край

(проект в процессе реализации)

Тип ВИЭ: фотоэлектрическая СЭС.

Аккумуляторы СНЭЭ: ЛИА (литий-железо-фосфатные)

Мощность, энергоёмкость СНЭЭ: **800 кВА, 450 кВт·ч**



Направления применения СНЭЭ

Обеспечение устойчивой работы ГПУ

Область применения

ЕЭС России: –

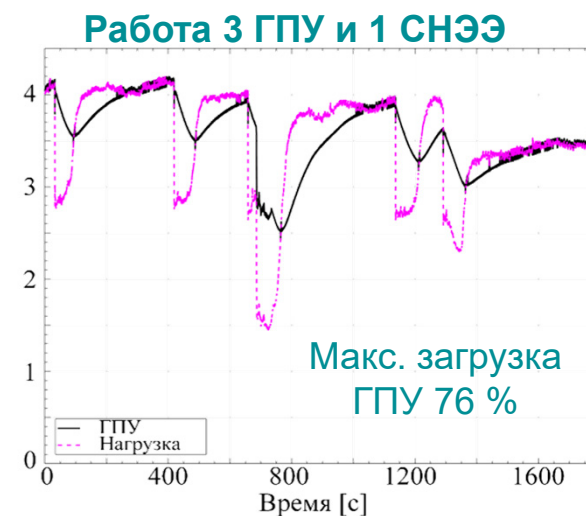
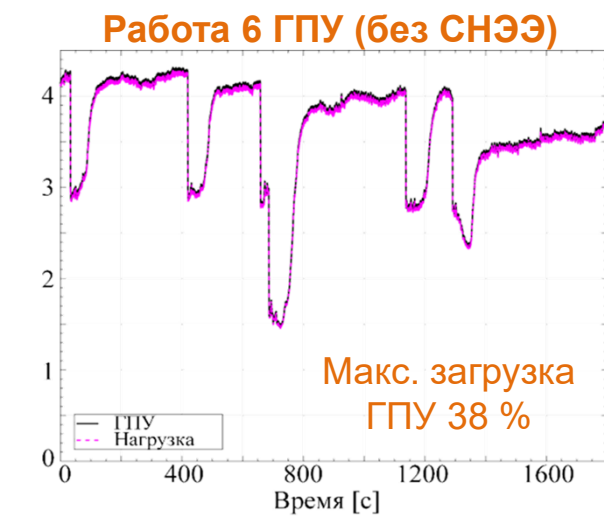
Автономные энергосистемы: ✓

Условия: автономная энергосистема с газопоршневыми генераторными установками (ГПУ), работающими на резкопеременную нагрузку (например, буровые установки нефтегазовых месторождений).

Проблема: необходимость установки избыточного количества ГПУ из-за их чувствительности к сбросам и набросам нагрузки. Следствие: высокие кап. и эксп. затраты, низкий КИУМ, повышенный расход топлива и ресурса.

Решение: сглаживание резкопеременной нагрузки при помощи СНЭЭ и отказ от дополнительных ГПУ. Выгода обусловлена значительным снижением капитальных и эксплуатационных затрат на дополнительные ГПУ.

Пример:



Направления применения СНЭЭ

Обеспечение устойчивой работы ГПУ



Пример проекта:

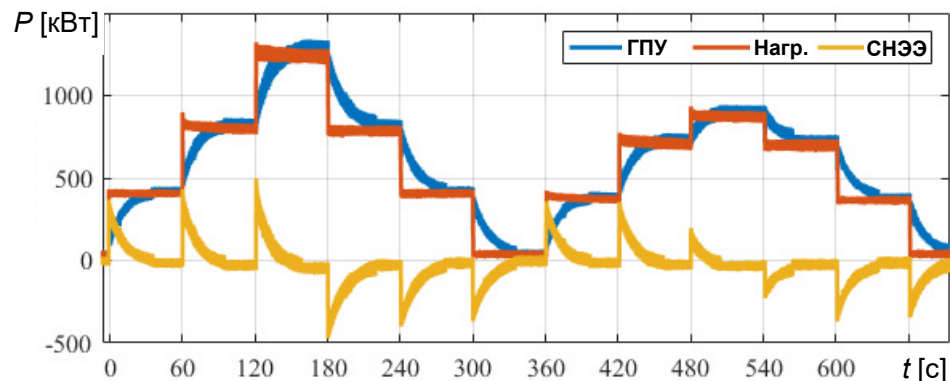
СНЭЭ для энергоцентра нефтегазового месторождения
(объект установки ещё не определён)

Аккумуляторы: ЛИА (литий-железо-фосфатные)

Мощность, энергоёмкость СНЭЭ: **1 200 кВА, 400 кВт·ч**



Выполнены испытания совместной работы СНЭЭ и ГПУ в экспериментальной энергосистеме:



Направления применения СНЭЭ

Изменение графика энергопотребления для снижения расходов на электроэнергию



Область применения

ЕЭС России: ✓ (потребители)

