



ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЦЕЛЯХ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЭС В СИСТЕМООБРАЗУЮЩИХ СЕТЯХ

Непша Ф.С., ООО «РТСофт-Смарт Грид», к.т.н.
Шубин Н.Г., ООО «РТСофт-Смарт Грид», к.т.н.

Москва, 2023



СОДЕРЖАНИЕ ПРЕЗЕНТАЦИИ

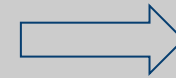
▪ Опыт РТСофт-СГ

- Экосистема продуктов для распределенной энергетики
- Жизненный цикл проектов распределенной энергетики
- Этап 1. Подбор оптимальных параметров СНЭЭ
- Этап 2. Управление объектами распределенной энергетики
- Опыт управления системами накопления электрической энергии

▪ Перспективы применения распределенных систем накопления энергии в островных энергосистемах

ЭКОСИСТЕМА ПРОДУКТОВ И СЕРВИСОВ

- AMIGO Aggregator
- Техничко-экономическая оценка решений (А-ТЭО)



R&D

ПЛАТФОРМА



СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ
ИРЭ:

- AMIGO EMS
- AMIGO MGC



ПРОГНОЗНЫЙ МОДУЛЬ

ОПТИМИЗАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ

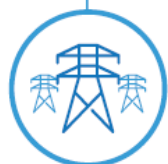
REST API
MQTT

УРОВЕНЬ ЛОКАЛЬНОГО
УПРАВЛЕНИЯ



SCADA
АСКУЭ / АСТУЭ

МЭК, OPC,
MODBUS,
API



ВНЕШНЯЯ СЕТЬ



ДГУ



ФС



ВЭС



РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЕ
УСТРОЙСТВО



ЛИ-ИОН
НАКОПИТЕЛЬ



ВЕНТИЛЯЦИЯ



КОНДИЦИОНИ-
РОВАНИЕ



БОЙЛЕРЫ
И НАГРЕВАТЕЛИ

ИСТОЧНИКИ ГЕНЕРАЦИИ

СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕКТА

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ОБЪЕКТОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

ЭТАП 2

Проектирование

Моделирование

Управление

Поддержка

- Технико-экономическое обоснование и формирование программ развития
- Разработка ТТ и ТЗ
- Проектно-изыскательские работы
- Подготовка комплекта рабочей документации

- Разработка информационных и математических моделей:
 - силового оборудования
 - коммутационного оборудования
 - распределённой генерации, ВИЭ, накопителей
 - средств управления напряжением
 - интеллектуального потребителя
 - устройств РЗА
- Прототипирование работы АСУ для конкретной ЭС
- Демонстрация:
 - технических возможностей
 - экономических показателей
- Сопровождение модели для Заказчика

- Совместно с экосистемой партнеров, реализация проекта:
 - Генерация
 - ВИЭ
 - Накопители
 - РЗА
- Система автоматического или автоматизированного управления

ПТК AMIGO EDGE

+

AMIGO EMS

+

AMIGO AGGREGATOR

- Обучение персонала Заказчика и Партнеров
- Горячая линия техподдержки и консультации
- Поддержка анализа аварийных событий

ЭТАП 1

ЭТАП 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ – ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СНЭЭ



МЕХАНИЗМЫ ОКУПАЕМОСТИ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Механизм возврата	Цели применения						
	Тех. прис.	Категория надёжности	Качество Эл/эн	Техн. потери	Покрытие пика в режиме n-1	SAIDI SAIFI	Автономн. объект
1. Снижение затрат на CapEx в сравнении с сетевым строительством							
2. Увеличение прибыли от оказания услуг по передаче ЭЭ за счет сокращения времени выполнения ТУ на ТП		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
3. Снижение затрат на OpEx в сравнении с сетевым строительством							
4. Снижение затрат на покупку потерь:							
— сокращение объема технических потерь							
— ценовой арбитраж при покупке эл/эн		N/A			N/A	N/A	N/A
5. Хеджирование экономических рисков некупаемости инвестиций СК в случаях отмены или задержки ожидаемого прироста нагрузки							
6. Поддержка строительства СНЭ (аналогично ДПМ/ КОМ генерации)							
7. Участие в рынке системных услуг (НПРЧ, АВРЧМ и др.)							N/A
8. Участие в механизме ценозависимого снижения потребления на розничном рынке (Demand response)		N/A				N/A	N/A

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНВЕСТИЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

РТСофт
программные
поддержки
технических решений и расчета
эффективности проекта

разработаны
инструменты
принятия

Функциональные возможности:

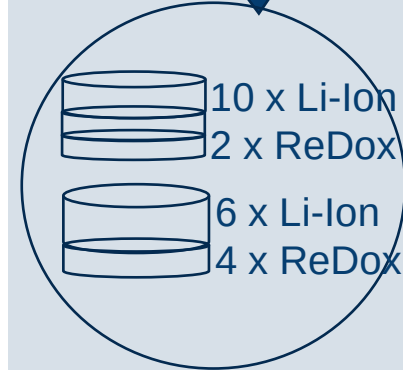
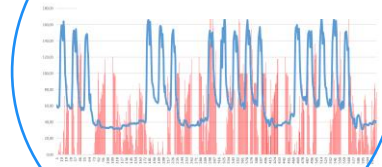
- Актуализируемая база данных
- Автоматический подбор техрешения с учетом технологических ограничений (количество и место установки СНЭ)
- Подробная модель капитальных затрат
- Учет различных параметров доходности
- Индексы изменения цен по статьям проекта
- Сценарное моделирование
- Расчет показателей эффективности (NPV, IRR, DPB)



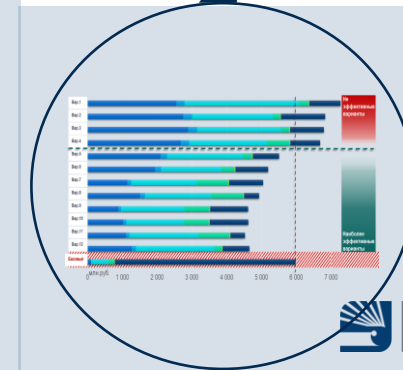
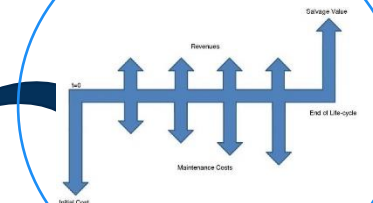
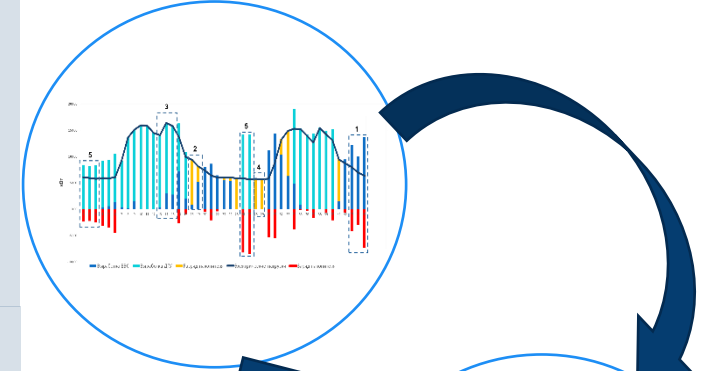
1. База данных
оборудования и
параметры сети

- ✓ Li-Ion накопители
- ✓ ReDoX проточные накопители
- ✓ Инверторы
- ✓ Сетевое оборудование

α Топология сети и
профили
загрузки центров
питания

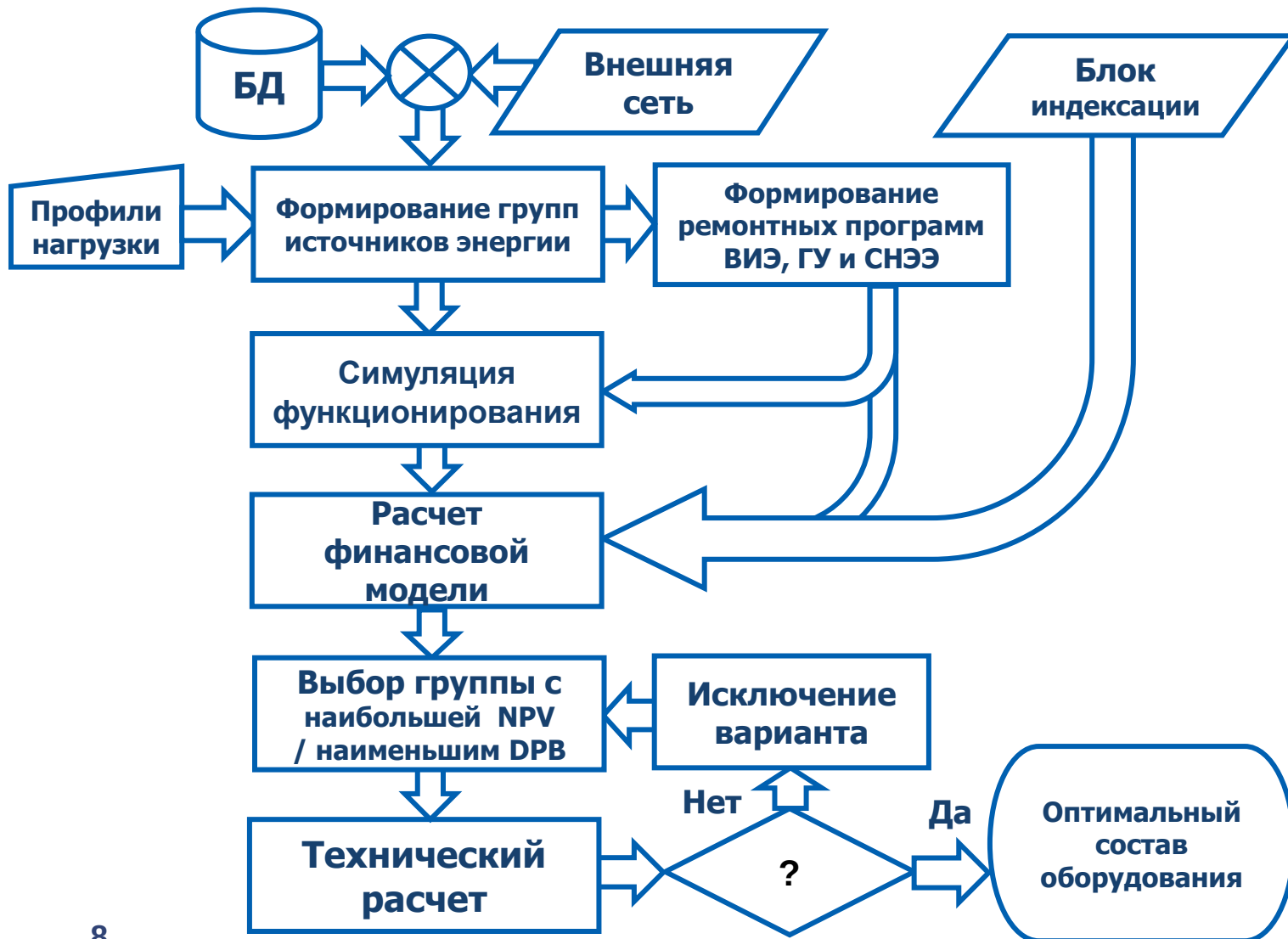


2. Автоматическая
генерация
возможных
технических
решений



3. Определение
оптимального
технического
решения

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА: ПОДХОД К ПРИНЯТИЮ РЕШЕНИЙ



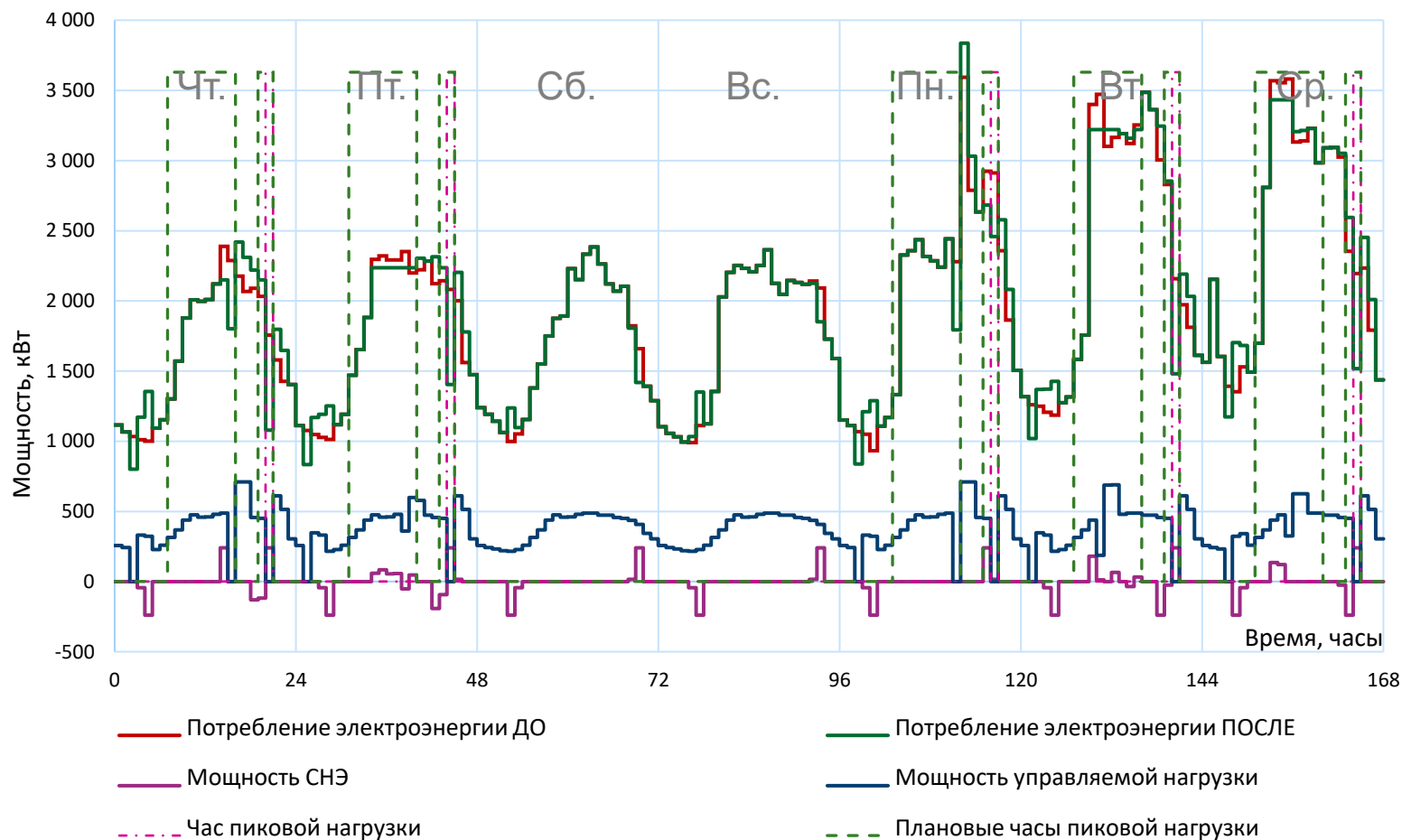
- База данных оборудования
- Ценовые параметры и тарифы
- Симуляция производственной программы
- Расчет финансово-экономической модели на весь период жизненного цикла объекта
- Выбор оптимального варианта и проверка его технической реализуемости
- **Оптимальный состав оборудования**
- **ТУ и ТТ, Схема выдачи мощности**

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА: СИМУЛЯЦИЯ СТРАТЕГИИ НА НЕДЕЛЬНОМ ИНТЕРВАЛЕ

Пример недельного графика с симуляцией стратегии работы накопителя и управляемой нагрузки



- При разработке стратегии работы учитываются параметры всех элементов системы
- Оптимизация выполняется для каждого момента времени на заданном интервале



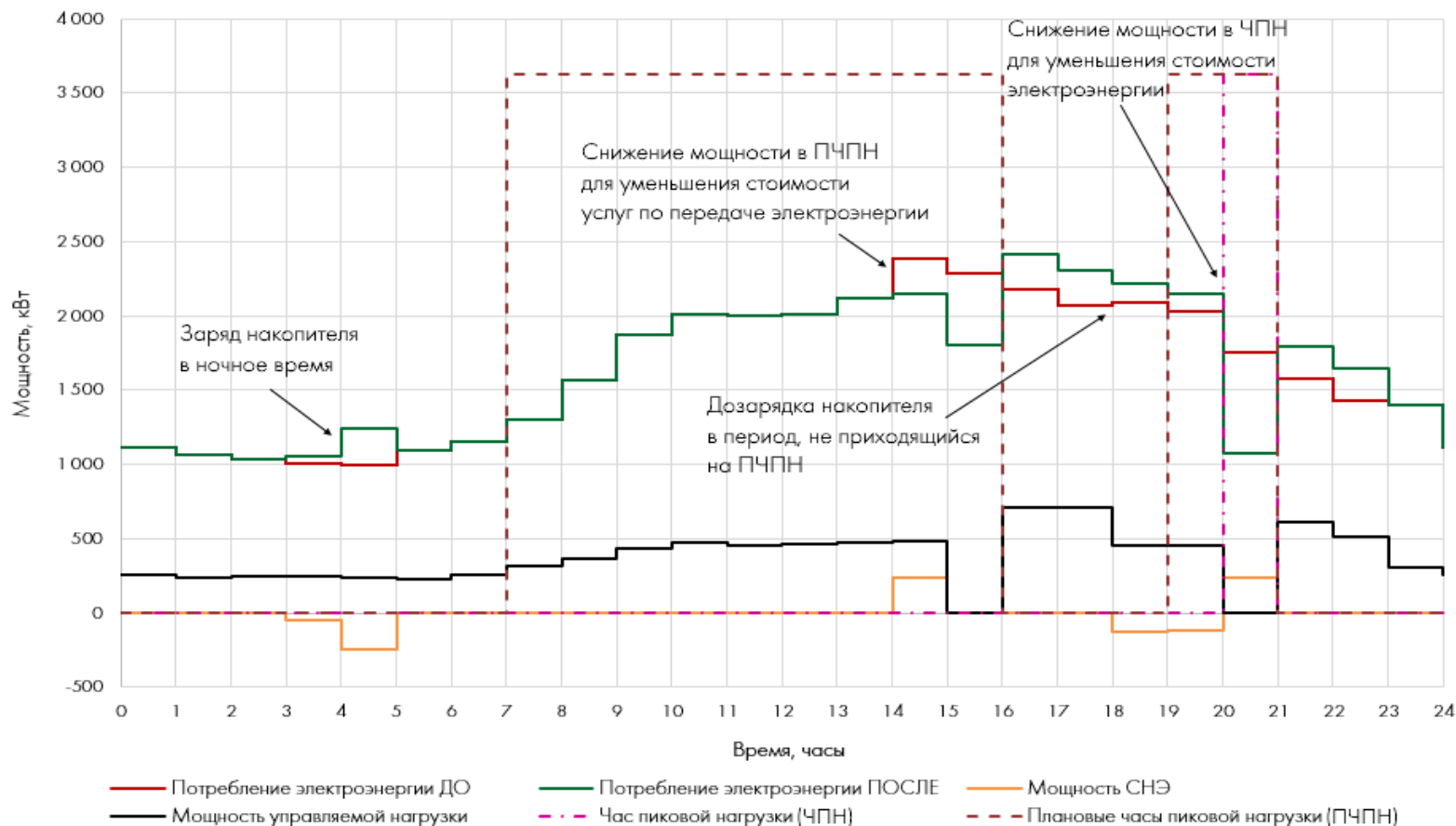
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА: СИМУЛЯЦИЯ СТРАТЕГИИ ВНУТРИ СУТОК ПЛАНИРОВАНИЯ