Автономные энергосистемы: –

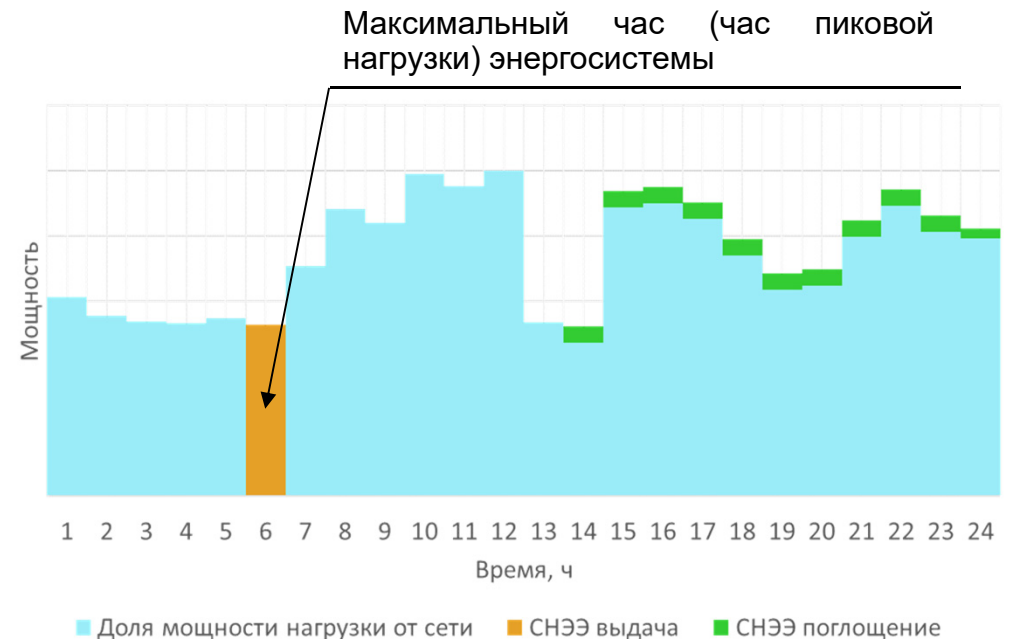
Проблема

- Высокая мощность нагрузки на предприятии в максимальный час энергосистемы, в часы высокой стоимости ЭЭ
- Большие расходы на оплату мощности и электрической энергии

Решение

- ✓ Снижение мощности, потребляемой из сети в максимальный час энергосистемы, за счёт выдачи энергии из СНЭЭ
- ✓ Потребление из сети большего количества энергии в часы её минимальной стоимости, запасание в СНЭЭ

Пример применения СНЭЭ для снижения мощности, потребляемой из сети в макс. час энергосистемы:



Направления применения СНЭЭ

Срезание пиковой мощности для исключения необходимости сетевого строительства

Идея: СНЭЭ предотвращает потенциальную перегрузку сетевого элемента (подстанции или ЛЭП) и исключает необходимость сетевого строительства при подключении нового потребителя.

Механизм: «срезание» пиковой мощности нагрузки при помощи СНЭЭ.

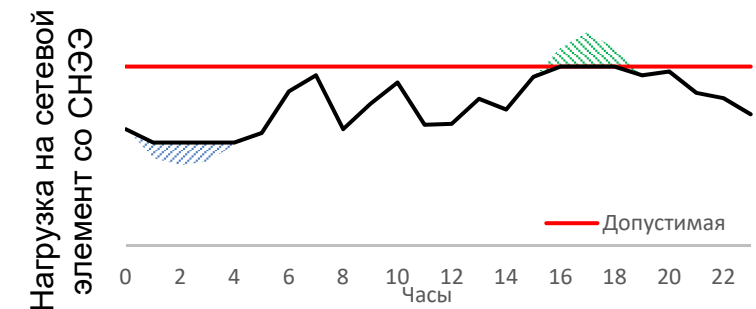
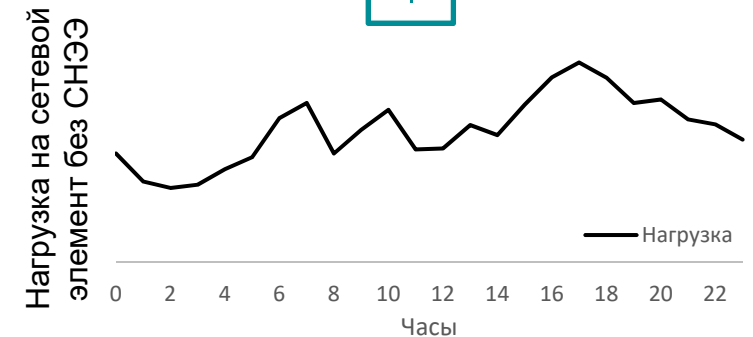
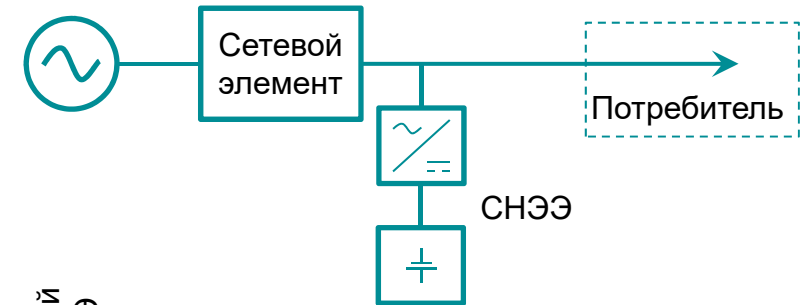
Аналогичным образом СНЭЭ может применяться для:

- Расшивки сечений (ЕЭС России: сети);
- Снижения расходов на технологическое присоединение (ЕЭС России: потребители);
- Снижения требований к установленной мощности генерации (автономные энергосистемы).