- При уточнении стратегии работы также учитываются параметры всех элементов системы
- Оптимизация выполняется для каждого момента времени на заданном интервале с учетом уточненного прогноза

10

Пример суточного графика с симуляцией стратегии работы накопителя и управляемой нагрузки



ПРИМЕР: ОПТИМАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ ЗАРЯДА И РАЗРЯДА НАКОПИТЕЛЕЙ

1. Оптимальная стратегия управления системы накопления энергии (СНЭ) определяется в результате решения задачи оптимизации (MILP)

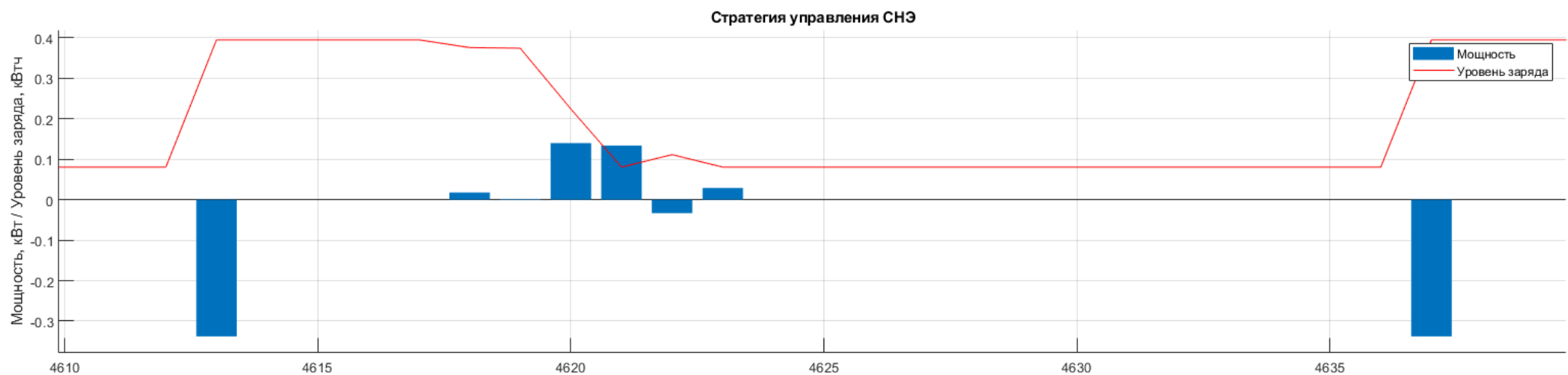
2. Оптимизация выполняется на интервале времени 24ч, с учетом прогноза нагрузки на текущий день

3. Учитываются факторы (индивидуальные для каждого сценария):

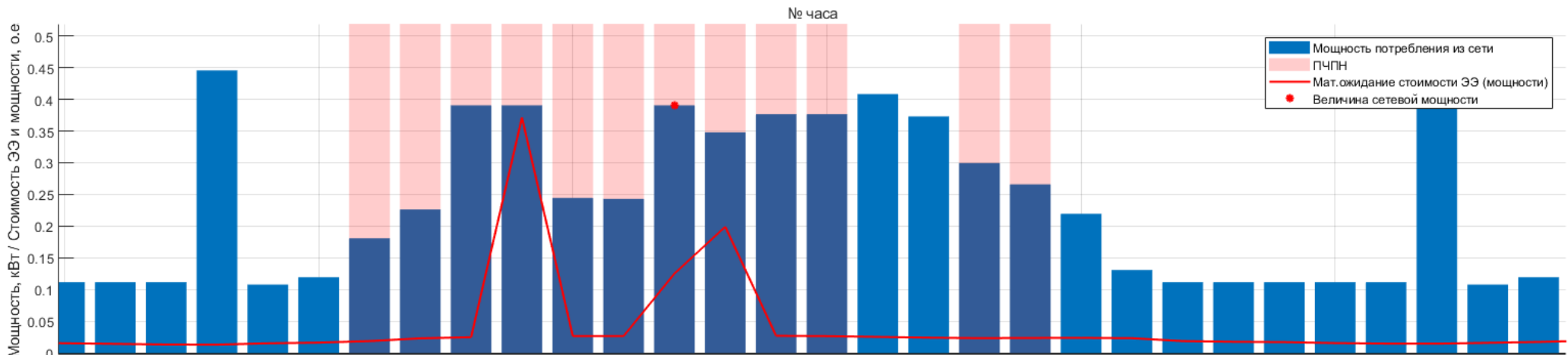
- Прогноз потребления электроэнергии
- Стоимость электроэнергии
- Стоимость генераторной мощности и вероятность наступления пиковых часов (вероятность наступления максимума энергопотребления в энергосистеме)
- Стоимость сетевой мощности (составляющая на содержание электрических сетей двуставочного тарифа) и интервалы учета сетевой мощности (плановые часы пиковой нагрузки)
- Стоимость резервируемой мощности / стоимость оплаты максимальной мощности и особенности применения оплаты резервируемой мощности в переходный период (контроль предельной величины резерва не более 40%)
- Ограничения на потребляемую мощность на ТП 6-20/0,4 кВ
- Ограничение на совокупную потребляемую мощность, определяемое техническими условиями на технологическое присоединение к электрическим сетям
- Прогноз наступления события управления спросом, их длительность, стоимость, характеристики базового потребления (baseline)
- Тип потребителя (население, прочие потребители)
- Особенности оплаты резерва мощности
- Стоимость полного цикла заряда и разряда СНЭ



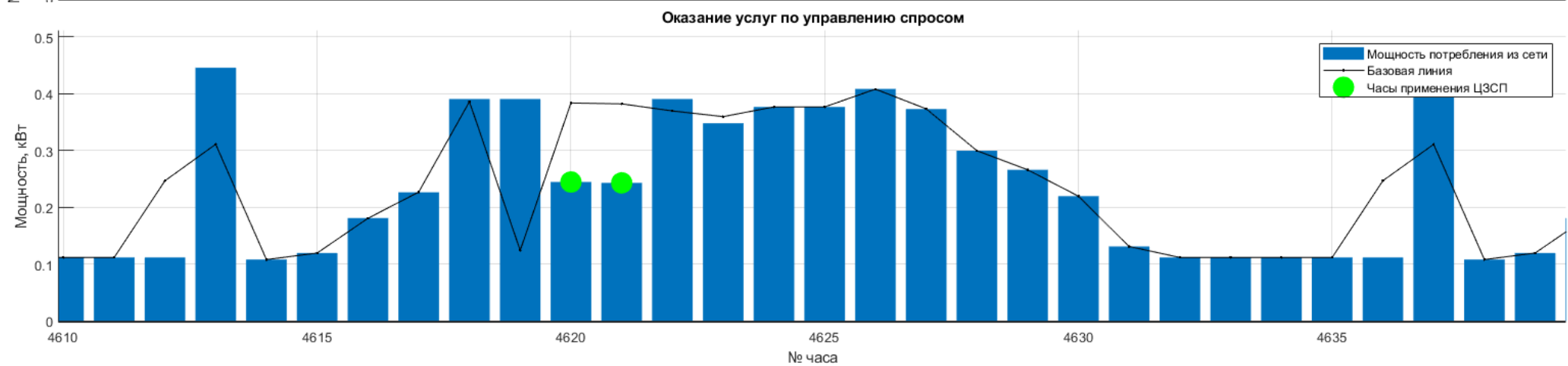
Мощность и энергия СНЭ за день



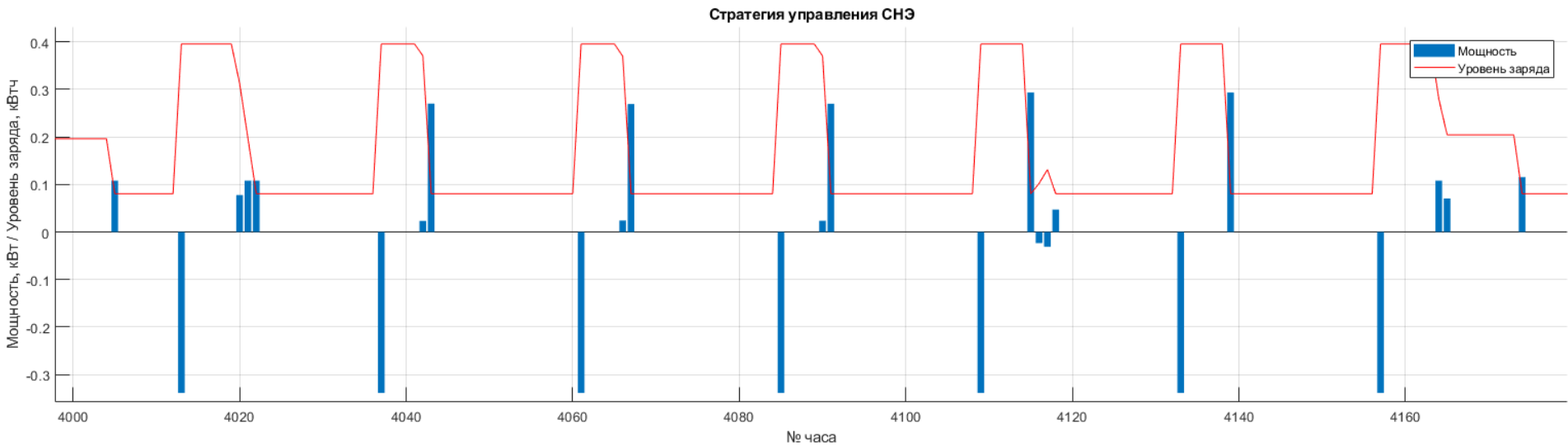
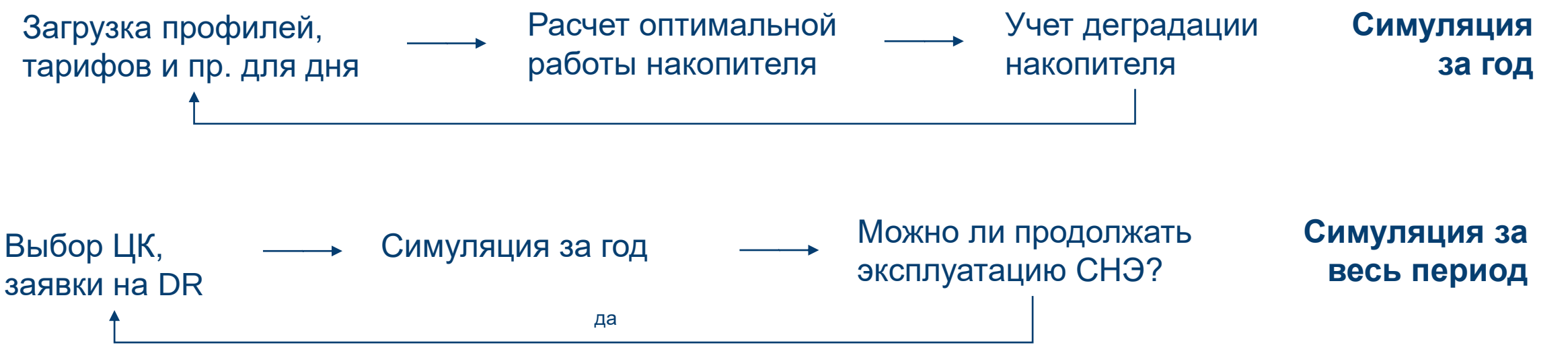
Мощность потребления из сети за день



Профиль для учета Demand Response



СИМУЛЯЦИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ РАБОТЫ НАКОПИТЕЛЯ



Расчет одного сценария для всех 161 объектов – 4ч на 8 ядрах

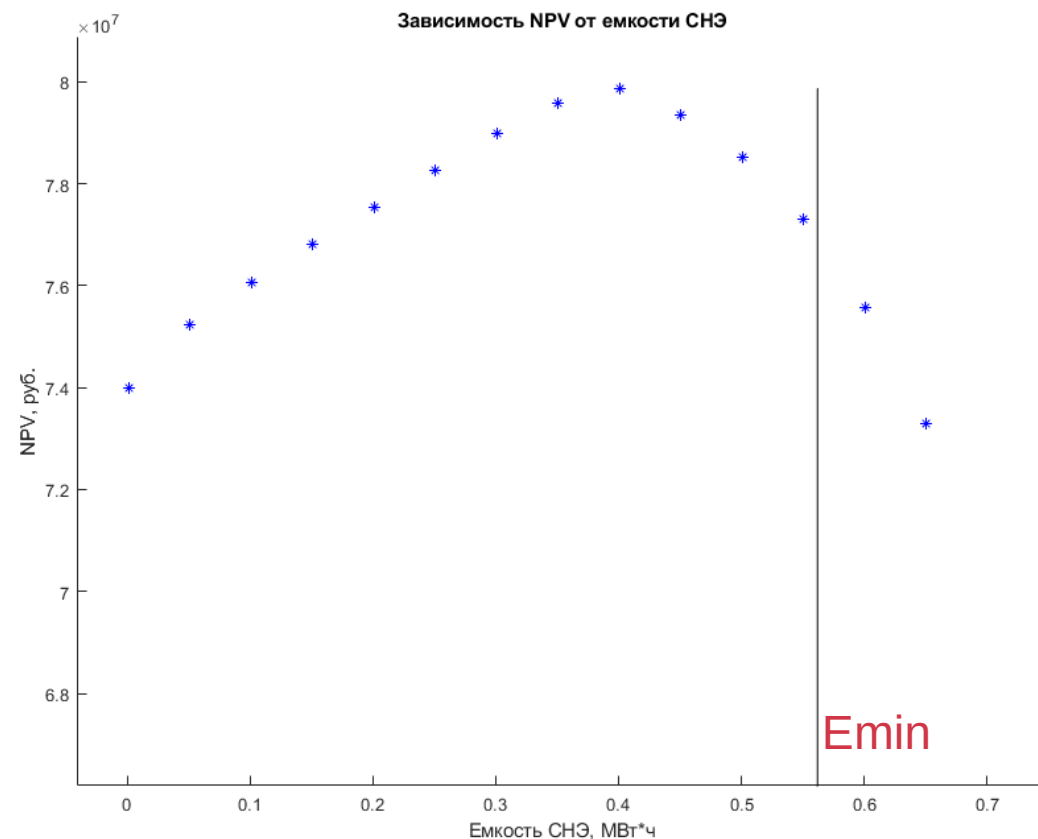
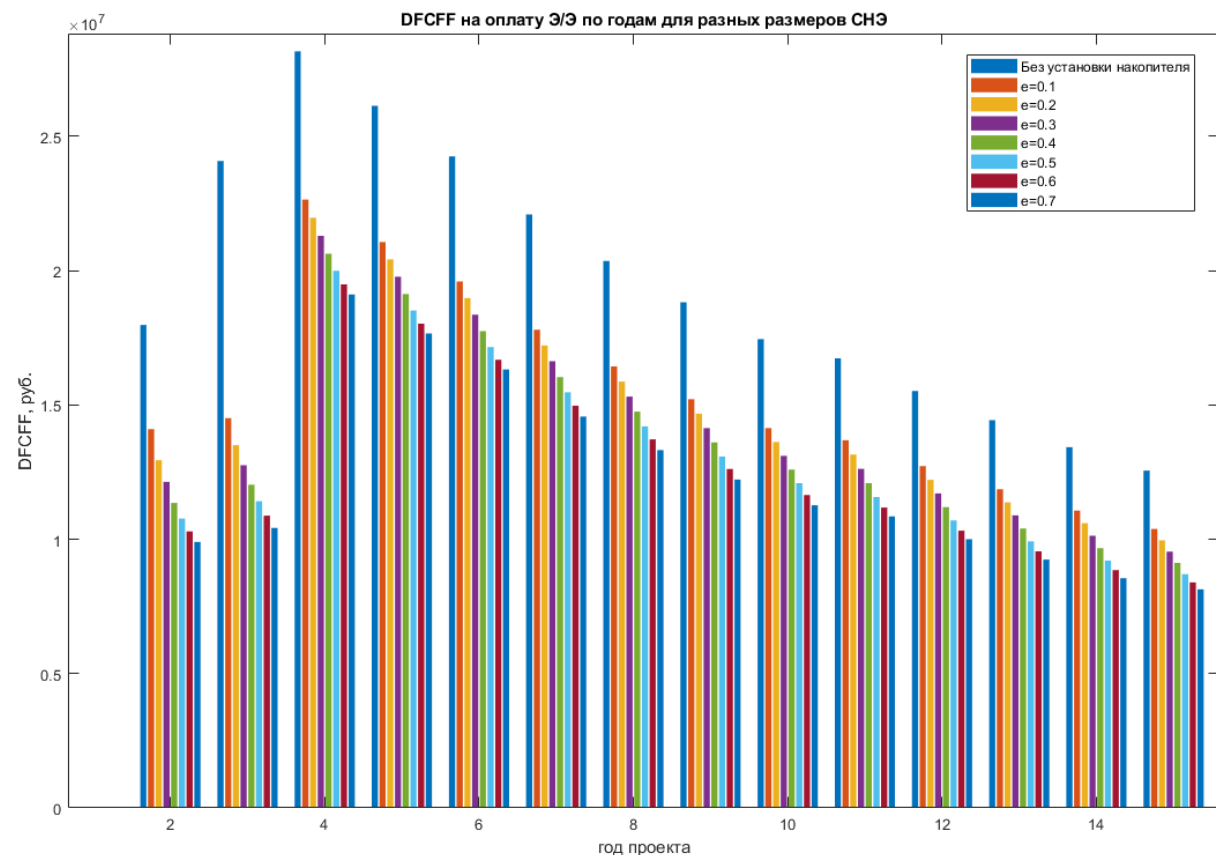
ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СНЭЭ

Определяем E_{min} для объекта

→ Фиксируется емкость СНЭЭ: $E > E_{min}$ и проводится симуляция работы по годам

→ В каждом году подбирается оптимальная ЦК (сравнением) и заявка на DR

→ Корректируется значение емкости и итерационный процесс продолжается



14 E_{min} – емкость СНЭЭ, необходимая для удовлетворения технических ограничений

СЕРВИС А-ТЭО

ВАРИАНТЫ ПРОЕКТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ:

- Активные энергетические комплексы (АЭК, промышленные микрогриды). Параллельно с ЕЭС в условиях внешних ограничений и / или с применением новых технологий (СНЭ)
- Автономные гибридные объекты (микрогрид) с новыми технологиями выработки и хранения энергии

РЕЗУЛЬТАТ:

- Фин.-эконом. модель и подбор **оптимальных** параметров накопителей энергии (СНЭ) и распределенной генерации для установки как на стадии строительства, так и на стадии эксплуатации
- Снижение трудозатрат на подготовку технико-экономического обоснования выбора оборудования

ОСОБЕННОСТИ:

- Расчет в течение всего жизненного цикла проекта/оборудования
- Выбор приоритетных показателей – срок окупаемости, NPV, IRR
- Пользователю не требуется раскрывать чувствительную информацию о норме доходности и др. – в сервисе он получит то, что не сможет посчитать сам, далее независимо примет решение о вложениях
- Сервис считает не приблизительно, а точно с учетом всех факторов, так почти никто не делает (это сложно)

The image displays two screenshots of the T3O service interface, which is used for calculating the technical and economic justification of power supply projects.

The top screenshot shows the "Входные данные" (Input data) step. It includes a progress bar at the top with four stages: 1. Входные данные (selected), 2. Конструктор оборудования, 3. Доп. параметры, and 4. Начало расчета. The main content area has three sections: "Скачать шаблон" (Download template), "Загрузить данные" (Load data), and "Выбор варианта электроснабжения" (Select power supply option). The "Выбор варианта электроснабжения" section has two radio buttons: "Параллельно с ЕЭС России (ценовая зона)" (selected) and "Автономно (или иная зона ЕЭС России)".

The bottom screenshot shows the "Конструктор оборудования" (Equipment constructor) step. It includes the same progress bar, with stage 2 selected. The main content area has a section titled "Входные данные" (Input data) with a "Добавить оборудование" (Add equipment) button. Below this, there are five columns of input fields for different equipment types: "Оборудование №1", "Оборудование №2", "Оборудование №3", "Оборудование №4", and "Оборудование №5". Each column has a dropdown menu for the equipment type (e.g., "Литий-ионный накопитель", "ДГУ") and several input fields for parameters like "Мощность разряда" (Discharge power), "Мощность заряда" (Charge power), "Максимальная глубина разряда" (Maximum depth of discharge), "Емкость" (Capacity), and "КПД" (Efficiency).

ЭТАП 2. УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ



ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС AMIGO EDGE



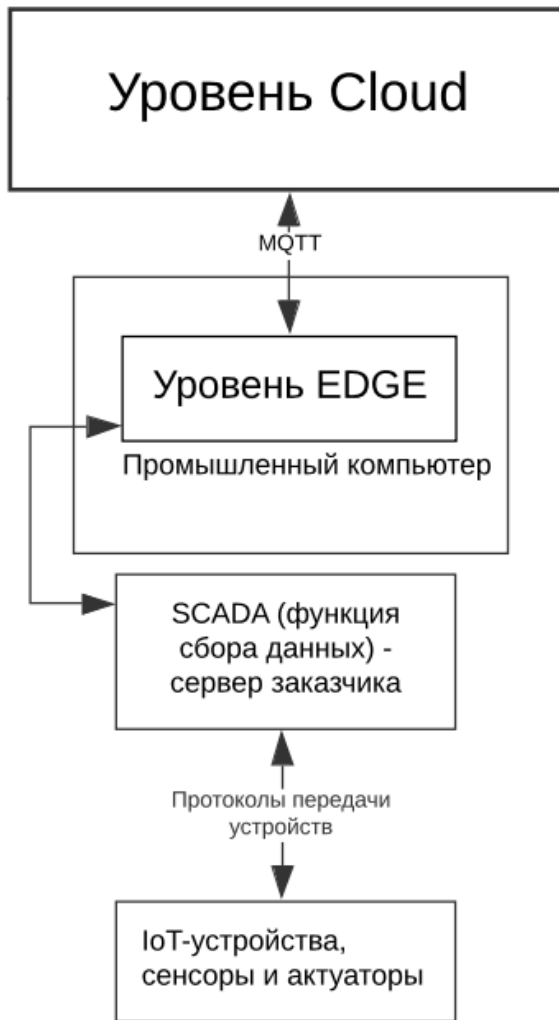
ПТК **AMIGO EDGE** предназначен для реализации элементарных алгоритмов управления, взаимодействия с облачными сервисами и сбора данных со SCADA-систем.

Комплектация может изменяться под нужды заказчика (установка обогрева, HMI интерфейса, контроллера для управления оборудованием и пр.)



- ❑ Встраиваемый компьютер KBox A-250
- ❑ Монитор DM-FW15A/PC фирмы "IEI"
- ❑ Маршрутизатор iRZ RL21w фирмы "IRZ Электроника"
- ❑ Коммутатор EDS-208A фирмы "МОХА"
- ❑ Блок питания TCL 060-124 фирмы «Traco Power»

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОЭНЕРГОСИСТЕМОЙ



1) Уровень Cloud,

- агрегация данных с метеорологических информационных систем и других источников,
- сервисы для решения задач прогнозирования и управления,
- мониторинг программного обеспечения и состояния Hardware.

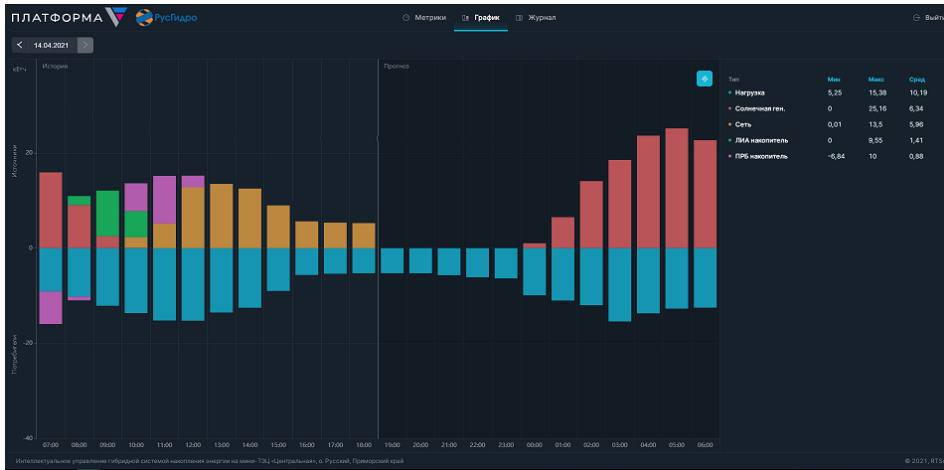
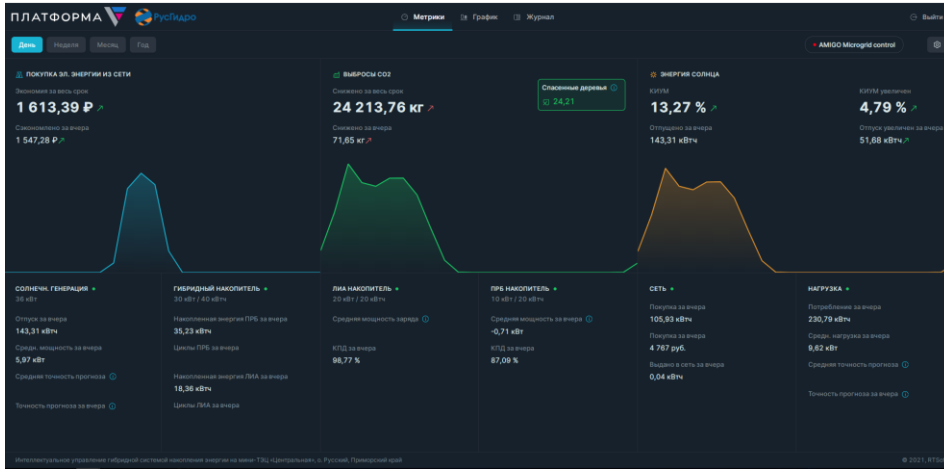
2) Уровень Edge,

- реализует команды, получаемые от облака,
- реализует простые алгоритмы управления для обеспечения надежного функционирования микроэнергосистемы в случае потери связи с облаком,
- Взаимодействует со SCADA-системой

ИНТЕРФЕЙС СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОГРИДОМ

В интерфейсе визуализируются следующие данные:

- **данные о работе солнечной электростанции** (отпуск в сеть, точность прогноза, эффективность использования солнечных панелей),
- **данные о работе накопителя электрической энергии** (заряд, количество циклов заряда/разряда, КПД, повышение эффективности при использовании умных алгоритмов),
- **данные об электроэнергии, приобретаемой из электрической сети** (стоимость, объем потребленной электроэнергии),
- **данные об электрической нагрузке** (объемы потребляемой электроэнергии, точность прогнозирования электроэнергии).



ОПЫТ УПРАВЛЕНИЯ СНЭЭ



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ОПЫТ УПРАВЛЕНИЯ СНЭЭ

- ❑ Удаленный контроль уровня заряда накопителя (для исключения полного разряда) на уровнях:
 - ✓ EDGE (Предотвращение снижения уровня заряда ниже допустимого)
 - ✓ Cloud (система мониторинга состояния накопителей, уведомляющая о критических случаях разряда)
- ❑ Интерфейсы управления для Tesvolt Li-Ion:
 - ✓ используется в режимах BEMS в инженерном центре,
 - ✓ выполнена корректировка допустимых параметров для режимов заряда-разряда,
 - ✓ интегрированы с AMIGO EDGE
- ❑ Учет технологических ограничения в работе REDOX накопителей (InEnergy RedOx) – работа насосов прокачки электролита и обогрев электролита, учет неравномерности КПД накопителя при формировании стратегии управления
- ❑ Использование оптимальных алгоритмов заряда-разряда накопителя для продления срока службы накопителя
- ❑ Взаимодействие с российскими производителями в рамках коммерческих проектов (Tevolt, InEnergy, NeoSun, Titan Power Supercapacitors)
- ❑ Взаимодействие с промышленными инверторами производства SINEXCEL



1 alert for alertname=BatteryLowStateOfCharge instance=192.168.10.145:502 severity=warning

[View in AlertManager](#)

[1] Firing

Labels

alertname = BatteryLowStateOfCharge
instance = 192.168.10.145:502
job = modbus_exporter
module = Electrical_Parameters
severity = warning

Annotations

description = ESS 192.168.10.145:502 has SoC below 20%\n VALUE = 19\n LABELS:
map[___:SoC instance:192.168.10.145:502 job:modbus_exporter
module:Electrical_Parameters]
summary = Low ESS state of charge on (instance 192.168.10.145:502)

[Source](#)

ПРИМЕНЕНИЕ СНЭЭ В ПРОЕКТАХ

Завершенные проекты:

- Инженерный дом РТСофт – Коммерческая диспетчеризация (СНЭЭ - 54 кВт / 67,2 кВт·ч Li-ion)
- Аккумуляторный завод АКОМ – Коммерческая диспетчеризация (СНЭЭ -180 кВт/ 201,66 кВт·ч Li-ion)
- Офисное здание «Градиент Килби» – Коммерческая диспетчеризация (СНЭЭ - 18 кВт / 57,6 кВт·ч Li-ion)
- Экспериментальная площадка REIDS – Микрогрид с распределенными энергоресурсами (СЭС, ВЭС), (300 кВт/кВт·ч Li-ion)
- о. Русский – Микрогрид с распределенными энергоресурсами (СЭС) (проточный и литий-ионный накопители 30 кВт / 50 кВт·ч)
- Анапа, санаторий ООО “КЦО “СИБУР ЮГ” (СНЭЭ – 312 кВт / 326,2 кВт·ч) – гибридная СЭС с ФЭС 450 кВт

Проекты в процессе:

- Трансформаторная подстанция 20/0,4 кВ «Сколково» – Установка СНЭЭ, Коммерческая диспетчеризация, Повышение надежности, Управление спросом (100 кВт/кВт·ч Li-ion)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПЛОЩАДКА РТСОФТ

Создана испытательная площадка для отработки и апробации:

АЛГОРИТМОВ:

- Оптимизации состава включенного оборудования, стратегии управления накопителями и нагрузками направленные на снижение затрат потребителей на электроэнергию
- Прогнозирования потребления

БИЗНЕС-РЕШЕНИЙ:

- Коммерческая диспетчеризация - снижение затрат на электроснабжение. AMIGO EMS
- Управление спросом (ЦЗСП) - AMIGO aggregator и агрегатор РТС-центр

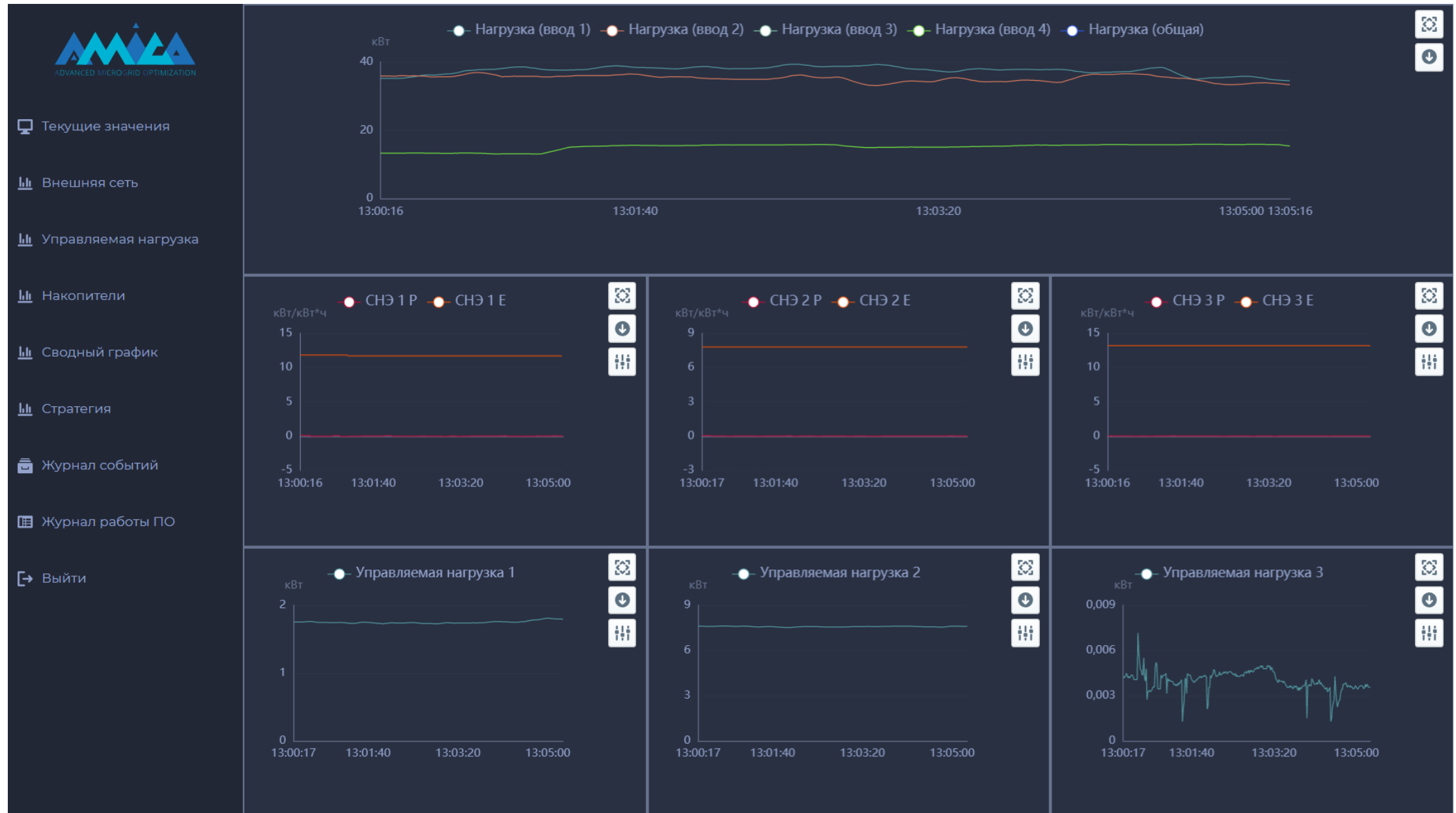
АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ И БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ:

- Развертывание ПО в облаке, SaaS решение
- Развертывание ПО на уровне объекта, лицензия on-premise