Область применения

ЕЭС России: ✓ (сети, потребители)

Автономные энергосистемы: ✓



Направления применения СНЭЭ

Срезание пиковой мощности для исключения необходимости сетевого строительства



Результаты анализа применимости СНЭЭ для исключения перегрузки ТП 10(6)/0,4 кВ*:

- Когда альтернативой СНЭЭ является замена трансформаторов на ТП, применение СНЭЭ **НЕВЫГОДНО**.
- Когда альтернативой СНЭЭ является строительство новой ТП, применение СНЭЭ **ВЫГОДНО**.

Пример

Строительство новой ТП: 8 000 тыс. руб.

Установка СНЭЭ (7 кВА 15 кВт·ч): 1 500 тыс. руб.

Срок окупаемости: на этапе кап. вложений.

ЧДД (20 лет): 7 000 тыс. руб.

Результаты анализа применимости СНЭЭ для исключения перегрузки фидеров 10(6) кВ*:

- Чем больше длина ВЛ и чем меньше процент перегрузки ВЛ, тем выгоднее применение СНЭЭ.
- Применения СНЭЭ **ВЫГОДНО** при длине ВЛ более 20 км и перегрузке ВЛ не более 25 %.

Пример

Замена провода и опор ВЛ (20 км): 75 000 тыс. руб.

Установка СНЭЭ (150 кВА 800 кВт·ч): 50 000 тыс. руб.

Срок окупаемости: на этапе кап. вложений.

ЧДД (20 лет): 13 000 тыс. руб.

* Расчёт на основании сборников укрупнённых показателей стоимости, фактическая стоимость сетевого строительства может быть ниже

Направления применения СНЭЭ

Обеспечение бесперебойного питания

Проблемы:

- Необходимость обеспечения высокого уровня надёжности
- Перерыв электроснабжения на время АВР или включения ДГУ
- Высокая чувствительность потребителя к кратковременным провалам и прерываниям напряжения

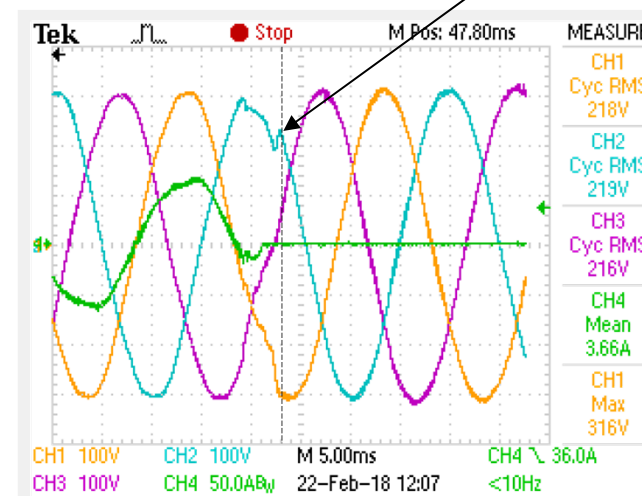
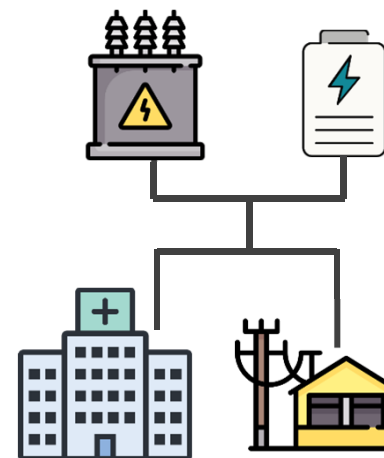
Решение:

- ✓ СНЭЭ позволяет избежать перерывов электроснабжения
- ✓ Быстродействие СНЭЭ – 5 миллисекунд (быстрее, чем БАВР)
- ✓ СНЭЭ может работать параллельно с сетью и выполнять несколько функций

Область применения

ЕЭС России: ✓ (потребители, сети)

Автономные энергосистемы: ✓



Направления применения СНЭЭ

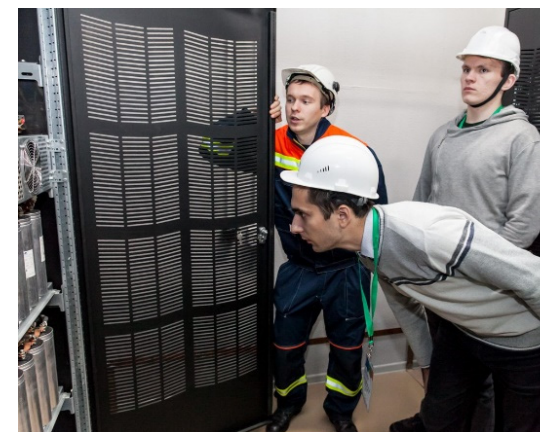
Обеспечение бесперебойного питания



Примеры проектов (в ЕЭС России):

СНЭЭ на подстанциях ФСК ЕЭС*

Местоположение	Аккумуляторы	Мощность, энергоёмкость	Ввод
ПС Сколково, Московская обл., ИЦ «Сколково»,	ЛИА (литий-никель-марганец-кобальтатные)	1200 кВА 1000 кВт·ч	2012 г.
ПС Смирново, Московская обл., ИЦ «Сколково»,		1200 кВА 1000 кВт·ч	2012 г.
ПС Веселое, Сочи (п. Веселое)		600 кВА 500 кВт·ч	2012 г.
ПС Спортивная, Сочи (п. Красная поляна)		600 кВА 500 кВт·ч	2012 г.
ПС Псоу, Сочи		1500 кВА 2500 кВт·ч	2013 г.
ПС Волхов-Северная, Санкт-Петербург		1500 кВА 2500 кВт·ч	2014 г.
ПС Восход, Омск		1200 кВА 1000 кВт·ч	2014 г.