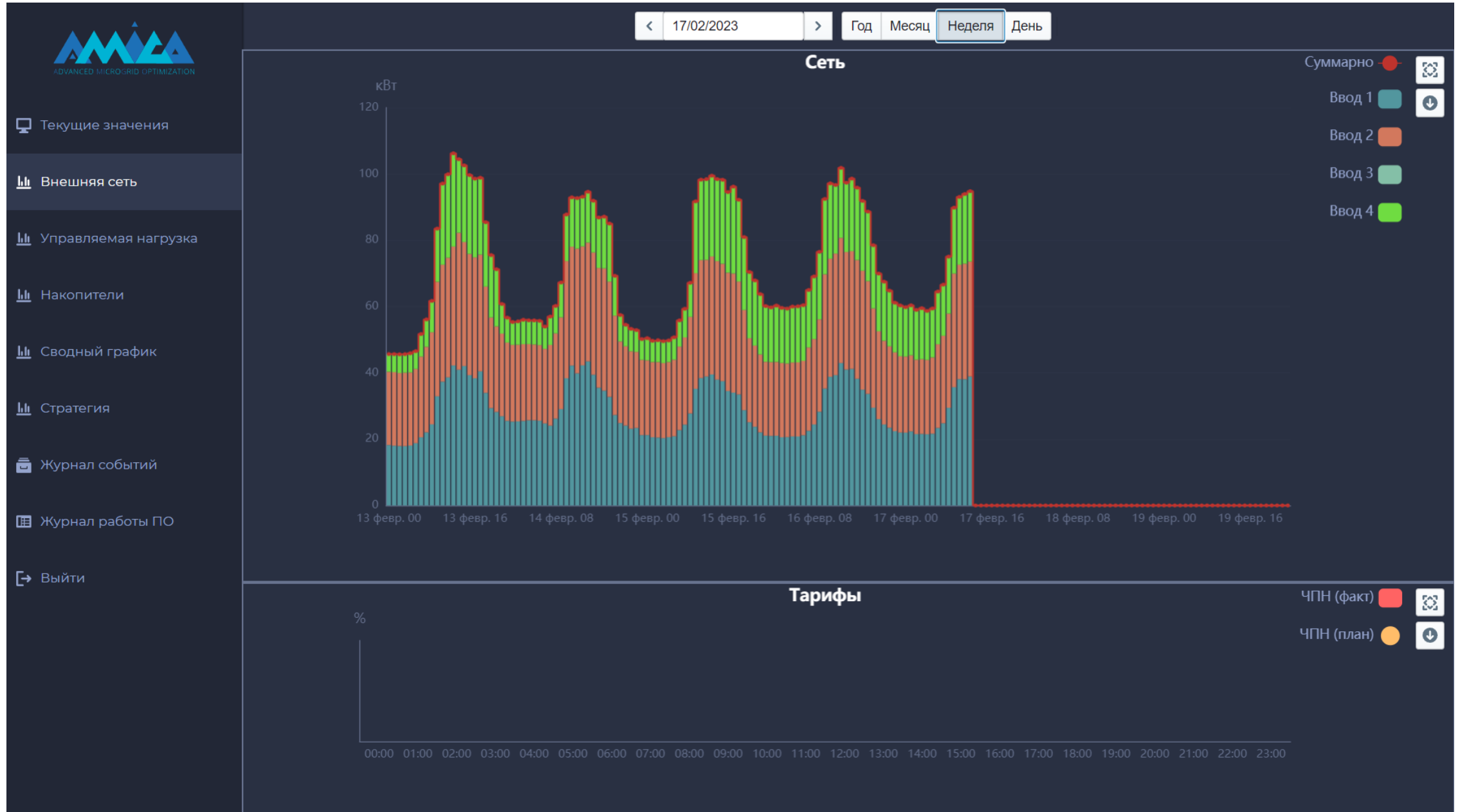


Литий-ионная СНЭЭ (54 кВт / 67,2 кВт·ч)
Накопители энергии – TESVOLT TS25
Инверторы – 9 x Sunny Island 6.0H

ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ



ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ



Аккумуляторный завод (АКОМ)

Литий-ионная СНЭЭ (180 кВт / 201,6 кВт·ч)

Накопители энергии – TESVOLT TS HV70 (201,6 кВт ·ч)

Инверторы – 3 x SMA STPS 60 (60 кВт)

Цель проекта – повышение энергоэффективности промышленного предприятия за счет:

- установки СНЭЭ оптимальной конфигурации и внедрения системы управления для снижения затрат на электроэнергию
- управление технологическим процессом для снижения удельных энергозатрат

Состав решения РТСофт:

- Выбор оптимальных параметров СНЭЭ
- Внедрение AMIGO EMS с функцией формирования оптимальной стратегии для управления СНЭЭ и процессом производства
- Выбор оптимальной ценовой категории (переход к 4-й ценовой категории)

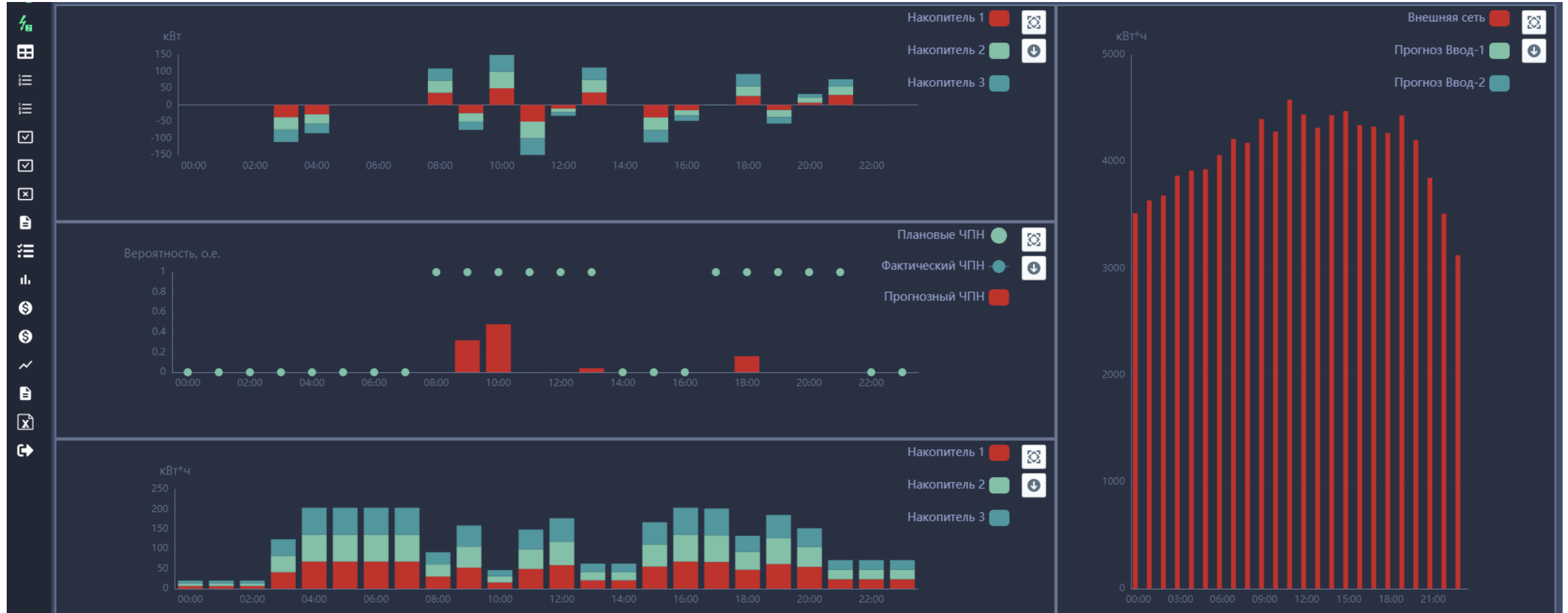
Эффекты и результаты:

- Снижение платы на 14% за услуги по передаче
- Снижение платы на 18% за генераторную мощность



УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

AMIGO EMS автоматически управляет системой накопления энергии с целью минимизации стоимости покупки мощности (снижение мощности в ЧПН) и оплаты услуг по передаче электроэнергии (снижение мощности в ПЧПН).



УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

AMIGO EMS определяет оптимальную стратегию погрузки АКБ на зарядные столы без снижения общей производительности завода. В рамках управления может быть изменено время старта погрузки, тип АКБ, номер зарядного зала и другие параметры.

▲

⚡

⚡

🗒

☰

☰

☑

☑

📄

☰

⏏

📄

☒

📄

📄

Зарядный зал №1

Зарядный зал №2

Новых сообщений: 1

11.02 12:41 На лин Стол Готов ○ 180 ○	211.02 12:59 На лин Стол Готов ○ 180 ○	311.02 13:15 На лин Стол Готов ○ 180 ○	411.02 13:33 На лин Стол Готов ○ 180 ○	511.02 13:49 На лин Стол Готов ○ 180 ○	611.02 14:09 На лин Стол Готов ○ 180 ○	711.02 14:26 На лин Стол Готов ○ 180 ○	Режим управления Режим управления AMIGO изменен на автоматический для зала #1
811.02 14:45 На лин Стол Готов ○ 180 ○	911.02 15:03 На лин Стол Готов ○ 180 ○	1011.02 15:30 На лин Стол Готов ○ 180 ○	1111.02 15:47 На лин Стол Готов ○ 180 ○	1211.02 16:04 На лин Стол Готов ○ 180 ○	1311.02 16:24 На лин Стол Готов ○ 180 ○	1411.02 16:41 На лин Стол Готов ○ 180 ○	
1511.02 16:58 На лин Стол Готов ○ 180 ○	1611.02 17:18 На лин Стол Готов ○ 180 ○	1711.02 21:43 На лин Стол Готов ○ 180 ○	1811.02 22:20 На лин Стол Готов ○ 180 ○	1911.02 22:57 На лин Стол Готов ○ 180 ○	2011.02 23:35 На лин Стол Готов ○ 180 ○	2111.02 22:29 На лин Стол Готов ○ 180 ○	
2212.02 00:27 На лин Стол Готов ○ 180 ○	23Загрузка На лин Стол Готов ○ 180 ○	24Свободен На лин Стол Готов ○ ○ ○	25Свободен На лин Стол Готов ○ ○ ○	26Свободен На лин Стол Готов ○ ○ ○	27Свободен На лин Стол Готов ○ ○ ○	28Свободен На лин Стол Готов ○ ○ ○	
29Свободен На лин Стол Готов ○ ○ ○	30Свободен На лин Стол Готов ○ ○ ○	31Свободен На лин Стол Готов ○ ○ ○	32Свободен На лин Стол Готов ○ ○ ○				

ОФИСНОЕ ЗДАНИЕ «ГРАДИЕНТ КИЛБИ»

Тип объекта: гибридная система электроснабжения с ФЭС и СНЭЭ

Цель проекта – повышение энергоэффективности офисного здания:

- повышение эффективности использования солнечных панелей за счет интеллектуального управления накопителем
- оптимизация режима потребления из внешней сети для снижения платы за электроснабжение

Состав решения:

- Внедрение AMIGO EMS с функциями прогнозирования солнечной генерации и потребления для оптимизации режима потребления для управления инженерными системами здания, системой накопления и солнечной электростанцией при управлении инженерными системами и энергоресурсами здания
- Создание централизованного диспетчерского пункта управления инженерными системами с web-доступом
- Выбор оптимальных договорных условий (переход на III ценовую категорию)

Эффекты и результаты:

- Снижение затрат на электроснабжение на 22%
- Снижение срока окупаемости солнечной электростанции за счет оптимального управления системой накопления энергии



Литий-ионная СНЭЭ (18 кВт / 57,6 кВт·ч)

Накопители энергии – TESVOLT Li 60 (57,6 кВт·ч)

Инверторы – 3 x SMA Sunny Island 6.0H (18 кВт)

Солнечная электростанция – 41,1 кВт

(Hanwha Q-Cells Q.Pro G4 poly 265 Wp BenQ PM060M02 mono 280 Wp)

Интеллектуальное управление гибридной системой накопления энергии на мини-ТЭЦ «Центральная», о. Русский

Тип объекта: микрогрид с наличием/без связи со внешней сетью (СЭС, накопители, нагрузка)

Задачи проекта:

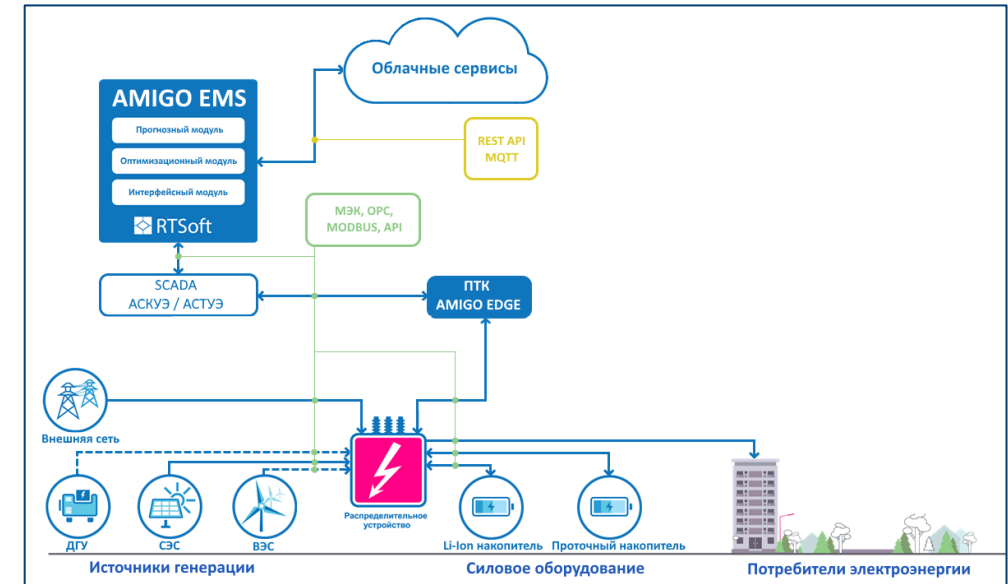
- снижение платы за электроэнергию из внешней сети (при наличии связи)
- повышение эффективности использования накопителей (разных типов) и солнечной генерации
- снижение сроков окупаемости накопителей и генерации на ВИЭ

Состав решения:

- информационно-управляющая система AMIGO MC (Microgrid Control) взаимодействующая со SCADA-системой и облачными сервисами
- облачные сервисы для мониторинга и диагностики, получения метеоданных и прогнозирования солнечной генерации

Эффекты и результаты:

- создана система управления, обеспечивающая оптимальное управление активным энергетическим оборудованием локальной микроэнергосистемы



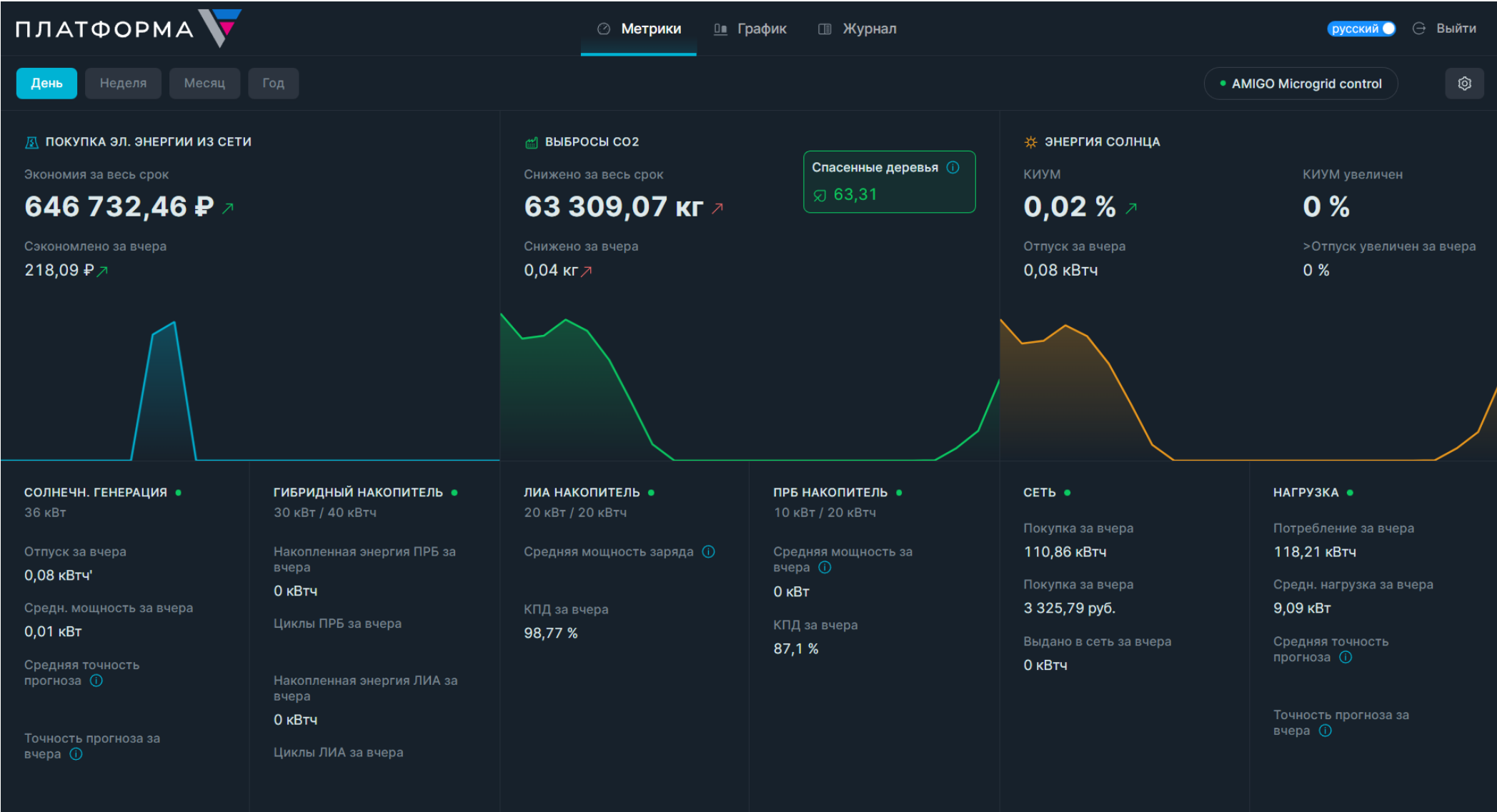
Литий-ионная СНЭЭ – 22,8 кВт·ч

Проточный накопитель – 30 кВт ·ч (ООО "Инэнерджи")

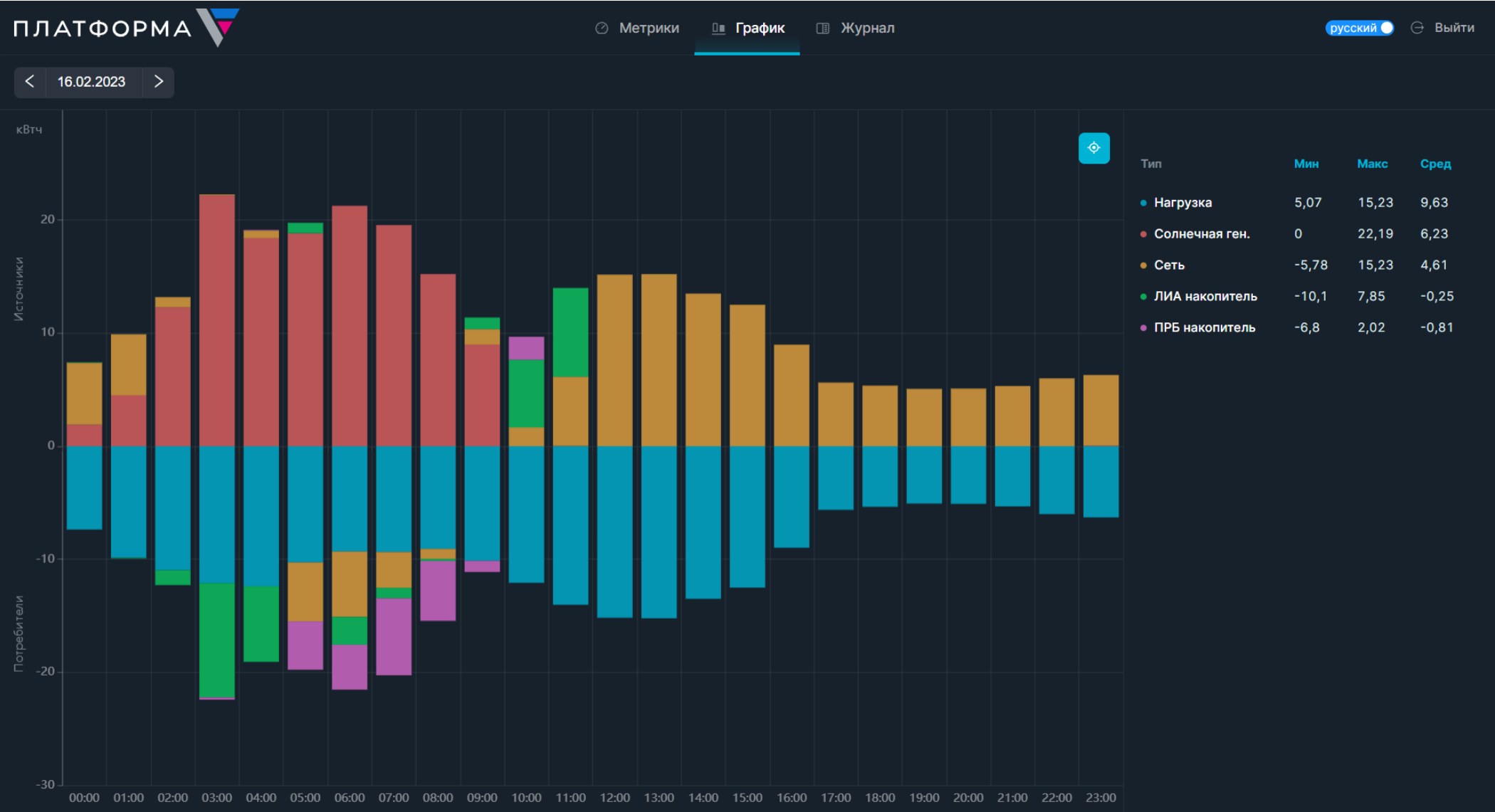
Инверторы – 3 x Schneider Electric Conext XW+8548 (3x6,8 кВт)

Солнечная электростанция – 36,7 кВт / 36 кВт инвертор Schneider Electric Conext CL36E (108 x TWsolar Shingled Module-60S PERC монокристалл)

ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ



ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ



Интеллектуальное управление системой накопления электрической энергии при наличии фотоэлектрической станции

Тип объекта: гибридная система электроснабжения с фотоэлектрической станцией

Задачи проекта:

- снижение платы за электроэнергию из внешней сети за счет использования СНЭЭ
- повышение КИУМ ФЭС

Состав решения:

- информационно-управляющая система AMIGO EDGE взаимодействующая со SCADA-системой и СНЭЭ
- облачные сервисы для мониторинга и диагностики, получения метеоданных и прогнозирования солнечной генерации

Эффекты и результаты:

- создана система управления, обеспечивающая оптимальное управление СНЭЭ для снижения потребления в ЧПН и повышения КИУМ ФЭС



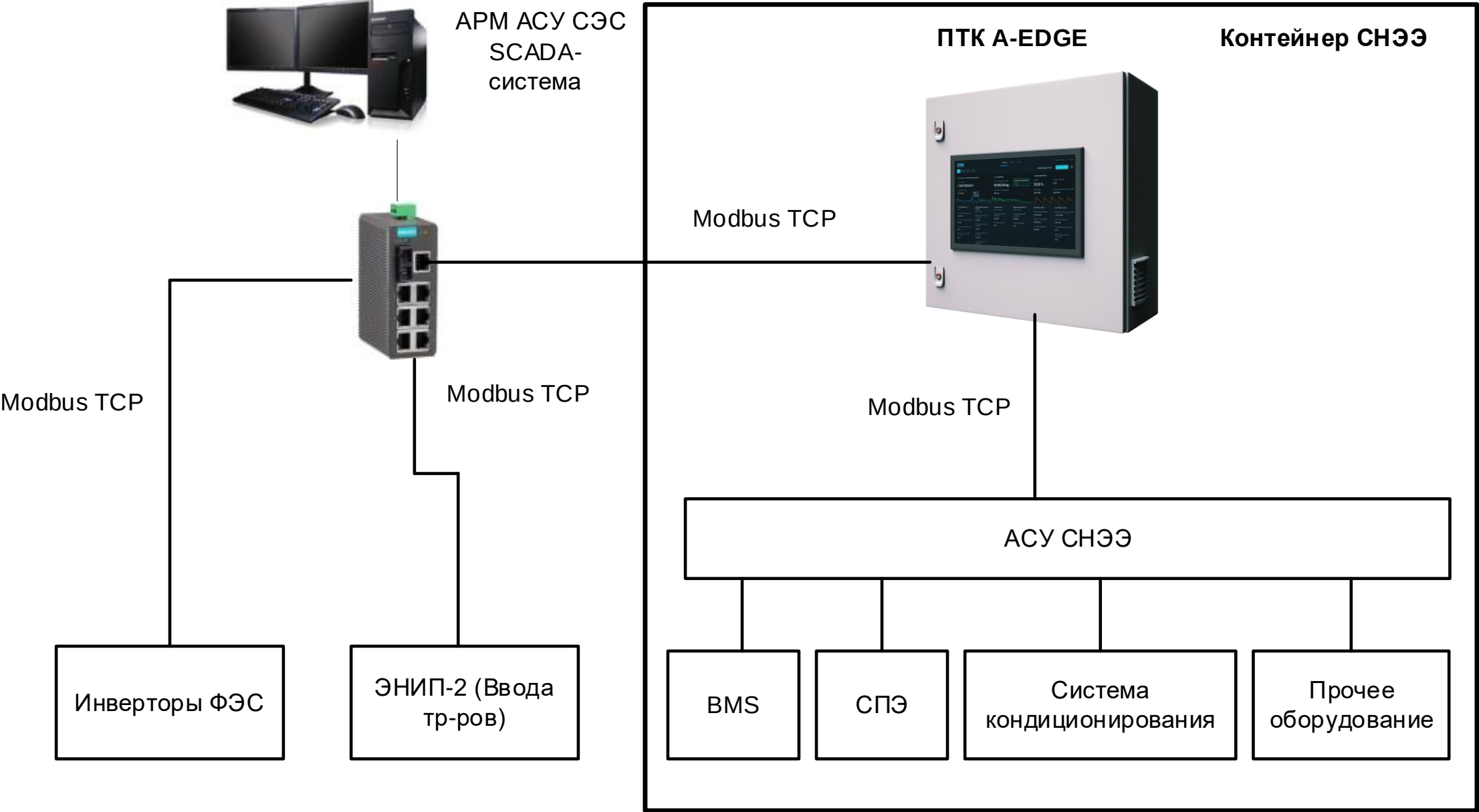
Литий-ионная СНЭЭ – 312 кВт / 326,7 кВт·ч

СПЭ – Sinexel PWS1-500KTL-EX (312,5 кВт)

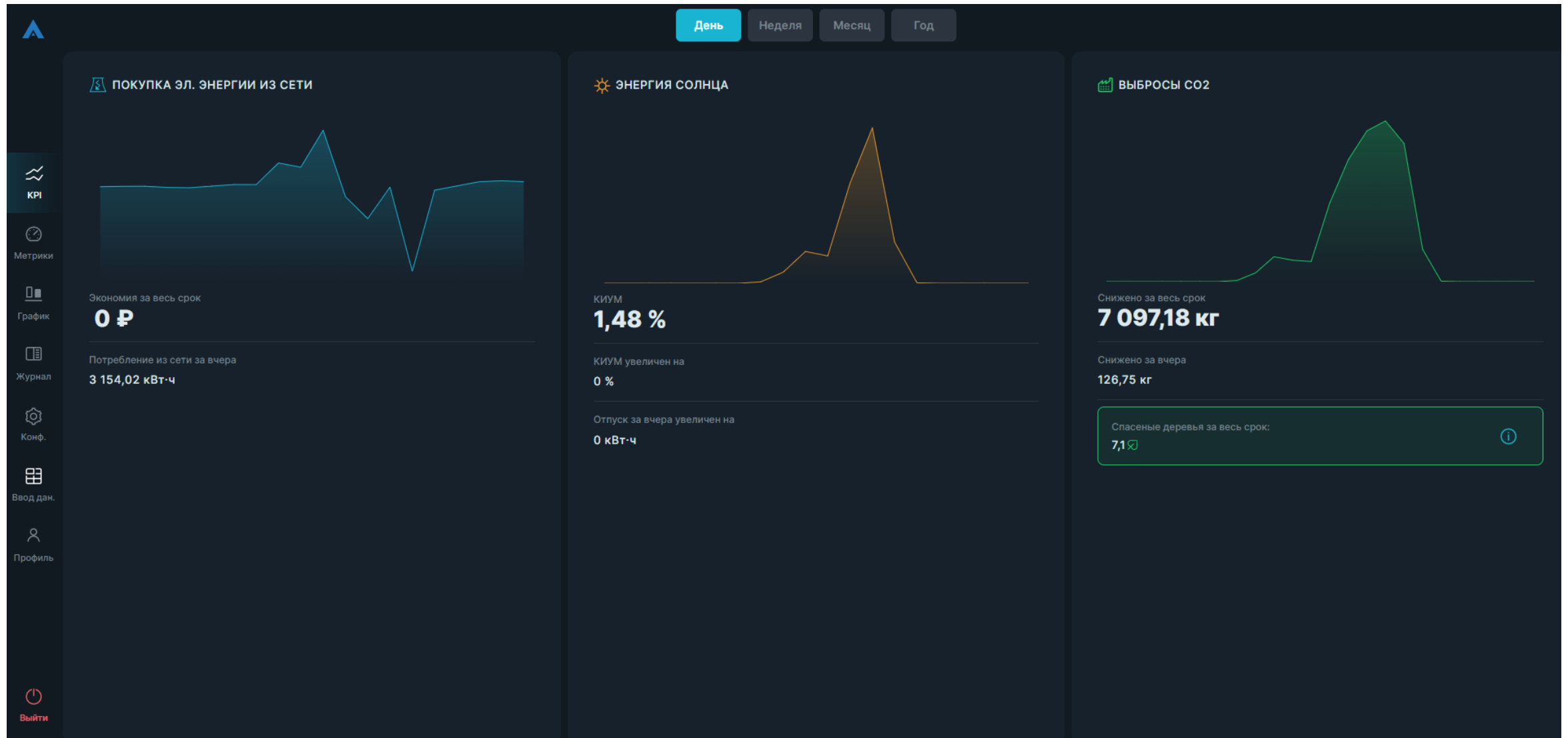
Накопитель энергии – PylonTech Powercube-M1 3 x 108,93 кВт·ч

Солнечная электростанция – 452 кВт (инверторы SunGrow)

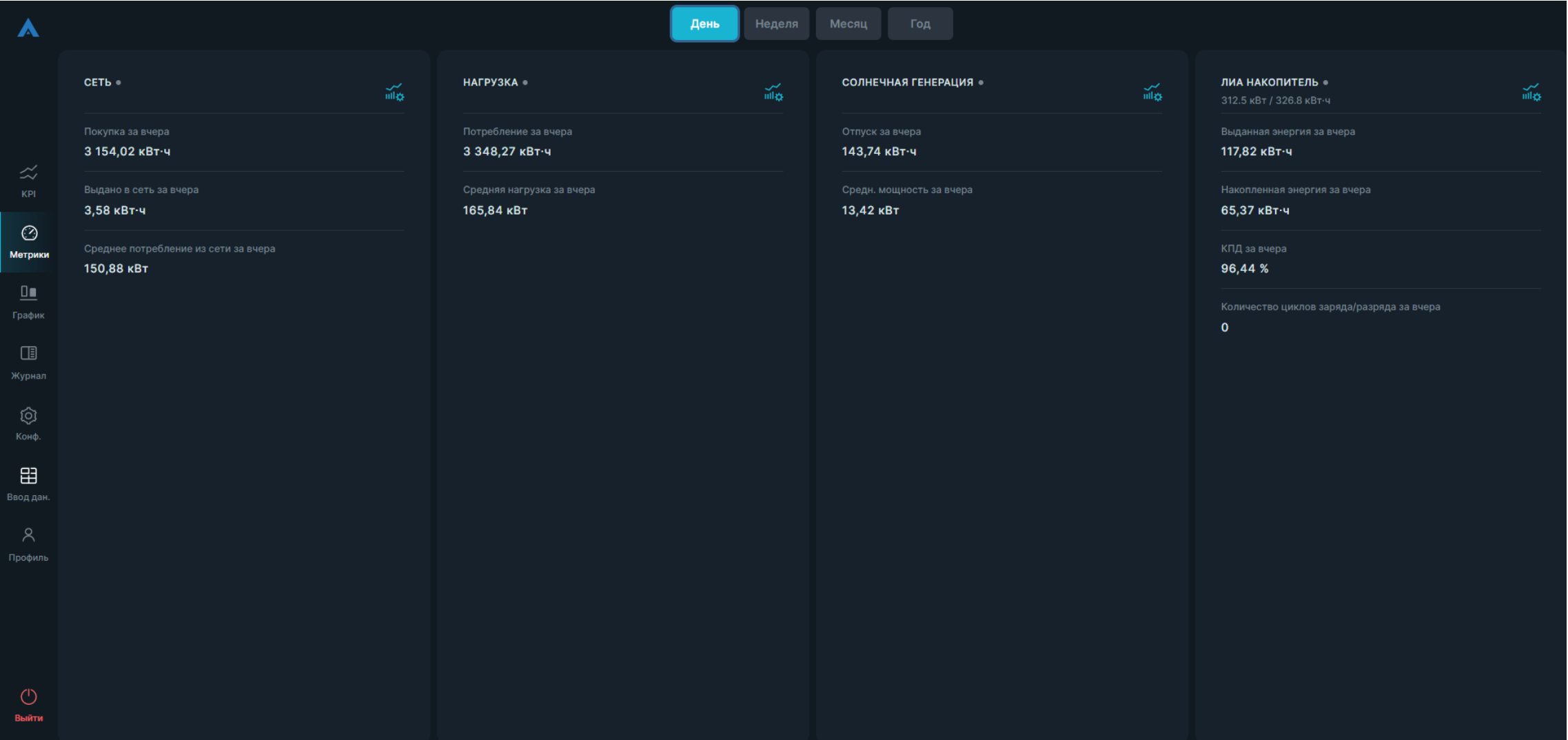
СТРУКТУРА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ВНЕШНИМИ СИСТЕМАМИ



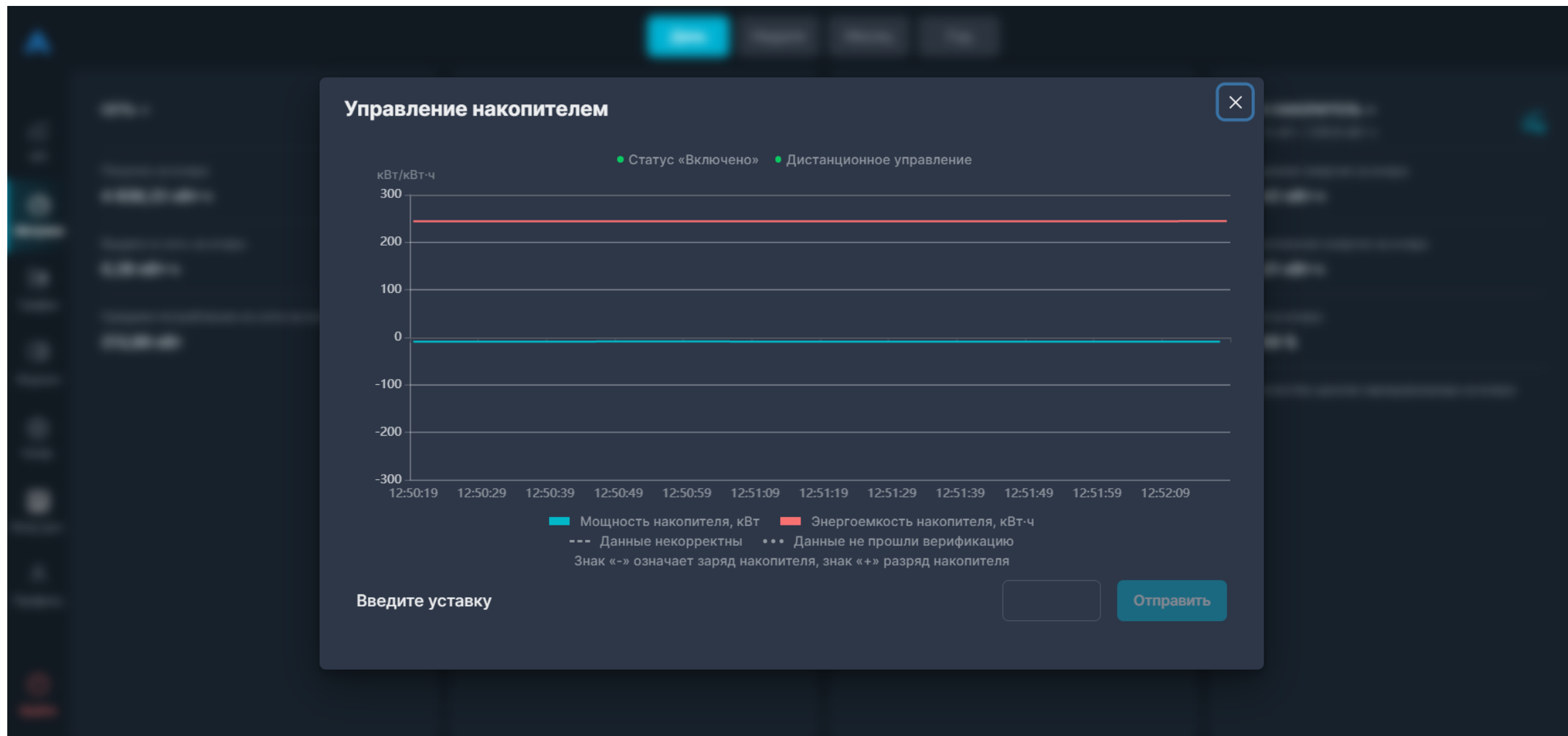
ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ



ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ



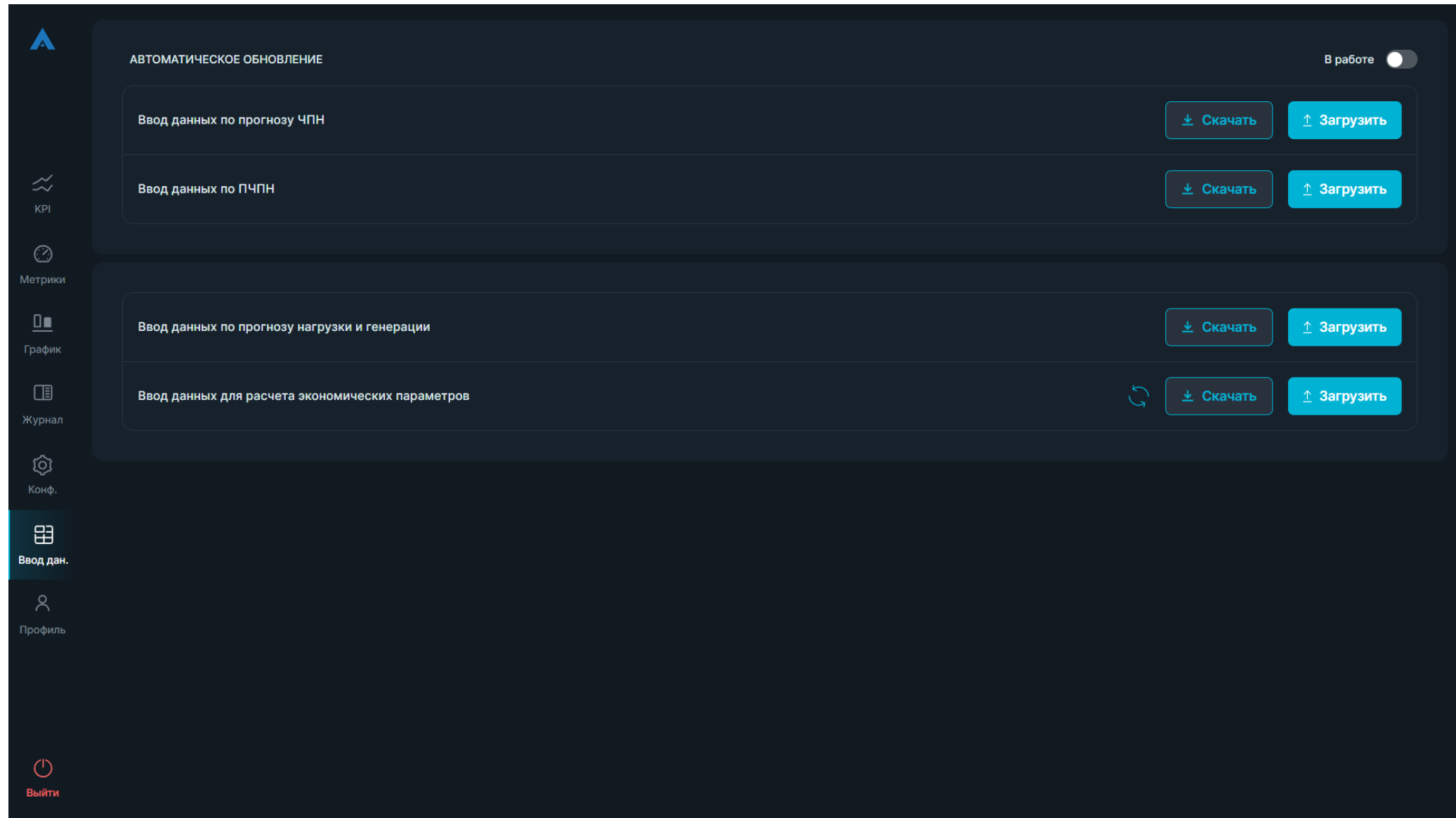
ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ



ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ



ЭКРАННЫЕ ФОРМЫ ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ



ВЫВОДЫ

- В РТСофт-СГ разработана серия программных продуктов, направленных на развитие распределенной энергетики при использовании систем накопления электрической энергии
- Разработанные продукты решают различные задачи в ходе жизненного цикла проектов распределенной энергетики: подбор оптимальных параметров систем накопления электрической энергии, управление СНЭЭ и другим активным оборудованием в гибридных системах электроснабжения и микрогридах, организация предоставления системных услуг, в частности услуги по управлению спросом
- Автоматизированная система технико-экономической оценки (А-ТЭО), в отличие от зарубежных систем для ТЭО объектов распределенной энергетики, учитывает особенности российского рынка ЭЭ и ЭМ, включая рынок системных услуг, представленный услугой по управлению спросом

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Автоматизированная система технико-экономической оценки (А-ТЭО) является полигоном для отработки новых алгоритмов оптимизации и прогнозирования, и позволяет провести предварительную оценку эффективности системы управления до ее внедрения
- Для управления объектами распределенной энергетики разработан ПТК AMIGO EDGE, обеспечивающий взаимодействие с облачными сервисами оптимизации и прогнозирования, а также обеспечивающий снижение уровня потребления при наступлении события управления спросом
- С 2017 года получен опыт работы с разными накопителями (TESVOLT, Pylontech) и системами преобразования энергии (SINEXCEL, SMA, Schneider Electric) для диапазона мощности от 10 до 300 кВт (реализовано 6 проектов).



ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ОСТРОВНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

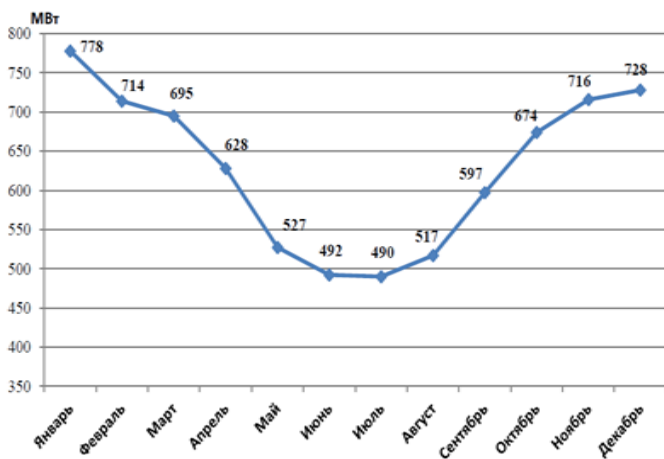
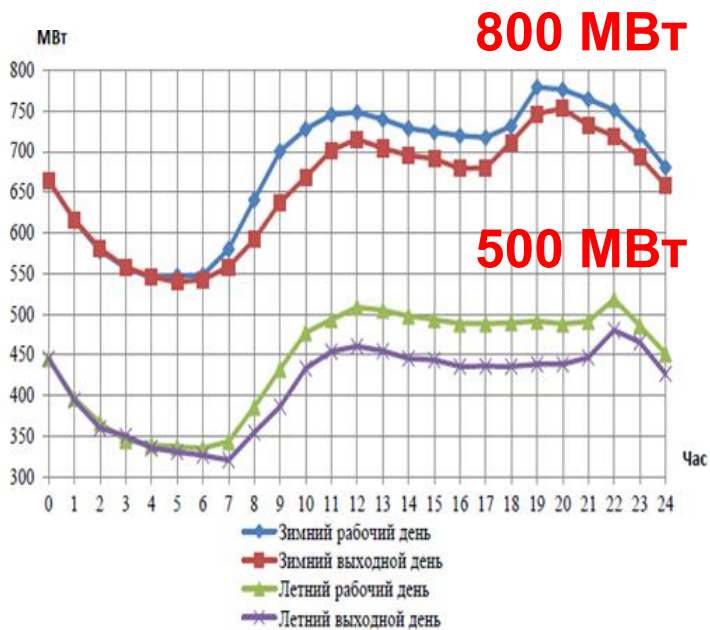
ОСОБЕННОСТИ ОСТРОВНЫХ ЭЭС

- **полная ответственность** за поддержание параметров качества электроэнергии (f , U) на подведомственной территории **в отличие от «посильного» участия** в управлении и регулировании режима в случае ЭЭС, входящей в большое энергообъединение
- большая относительная погрешность прогноза профиля потребления (10% и более к потреблению энергообъединения) → существенные случайные отклонения частоты → необходима **ПОСТОЯННО** включенная маневренная генерация: гидро-; ГТУ, **ИЛИ ИНАЯ...**

Для определенности - будем говорить об островных ЭЭС (ОЭЭС) с max потреблением от нескольких сотен до 2 000 МВт, не располагающих значимыми ГЭС/ГАЭС

Пример – Калининградская энергосистема (ЭСКАО) $\approx$ 1000 МВт

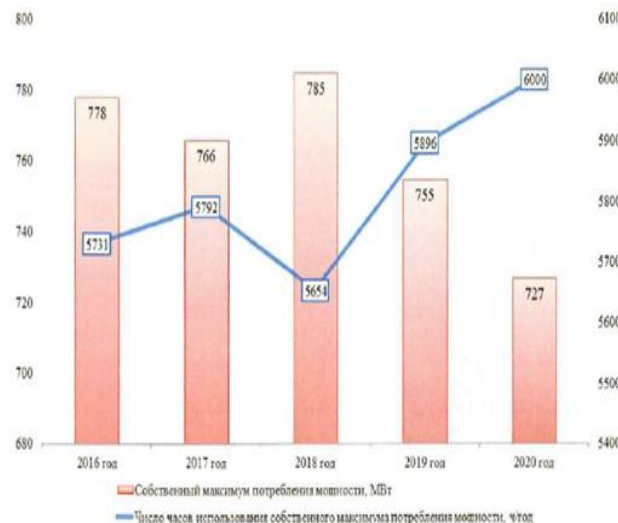
ПАРАМЕТРЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ (ЭСКАО)



	Электростанция	Нуст, МВт	Состав генерации	Топливо	Принадлежность
1	Калининградская ТЭЦ 2	900	2*(2ГТУ-150+2КУ и ПТУ-150)	газ	ИнтерРАО
2	Прегольская ТЭС	460,1	4*(ГТУ+КУ и ПТУ)	газ	ИнтерРАО
3	Маяковская ТЭС	160,4	2*ГТУ-80	газ	ИнтерРАО
4	Талаховская ТЭС	161,1	2*ГТУ-80	газ	ИнтерРАО
5	Приморская ТЭС	195	3*ПСУ-65	уголь	ИнтерРАО
6	Гусевская ТЭЦ	8,5		газ	Калининградская ГК
7	ТЭЦ-10 ООО «Атлас-маркет»	24		газ	ЦБК
8	Правдинская ГЭС-3	1,1		вода	Янтарьэнерго
9	Озерская ГЭС	0,5		вода	Янтарьэнерго
10	Ушаковская ВЭС	5,1		ветер	Калининградская ГК
	Всего ≈	1900			

98% ИНТЕР РАО

1900 МВт

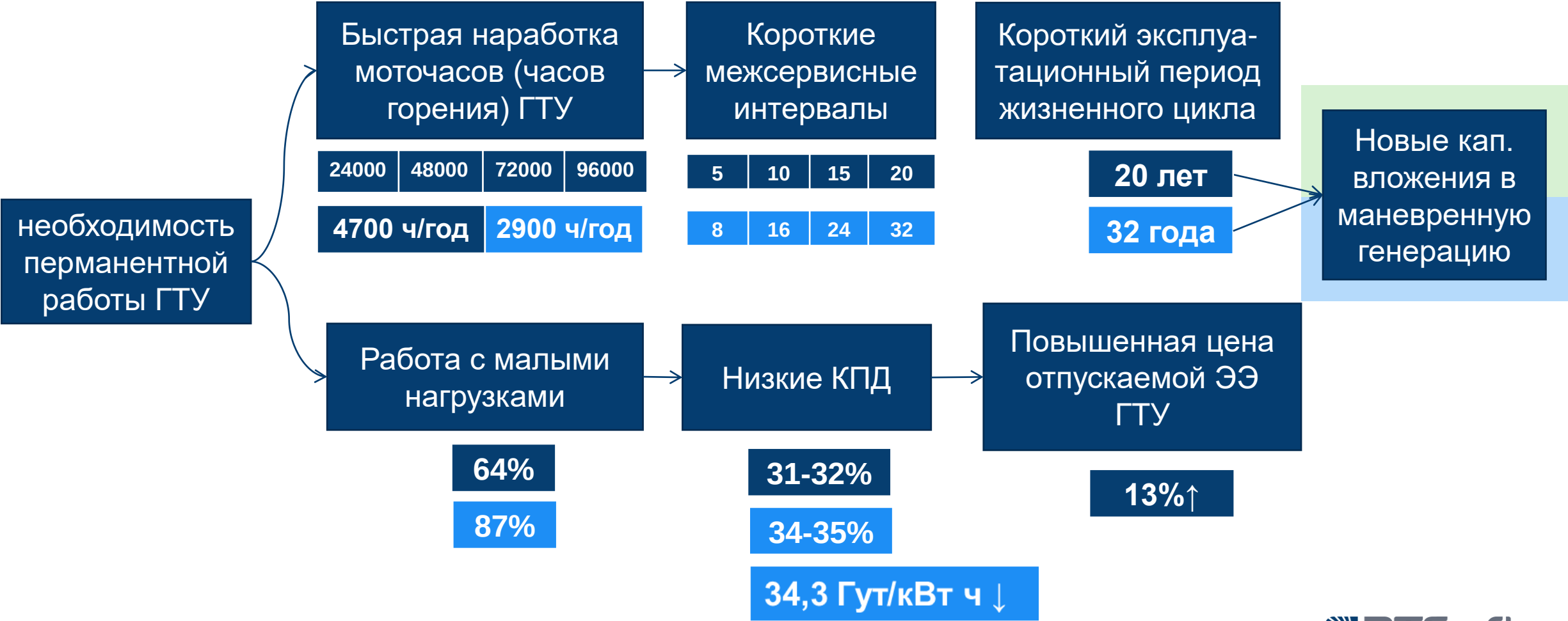


	М, руб/МВт в месяц	Э, руб/МВтч
Калининградская ТЭЦ-2	500 000	1 200
Приморская ГРЭС	5 000 000	3 200
Прегольская ТЭС	1 800 000	1 300
Маяковская ТЭС	1 700 000	1 700
Талаховская ТЭС	1 800 000	1 700

ОСОБЕННОСТИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ (ЭСКАО)

- ЭСКАО работает в режиме «нулевого перетока» на границе с ЭЭС Литвы; высокая вероятность перевода ЭСКАО в островной режим с 2025 года
- Специфические требования:
 - необходимо поддерживать во включенном состоянии пиковую генерацию - энергооборудование, способное к быстрому и точному управлению мощностью в целях регулирования частоты;
 - необходимо ограничить максимальное значение мощности на блоках (100 – 120 МВт)
 - необходимо резервирование генерирующих мощностей для компенсации потери генерации (100 – 120 МВт) и ошибок прогнозирования и флуктуаций электропотребления ($\pm 10\%$)
 - к стимулированию участников ЭСКАО к оказанию услуг энергетической гибкости (участие в регулировании частоты, напряжения и других параметров электрического режима)
 - к функциональности систем режимного и противоаварийного управления
- Дополнительные технологические вызовы для владельцев энергооборудования - проблемы ТО ГТУ - 80 Маяковкой и Талаховской ТЭС, связанные с необходимостью перманентной работы пикового генерирующего оборудования

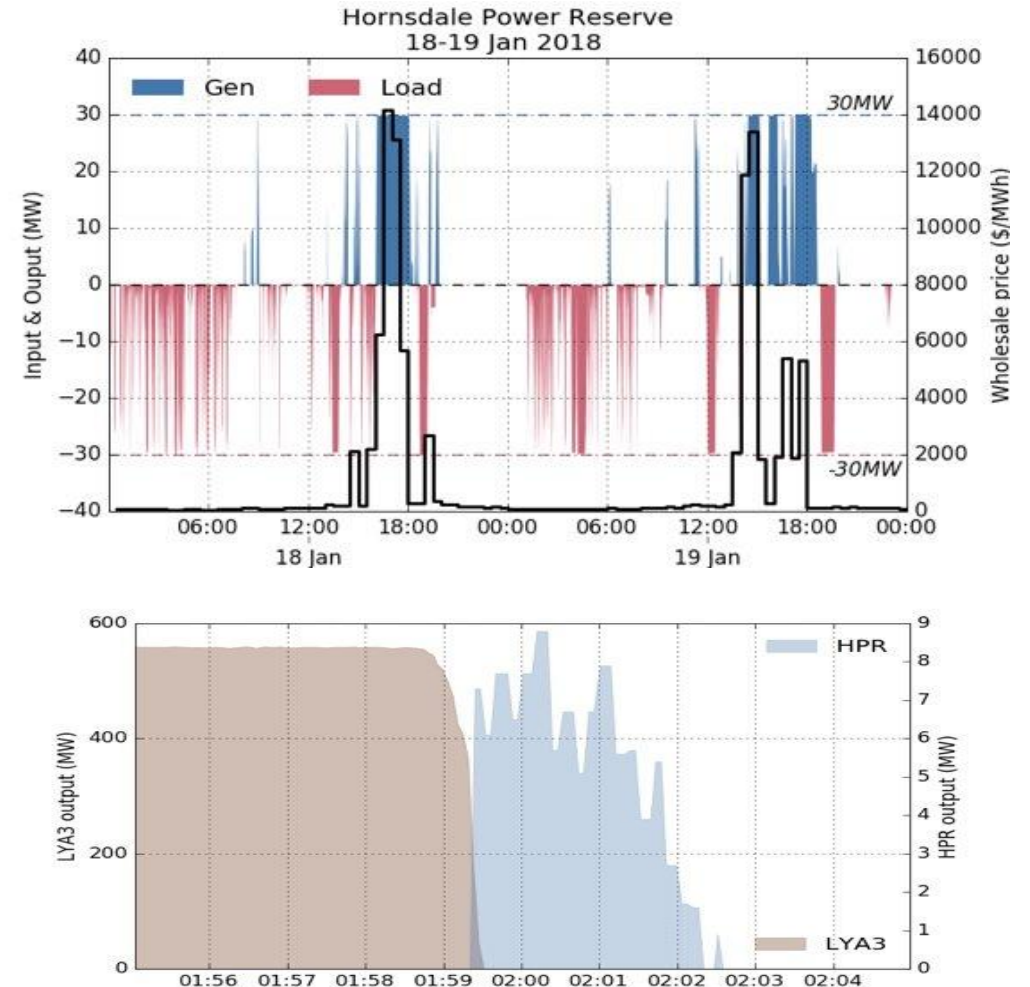
АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЭ. ПРЕДПОСЫЛКИ



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ. ЮЖНАЯ АВСТРАЛИЯ

В 2017 года компания Tesla ввела в действие СНЭЭ - электростанцию Hornsdale Power Reserve на аккумуляторах Tesla Powerpack с параметрами: 100 МВт/129 МВт·ч. **СНЭЭ** сглаживает скачки ВИЭ-генерации, аккумулируя энергию во время максимальной генерации и низкой цены на спотовом рынке, и подавая её в систему, в часы максимума ЭП по максимальной цене. **СНЭЭ** быстро реагирует на резкие изменения в ЭЭС: по техническим причинам от общей сети внезапно отключилась угольная электростанция Loy Yang A 3. СНЭЭ Tesla среагировала на это событие в течение миллисекунд — на 4 секунды быстрее, чем резервный генератор частотного контроля и вспомогательных услуг (FCAS) в Квинсленде. На полную мощность с 0 до 100 МВт СНЭЭ выходит за 140 мс. СНЭЭ работает на двух уровнях. Мощность в 30 МВт/90 МВт·ч доступна оператору Neoen (ВЭС) для продажи ээ на рынке, остальное использует СО для целей регулирования и аварийного резервирования мощности

В Австралии запланировано строительство ещё **как минимум четырёх** подобных аккумуляторных систем: в Южной Австралии, на Северной территории, в Квинсленде и Новом Южном Уэльсе



<https://habr.com/ru/post/409761/>

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ. СИНГАПУР

Сингапурская группа компаний Sembcorp и Управление энергетического рынка Сингапура (EMA) объявили об успешном вводе в эксплуатацию СНЭЭ (на LFR) на системы накопления энергии 200 МВт ёмкостью 285 МВт*ч (мегаватт-час) в районе Баньян и Сакра на острове Джуронг в Сингапуре

Время отклика на накопление и выдачу электроэнергии - миллисекунды обеспечивает возможности:

- сглаживания переменной выработки СЭС
- аварийного резервирования мощности

СНЭЭ управляется централизованной системой мониторинга в реальном времени и управления, которая координирует циклы зарядки и разрядки батарей с потребностями энергосистемы.