* ООО «СНЭЭ» не участвовало в проектах.

Направления применения СНЭЭ

Обеспечение бесперебойного питания



Примеры проектов (в ЕЭС России):

Электрозаправочная станция, «Рязаньэнерго»*

Аккумуляторы: ЛИА (литий-железо-фосфатные)

Мощность, энергоёмкость СНЭЭ: **22 кВА, 100 кВт·ч**

Дополнительные задачи СНЭЭ: увеличение пиковой мощности заряда электромобилей, снижение расходов на электроэнергию



Сеть 0,4 кВ микрорайона «Юго-Западный», г. Белгород*

Аккумуляторы: ЛИА

Мощность, энергоёмкость СНЭЭ: **10 кВА, 53 кВт·ч**

Дополнительная задача СНЭЭ: обеспечение качества электрической энергии



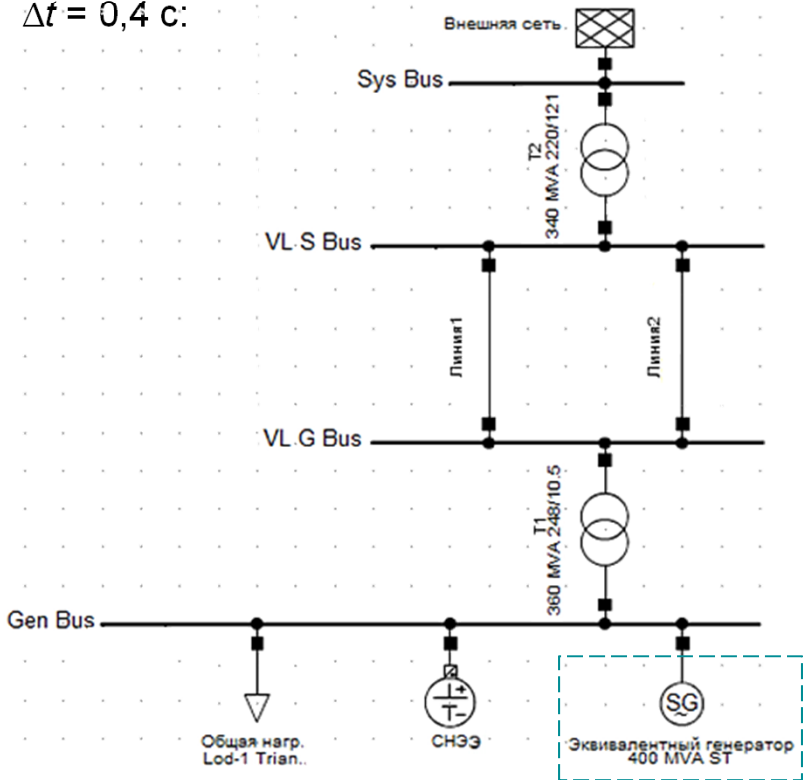
* ООО «СНЭЭ» не участвовало в проектах.

Направления применения СНЭЭ

Повышение динамической устойчивости

СНЭЭ может выступать в качестве **инструмента противоаварийного управления**.

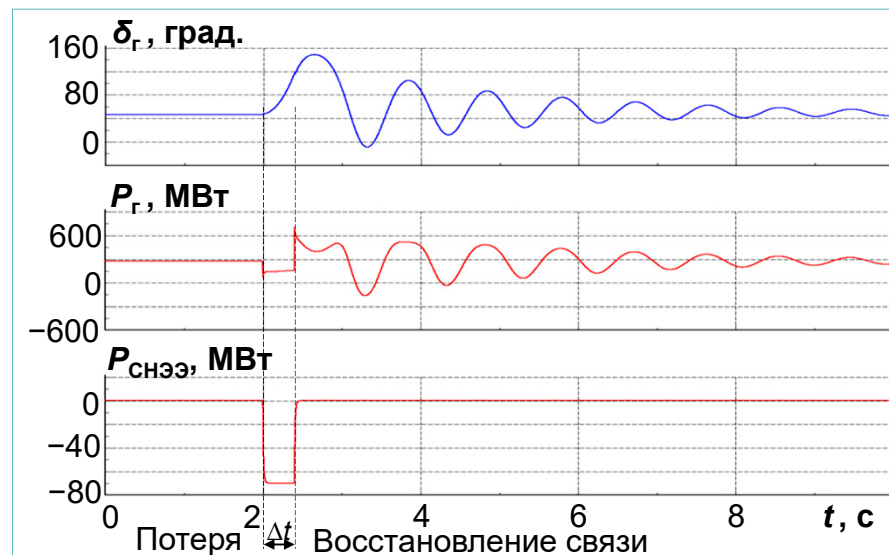
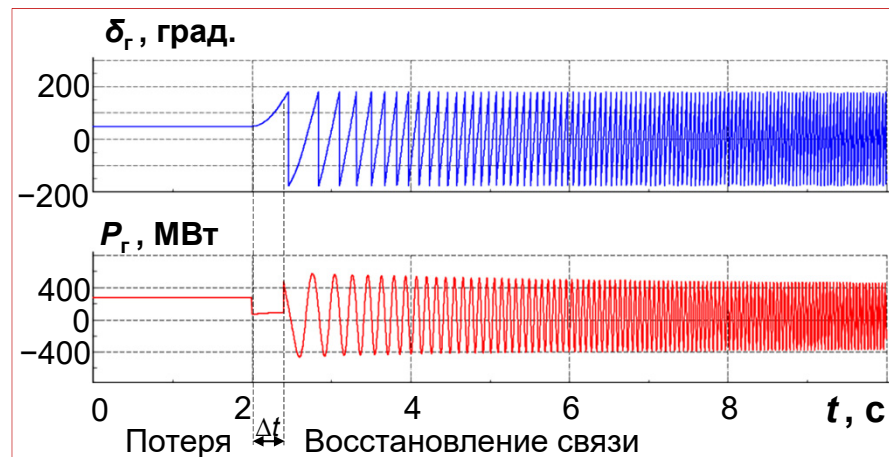
Рассчитаем переходный процесс при потере эквивалентным генератором связи с внешней сетью и её восстановлении через $\Delta t = 0,4$ с:



Без СНЭЭ
устойчивость теряется

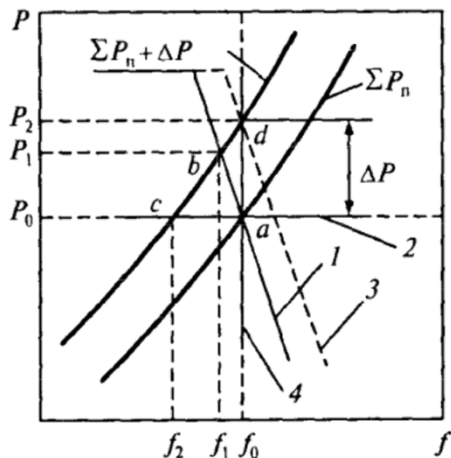
СНЭЭ потребляет энергию, «замедляя» генератор –
устойчивость сохраняется

Область применения
ЕЭС России: ✓ (объекты генерации)
Автономные энергосистемы: ✓



Направления применения СНЭЭ

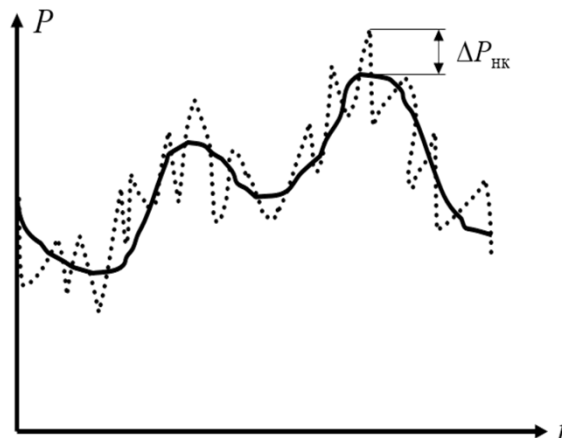
Другие перспективные направления



Регулирование частоты

ЕЭС России: ✓

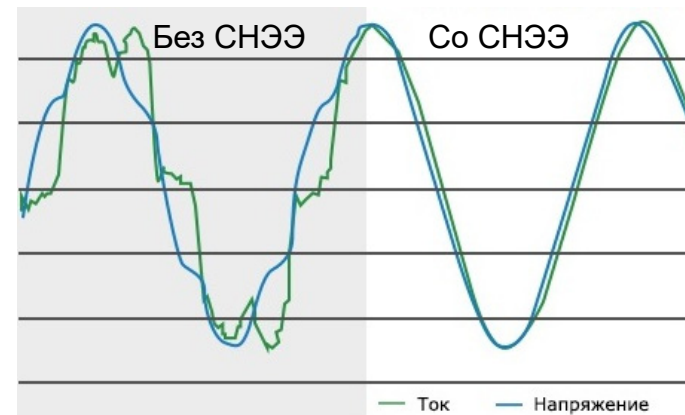
Автономные энергосистемы: ✓



Компенсация нерегулярных колебаний

ЕЭС России: ✓

Автономные энергосистемы: —



Обеспечение качества электроэнергии

ЕЭС России: ✓

Автономные энергосистемы: ✓



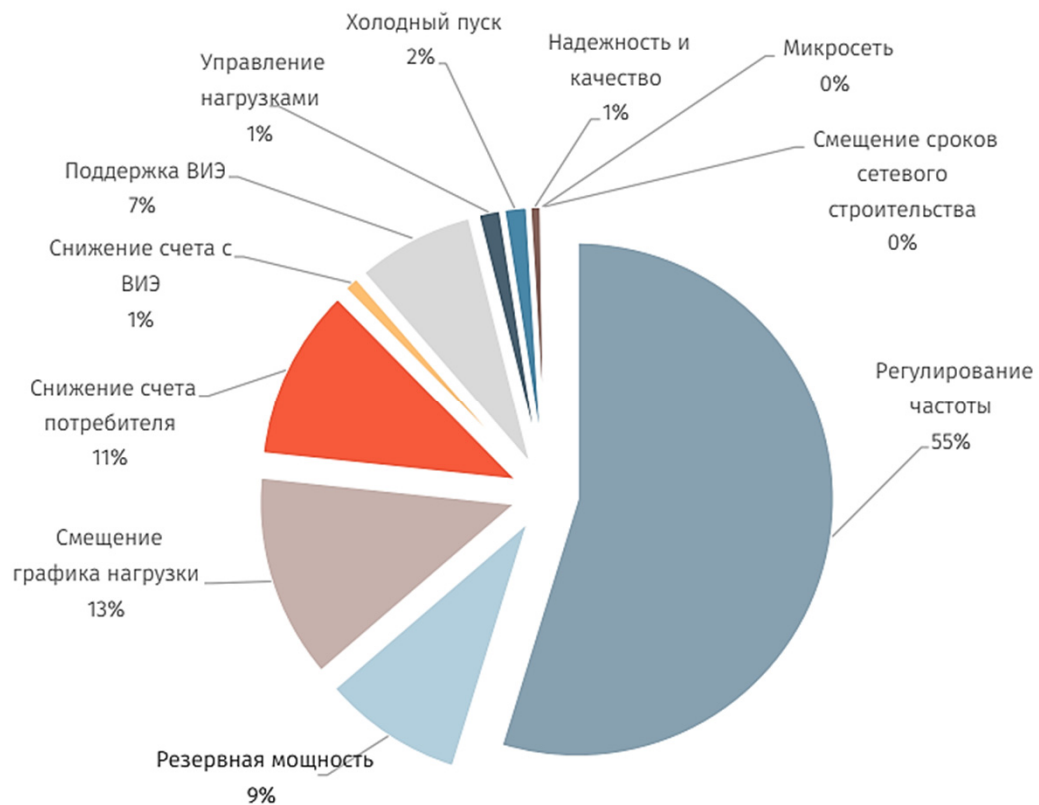
Упрощённое сравнение СНЭЭ и традиционных решений часто показывает преимущество последних, но при этом не учитывается возможность одновременного выполнения СНЭЭ нескольких функций. **Требуется разработка методик определения технико-экономической целесообразности СНЭЭ с учётом их многофункциональности и системного эффекта.**

РАЗВИТИЕ РЫНКА СНЭЭ

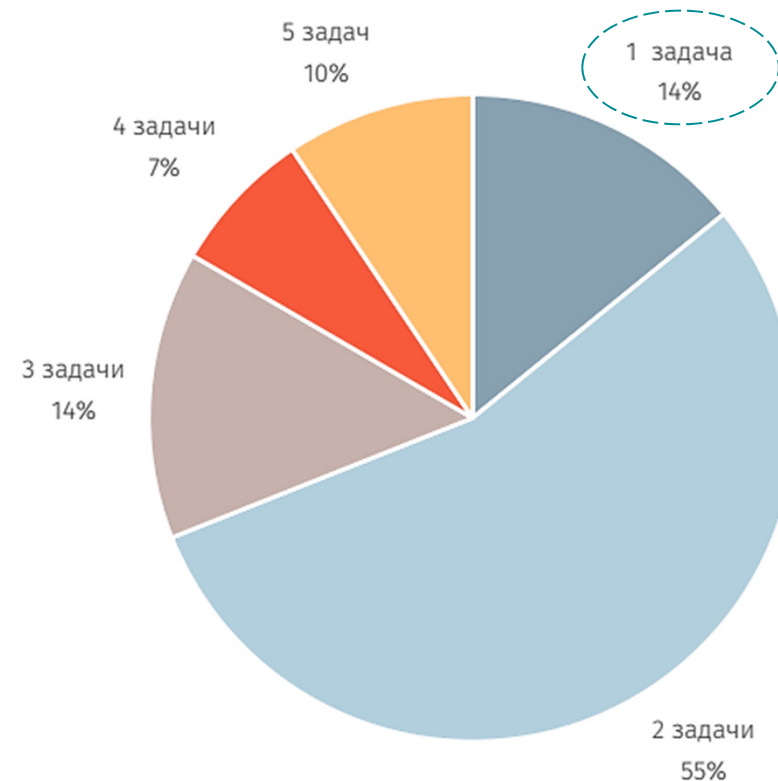
Структура целевого использования СНЭЭ в мире*



Задачи:



Количество задач на один проект:

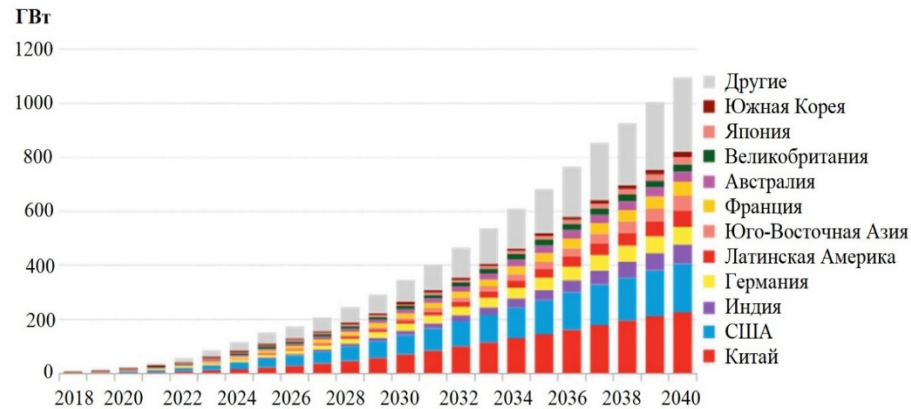


* База данных DOE, анализ АО «Фонд «Форсайт» – 2019.

Тенденции рынка СНЭЭ

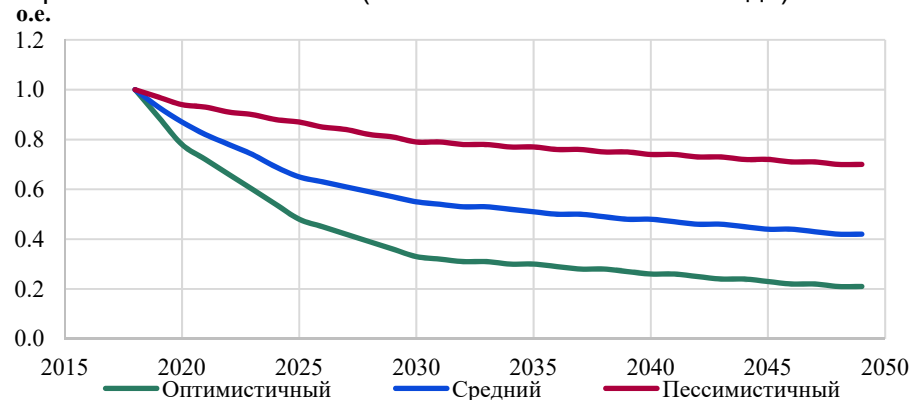


Прогноз развития мирового рынка накопителей энергии



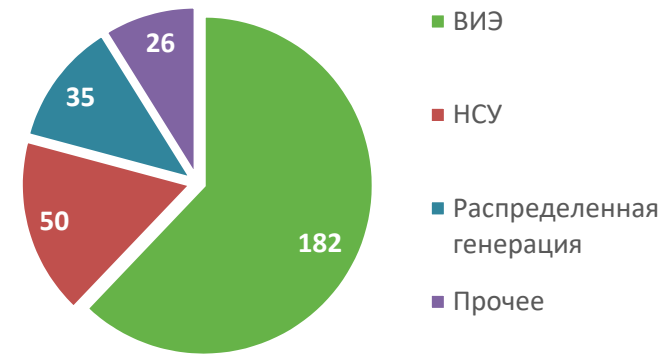
Источник: *Bloomberg New Energy Finance*

Прогноз стоимости СНЭ (в о.е. относительно 2018 года)

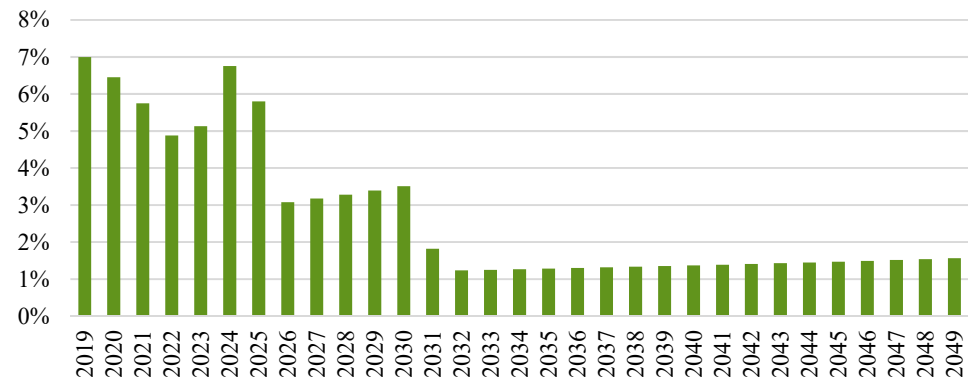


Источник: *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*

Оценка рынка накопителей энергии в РФ к 2023 году, МВт·ч



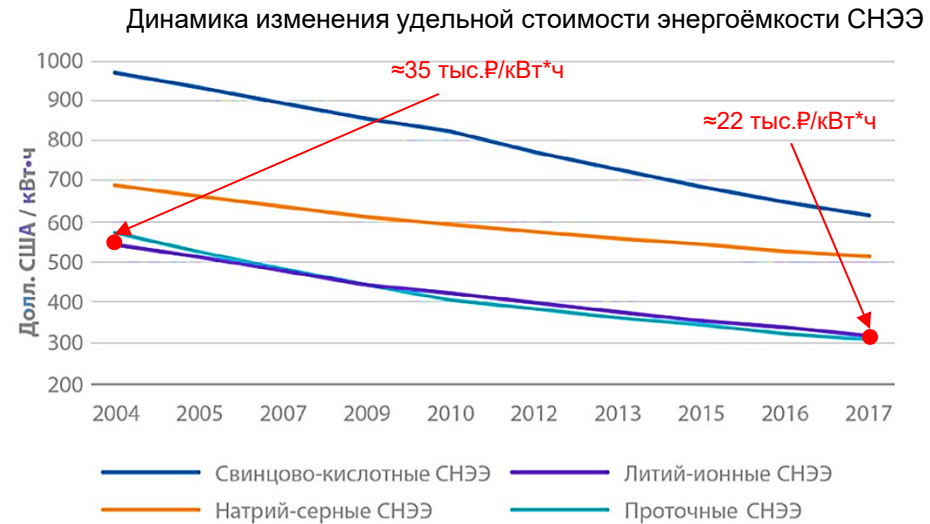
Изменение стоимости СНЭ согласно среднему прогнозу (год к году)



Рынок СНЭЭ в России и мире



Источник: *Bloomberg New Energy Finance*



Источник: *Navigant Research*

Оценка мирового и российского рынков СНЭЭ и потенциального эффекта от развития рынка СНЭЭ в РФ

Ежегодный объём мирового рынка (с 2025 г.), млрд ₽	Ежегодный объём рынка РФ (с 2025 г.), млрд ₽		Ежегодный эффект для экономики РФ за вычетом инвестиций (с 2025 г.), млрд ₽	
	Консервативный	Оптимистический	Консервативный	Оптимистический
4 839	58	368	97	310

Источник: *Рынок СНЭЭ в России: потенциал развития. Экспертно-аналитический доклад. Центр стратегических разработок. 2018 г.*

Рынок автономных энергосистем в РФ*



Рынок для внедрения автономных гибридных энергоустановок, имеющих в составе СНЭЭ:

2/3 территории России не электрифицировано

664 населенных пункта питаются от собственных автономных электростанций

361 тыс. чел. население, проживающее в данных населенных пунктах

800 МВт суммарная мощность автономных источников

96 % доля ДГУ

> 40 млрд руб. издержки на закупку топлива и эксплуатацию

80 % расходов субсидируется государством



* Источник информации: <https://minenergo.gov.ru>

ОЦЕНКА ПРОЕКТОВ СНЭЭ

Экономическая оценка проектов СНЭЭ

Критерий эффективности проекта:

$$\mathcal{Э}_{\text{СНЭЭ}} > \mathcal{З}_{\text{СНЭЭ}}$$

где $\mathcal{Э}_{\text{СНЭЭ}}$ – экономический эффект от применения СНЭЭ;
 $\mathcal{З}_{\text{СНЭЭ}}$ – сумма затрат.

$$\mathcal{Э}_{\text{СНЭЭ}} = \sum_{t=1}^{T_{\text{расч}}} \mathcal{Э}_t \cdot (1 + E)^{t_0 - t} = \sum_{t=1}^{T_{\text{расч}}} (\mathcal{Э}_{1t} + \mathcal{Э}_{2t} \dots \mathcal{Э}_{nt}) \cdot (1 + E)^{t_0 - t}$$

где $\mathcal{З}_{\text{СНЭЭ}}$ – сумма дисконтированных затрат по варианту применения СНЭЭ;

$\mathcal{З}_t$ – затраты на СНЭЭ в год t ;

\mathcal{K}_t – капитальные затраты на СНЭЭ в год t ;

$\mathcal{И}_t$ – эксплуатационные издержки на СНЭЭ в год t ;

t_0 – год приведения затрат;

E – ставка дисконтирования;

$T_{\text{расч}}$ – длительность расчетного периода.

Основные показатели экономической эффективности:

- 1) Чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- 2) Индекс доходности (ИД);
- 3) Внутренняя норма доходности (ВНД);
- 4) Дисконтированный срок окупаемости капиталовложений (T).



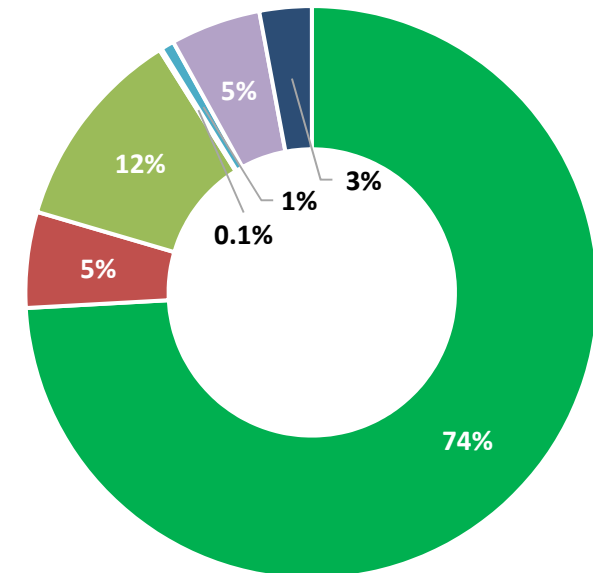
Определение затрат на СНЭЭ



Структура затрат*

№	Статья затрат	Значение
1	Удельная стоимость мощности	35 тыс. руб. /кВА
2	Удельная стоимость энергоемкости	42 тыс. руб. /кВт·ч
3	Техническое обслуживание	562 (руб./кВт·ч)/год
4	Подключение СНЭЭ	15,56% от стоимости СНЭЭ
5	Временные здания и сооружения	0,18% от стоимости СНЭЭ
6	Прочие работы и затраты	1,00% от стоимости СНЭЭ
7	Публичный технологический и ценовой аудит, проектные и изыскательские работы	6,88% от стоимости СНЭЭ
8	Непредвиденные затраты	3,97% от стоимости СНЭЭ
9	Замена АКБ	26 тыс. руб. /кВт·ч

Соотношение затрат для СНЭЭ 1 МВА 1 МВт·ч



- Стоимость СНЭЭ
- Техническое обслуживание
- Подключение СНЭЭ
- Временные здания и сооружения
- Прочие работы и затраты
- Проектные и изыскательские работы
- Непредвиденные затраты

* По опыту реализации проектов ООО «СНЭ».

Экономические эффекты применения СНЭЭ

1. Прямая экономия капитальных затрат (за счет дорогих альтернативных вариантов);
2. Экономия на эксплуатации:
 - Снижение расхода топлива на генерацию электроэнергии;
 - Увеличение межсервисного интервала для оборудования;
3. Системные эффекты:
 - Снижение потерь;
 - Повышение надежности;
 - Повышение качества электроэнергии;
 - Резервирование;
 - Поддержание частоты и напряжения.
4. Экономия на тарифах:
 - Снижения платы за мощность технологического присоединения;
 - Плата за мощность;
 - Тарифный арбитраж.



СНЭЭ может выполнять несколько функций одновременно (создавать одновременно несколько экономических эффектов), однако это должно быть учтено на этапе выбора параметров.



Системы накопления электрической энергии

Подходы к оценке проектов



Глеб Нестеренко

nesterenkogb@yandex.ru
g.nesterenko@estorsys.ru



Викентий Мельников

v.melnikov@estorsys.ru

ООО «Системы накопления энергии»

info@estorsys.ru, 8 800 707 66 50