СНЭЭ оснащена системой жидкостного охлаждения, встроенными системами кондиционирования воздуха для поддержания оптимальной рабочей температуры

Источник: [RenEn](#)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ

СНЭЭ мощностью 22 МВт (инвестиции около 17 миллионов евро) расположена на территории города Кремзов, Бранденбург.

СНЭЭ обеспечивает первичное регулирование частоты в энергосистеме. При снижении частоты СНЭЭ может выдать в систему накопленную энергию в течение 30 секунд

Изучается возможность скоординировать СНЭЭ с ветропарками компании Enertrag, и использовать избыточную энергию ветра для зарядки батарей, что позволит снизить потери передаваемой электроэнергии

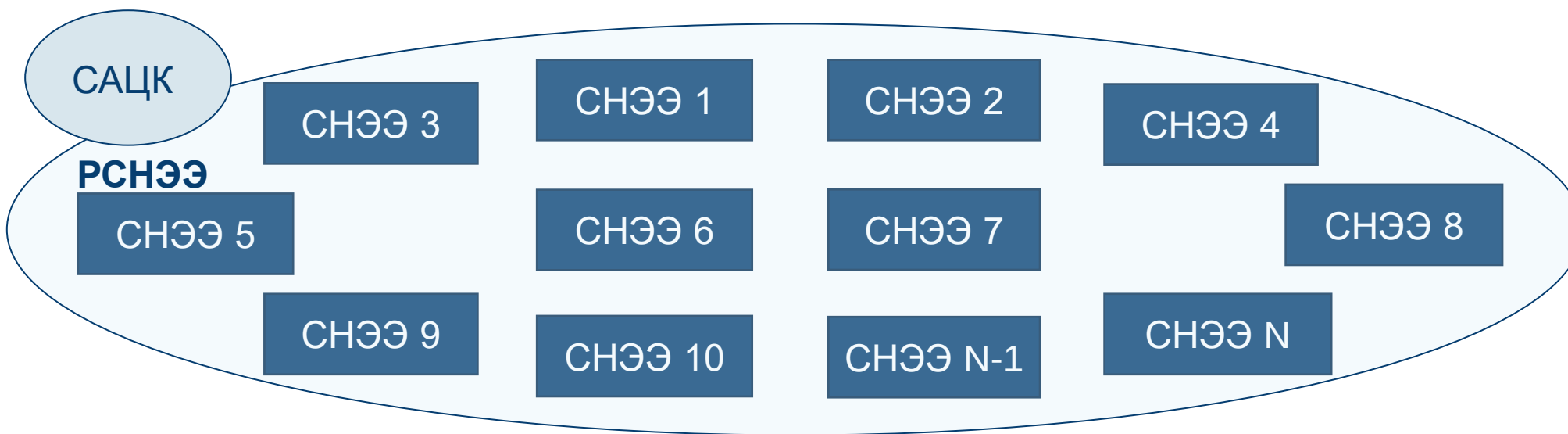
Sembcorp Industries Ltd., дочерняя компания сингапурского конгломерата Sembcorp планирует построить в Великобритании крупнейшую в Европе аккумуляторную систему хранения энергии мощностью 360 мегаватт (МВт)

Ранее, в декабре 2020 года британский Департамент бизнеса, энергетики и промышленной стратегии (BEIS) выдал разрешение на создание системы накопления энергии (СНЭ) на основе аккумуляторных батарей мощностью 320 МВт емкостью 640 МВт*ч. Она должна быть введена в эксплуатацию в 2024 году.

Согласно прошлогоднему (2022) прогнозу исследовательской компании BloombergNEF (BNEF), к концу 2030 года совокупная установленная мощность систем накопления энергии (СНЭ) в мире (не считая ГАЭС) достигнет 411 гигаватт (ГВт), а их ёмкость 1194 гигаватт-часа (ГВт*ч).

Источник: RenEn

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (РСНЭЭ)



В случае ЭСКАО рассматривается целесообразность применения РСНЭЭ общей мощностью 80 МВА, составленной из 16-ти секций - СНЭЭ мощностью до 5 МВА, с энергоемкостями 40 или 80, или 160 МВА·ч

РСНЭЭ – сообщество отдельных СНЭЭ, обладающих локальными Системами Автоматического Управления (САУ), объединяемых в **гибкое открытое целое** Системой Автоматической Централизованной Управляющей Координации (САЦК)

Роль РСНЭЭ – **виртуальная пиковая электростанция** – носитель быстрого синхронного резерва мощности и участник процессов регулирования частоты и напряжения, поддерживающий возможность функционирования ОЭЭС без синхронизированных ГТУ

ПЛЮСЫ И МИНУСЫ РАСПРЕДЕЛЕННОСТИ

1. Повышение режимной надежности энергосистемы

- а) Отключение относительно небольшой по мощности одной или двух секций (СНЭЭ) не приводит к отключению РСНЭЭ в целом, а значит:
 - I. не сопровождается сильным возмущением в энергосистеме
 - II. сохраняется работоспособность и функциональность РСНЭЭ в целом
- б) Имеется более высокая потенциальная возможность использования для целей разгрузки электрической сети
- с) Имеется возможность использования в качестве локального источника энергии на энергообъекте в аварийных ситуациях

2. Возможность локального регулирования напряжения

3. Открытость к разумно-неограниченному наращиванию мощности и энергоемкости за счет присоединения накопителей различных собственников

4. Более высокий потенциал для перспективного оказания услуг гибкости владельцам ВИЭ

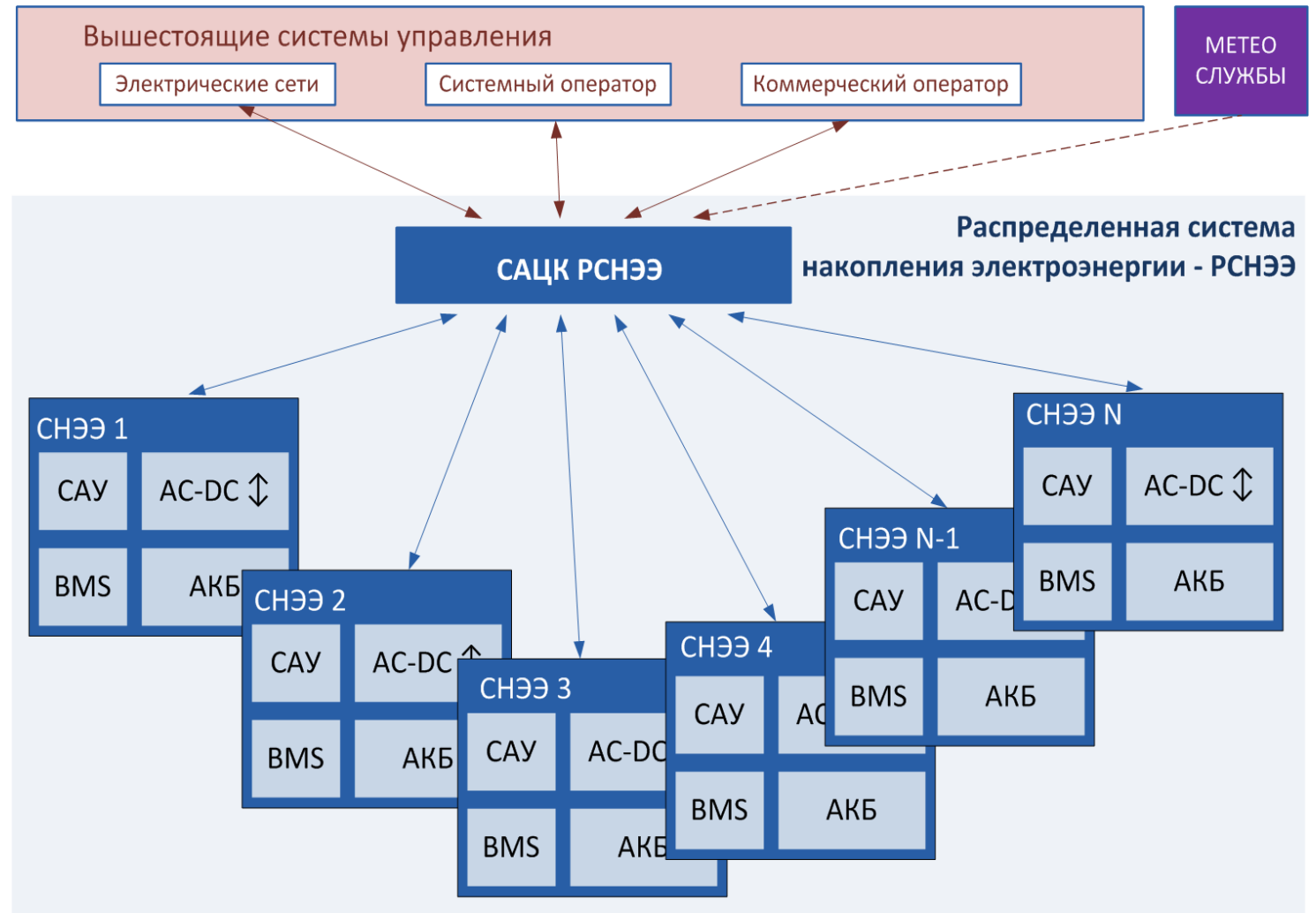
5. Необходимость наличия средств связи СНЭЭ с центром координации или другими СНЭЭ, а также с пунктами измерений системных параметров (токов, потоков, напряжений)

6. Потребность в интеллектуальной системе управляющей координации

РСНЭЭ

САУ – функции локального автоматического управления реального времени: заданная реакция P и Q СНЭЭ на уровень и изменения частоты и/или напряжения; реализация заданных графиков нагрузок; реализация синтетической инерции

САЦК – функции автоматической централизованной управляющей координации РСНЭЭ, инициируемых командами/заданиями вышестоящих систем управления; собственными алгоритмами координации, основанными на прогнозировании и моделировании системных условий



СТОИМОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

	U, В	Электро- емкость, А ч	Энерго- емкость, Вт ч	Стоимость, рубли	То же, с НДС	Удельная стоимость			Число циклов при разряде 80%	Производитель
						Руб/кВт ч	\$/кВт ч	€/кВт ч		
Toshiba	650,9	20	13 018	986 210	1 183 452	90 909	1 299	1 212	>15000	Япония
	650,9	40	26 036	1 938 660	2 326 392	89 353	1 276	1 191	>15000	Япония
	110,4	400	44 160	3 237 600	3 885 120	87 978	1 257	1 173	>15000	Япония
LiTi5O12	48,4	1500	72 600	4 583 250	5 499 900	75 756	1 082	1 010	>25000	Китай
	37,4	1500	56 100	3 540 450	4 248 540	75 732	1 082	1 010	>25000	Китай
LiFePO4	640	1200	768 000	17 914 500	21 497 400	27 991	400	373	>7000	Китай
	640	720	460 800	10 757 700	12 909 240	28 015	400	374	>7000	Китай
	640	960	614 400	14 336 100	17 203 320	28 000	400	373	>7000	Китай
Курс \$	70	рублей								
Курс €	75	рублей								

* Данные с ресурса Интернет-магазина carbonbike.ru не содержат сведений от Российского производителя СНЭЭ - Компании РЭНЕРА

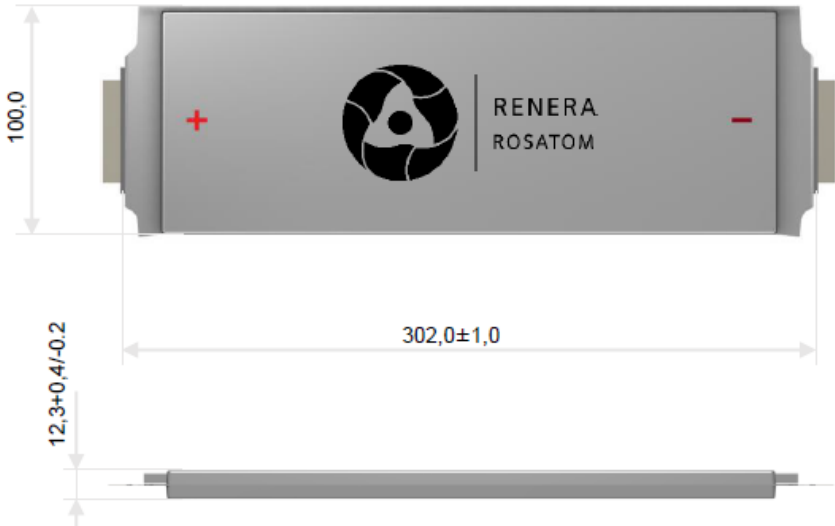
ЛИТИЙ-ИОННАЯ ЯЧЕЙКА ВЕРОЯТНОГО СНЭЭ

Стоимость аккумуляторов РЭНЕРА по приблизительной экспертной оценке ниже стоимостей аккумуляторов от прочих поставщиков в 3 раза

Универсальная литий-ионная ячейка в формате VDA



Модель		123100302E1
Номинальная ёмкость		60 А·ч
Плотность энергии	Объёмная	598 Вт·ч/л
	Массовая	260 Вт·ч/кг
Номинальное напряжение		3,70 В
Диапазон рабочего напряжения		2,7 ~ 4,2 В
Токи заряда	Номинальный	0,5С (30 А)
	Максимальный	1,5С (90 А)
	Пиковый	2С (120 А)
Токи разряда	Номинальный	0,5С (30 А)
	Максимальный	2С (120 А)
	Пиковый	3С (180 А)
Диапазон рабочих температур*	Заряд	-10°C ~ 55°C
	Разряд	-20°C ~ 55°C
Ресурс (DOD 80%)		4500
Масса		≤ 890 г



Форм-фактор литий-ионных ячеек VDA позволяет легко размещать их в модулях для использования в низковольтных электромобилях, системах накопления энергии и источниках бесперебойного питания (ИБП)

VDA (нем. Verband der Automobilindustrie) – Ассоциация автомобильной индустрии Германии

DOD (Depth of discharge) – Глубина разряда

* – при наличии системы термостатирования. Токи заряда и разряда могут быть ограничены в некоторых диапазонах температур

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АККУМУЛЯТОРОВ

1. Ресурс (DOD 80%) аккумуляторов для СНЭЭ компании «РЭНЕРА» – 4500.
При интенсивности использования СНЭЭ 1 цикл за сутки, срок эксплуатации АКБ составит более 12 лет
2. Ресурс (DOD 80%) LiFePO₄ аккумуляторов – >7000 → >19 лет
3. КПД заряд-разряд 80%
4. Процент деградации АКБ за время ЭСЖЦ – 20%

ЗАДАЧИ РСНЭЭ

1. «Горячее» резервирование мощности на время, необходимое для запуска и набора нагрузки ГТУ в случае внезапной потери генерируемой мощности
2. Балансирование переменной части графика электропотребления с обеспечением возможности полного временного отключения ГТУ в целях экономии «часов горения», повышения средней нагрузки и КПД, а также обеспечение возможности работать по стабильным ступенчатым суточным графикам для базовых и полупиковых электростанций
3. Участие в регулировании частоты (первичное и вторичное регулирование) или работа в качестве частотозадающего источника мощности
4. Регулирование напряжения в пунктах размещения СНЭЭ
5. Суточное и внутрисуточное планирование и фактическая реализация графиков накопления и возврата энергии РСНЭЭ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭСКАО

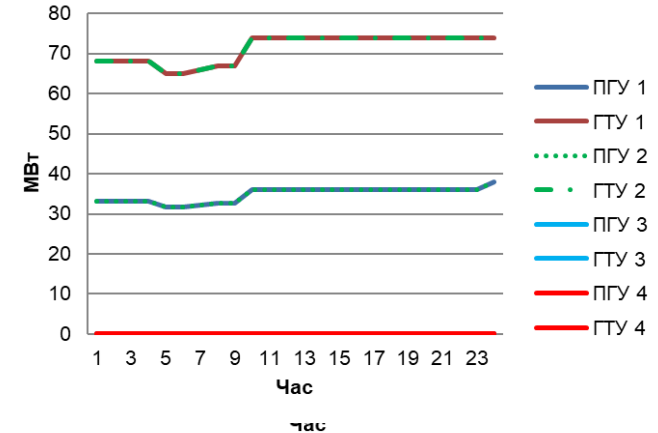
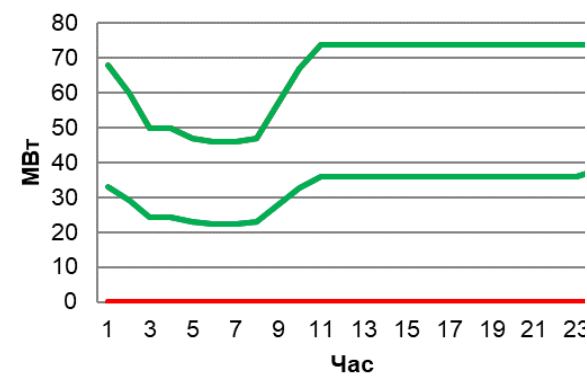
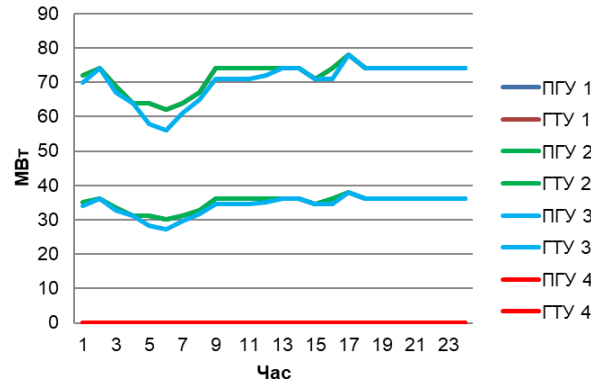
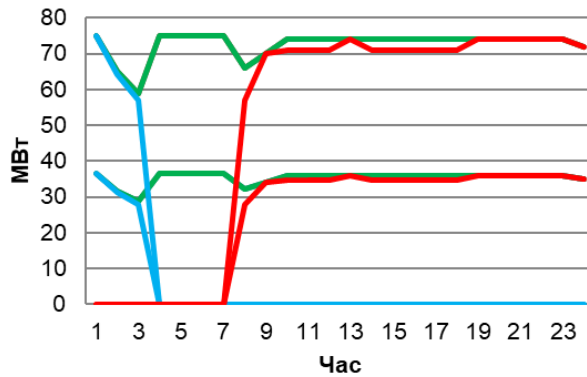
1. Определение необходимого **системного** и объектового резервов мощности
2. Выбор:
 - а) точек размещения секций РСНЭЭ в ЭСКАО
 - б) точек присоединения СНЭЭ к схемам энергообъектов (электростанций **и ПС**)
 - с) мощности и энергоемкости РСНЭЭ и СНЭЭ
3. Определение рационального режима использования РСНЭЭ при обеспечении:
 - а) системного резерва (компенсация потери максимальной расчетной генерирующей мощности **(120 МВт)** и знакопеременных флуктуаций графика потребления **(10%)**)
 - б) объектового резерва мощности
 - с) процессов регулирования частоты и напряжения в ЭСКАО **и на объекте**
 - д) оптимального планирования состава включенного энергооборудования и графика генерации в ЭСКАО
4. Определение окупающих денежных потоков для их дальнейшего применения в финансово-экономической модели РСНЭЭ (модель дисконтированных денежных потоков)

МОДЕЛЬНЫЕ ГРАФИКИ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

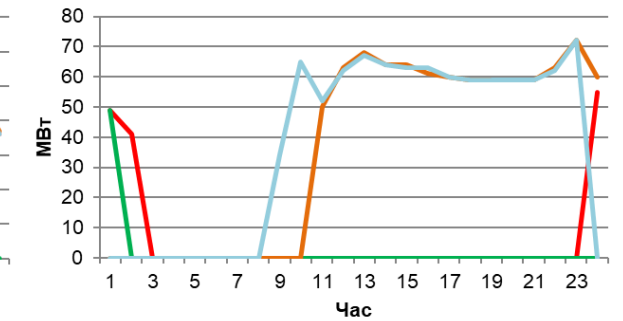
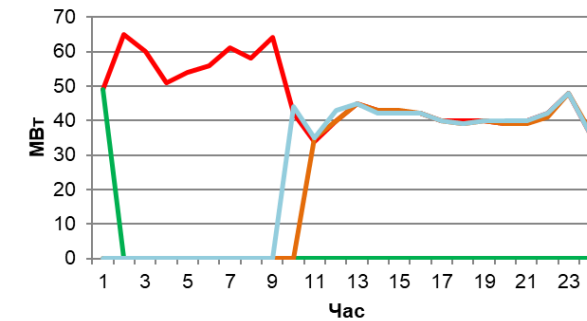
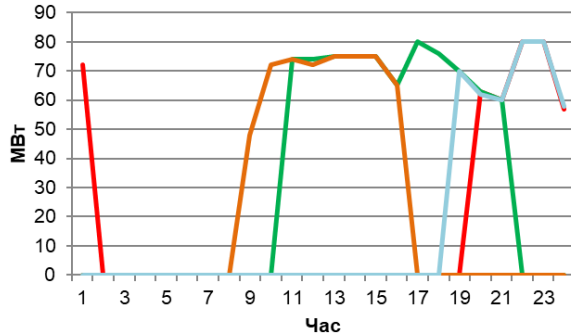
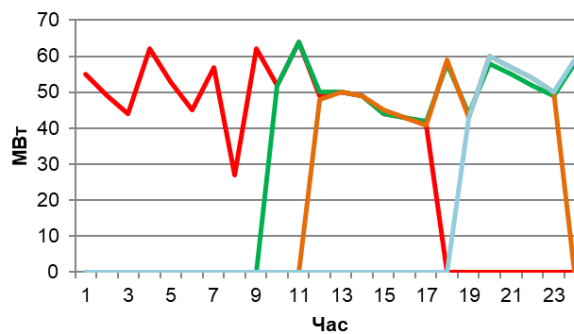
Прегольская ТЭС

ЗИМА

ЛЕТО



Маяковская ТЭС и Талаховская ТЭС



Маяковская ГТУ 1
Маяковская ГТУ 2
Талаховская ГТУ 1
Талаховская ГТУ 2

Маяковская ГТУ 1
Маяковская ГТУ 2
Талаховская ГТУ 1
Талаховская ГТУ 2

Маяковская ГТУ 1
Маяковская ГТУ 2
Талаховская ГТУ 1
Талаховская ГТУ 2

Маяковская ГТУ 1
Маяковская ГТУ 2
Талаховская ГТУ 1
Талаховская ГТУ 2

Без РСНЭЭ

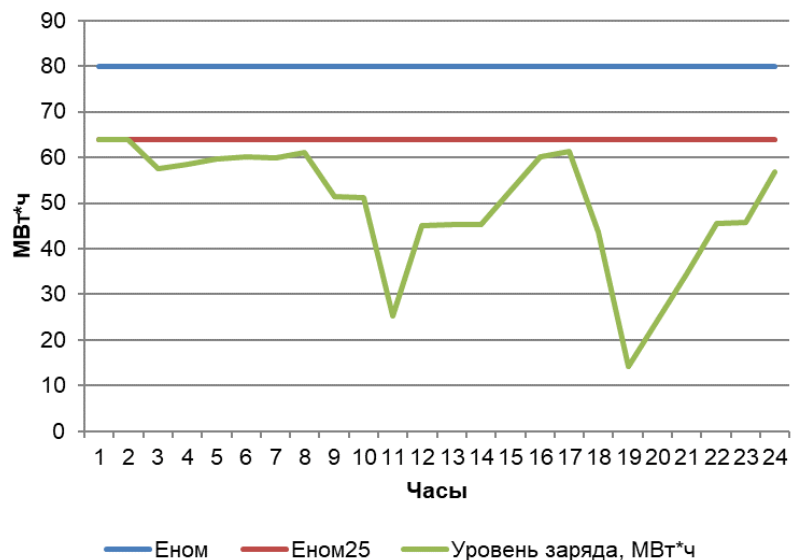
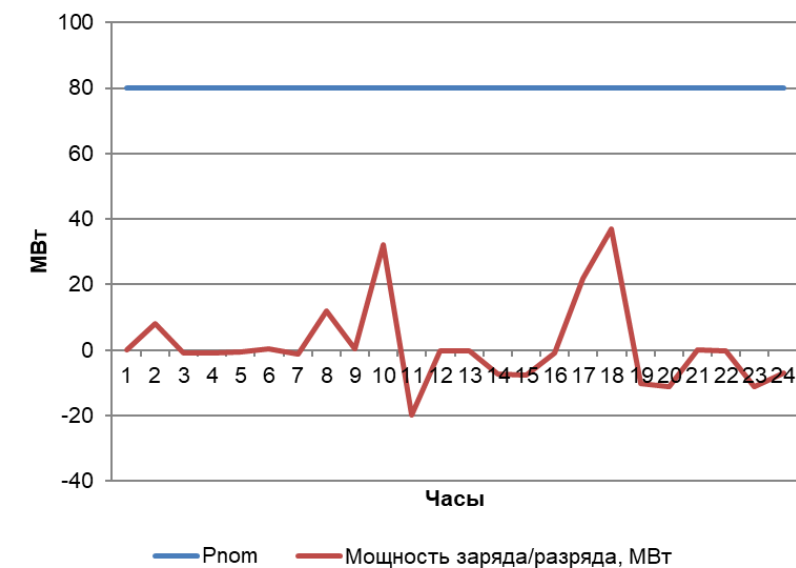
с РСНЭЭ

Без РСНЭЭ

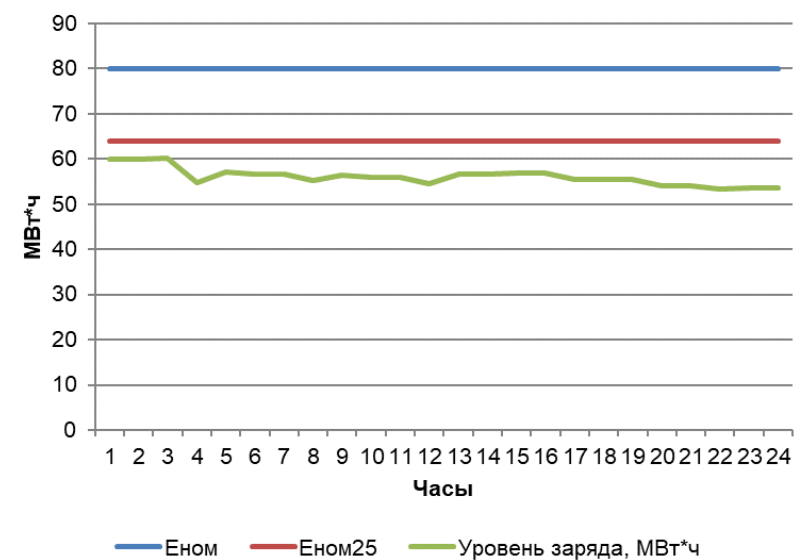
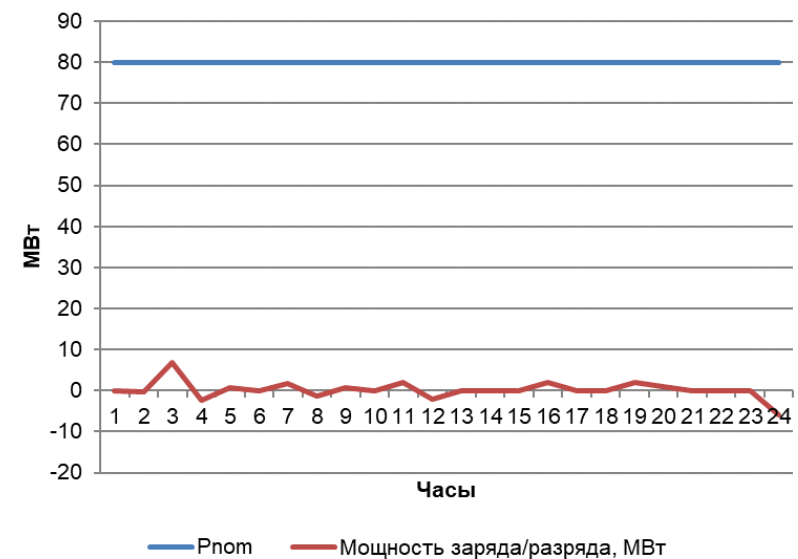
с РСНЭЭ

МОДЕЛЬНЫЕ ГРАФИКИ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ РСНЭЭ

ЗИМА



ЛЕТО



Мощность

Накопленная энергия

ВОЗМОЖНЫЕ РЕЖИМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РСНЭЭ

1. **Носитель быстрого синхронного резерва мощности; участник процессов регулирования частоты и напряжения**, поддерживающий возможность функционирования ОЭЭС без включенных в работу (синхронизированных с ней) ГТУ

Поддержание мало зарядно-разрядного режима

аккумуляторов с количеством во циклов разряд- заряд 1 за сутки и с глубиной разряда до 50%

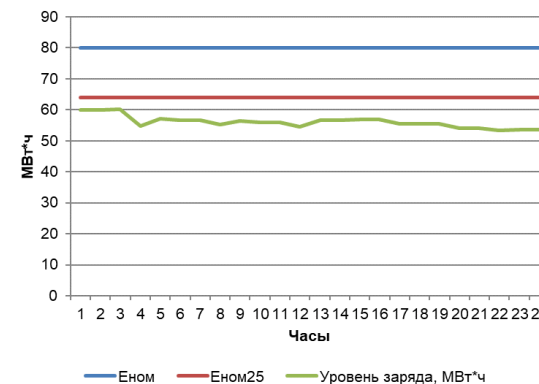
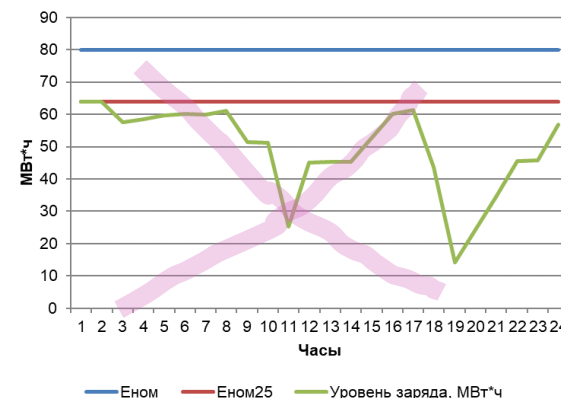
При допустимом количестве циклов заряд-разряд 7000 (максимум для LiFePO_4) – этот режим позволяет рассчитывать на **20 лет** эксплуатации аккумуляторов; 4500 (АКБ РЭНЕРА)

Этот режим использования РСНЭЭ хорош в условиях имеющиеся ГТУ - позволяет продлить срок их ЭСЖЦ

2. **Участие РСНЭЭ в оптимальном планировании графика генерации ЭСКАО** (плюс к функционалу по п.1)

Этот режим использования РСНЭЭ хорош для возможного будущего ЭСКАО «после ГТУ»

При допустимом количестве циклов заряд-разряд >15000 (максимум для LiTi_nO_m) режим позволит отказаться от пиковых ГТУ-электростанций и рассчитывать на срок эксплуатации аккумуляторов при суточном количестве циклов заряд-разряд 1,5 – **более 25 лет**



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ПРОДЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ФАЗЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ГТУ

1. Экономический эффект у владельца ГТУ возникает по завершению ЭСЖЦ ГТУ в условиях «без РСНЭЭ» и продолжается до момента завершения ЭСЖЦ ГТУ в условиях «с РСНЭЭ»
2. Общая величина эффекта равна произведению годового экономического эффекта на количество лет его существования
3. Годовой экономический эффект равен произведению выручки владельца ГТУ за мощность на рентабельность, заложенную в тариф на мощность
4. Количество лет существования экономического эффекта рассчитывается по формуле:

$$T = \frac{(H - TA \times H_{\text{год}}^{\text{РСНЭЭ}})}{H_{\text{год}}^{\text{без РСНЭЭ}} + TA},$$

где:

H – число часов горения до окончания срока службы ГТУ (96000 ч)

TA - срок службы аккумуляторов РСНЭЭ, TA = например 15 лет

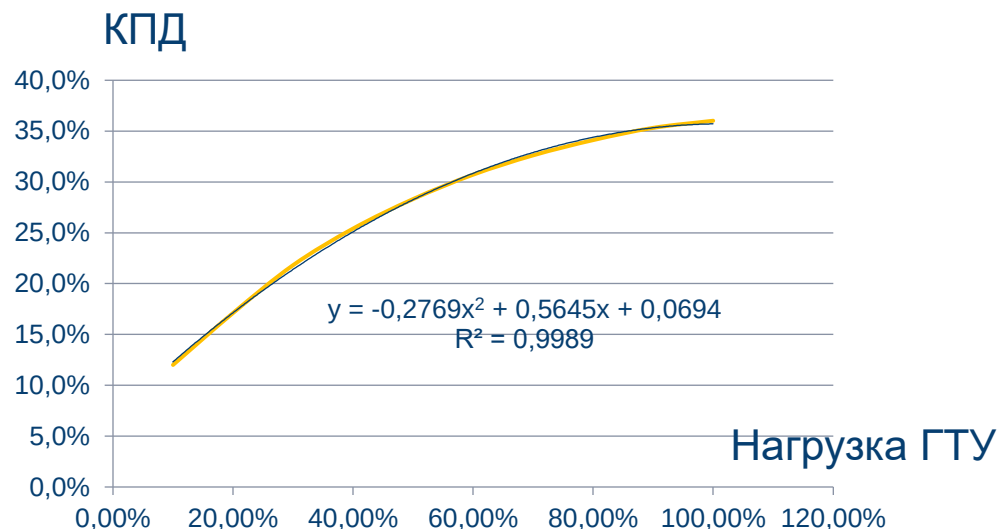
$H_{\text{год}}^{\text{РСНЭЭ}}$ – число часов горения КС ГТУ в год при наличии РСНЭЭ (2920 ч)

$H_{\text{год}}^{\text{РСНЭЭ}}$ – число часов горения КС ГТУ без РСНЭЭ (4725 ч)

5. Эффект порождает окупающий денежный поток порядка **640 млн. рублей в год**
6. **Проблема – поскольку эффект возникает в отдаленном будущем (через 20 лет после внедрения РСНЭЭ) необходимо принять решения относительно методики его учета**

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ПОВЫШЕНИЯ КПД ГТУ

1. Электрический КПД ГТУ существенно зависит от электрической нагрузки генератора ГТУ
2. Средняя эл. нагрузка ГТУ в случае без РСНЭЭ – 64%; при наличии – 87%; соответственно, КПД ГТУ без РСНЭЭ в ЭСКАО составит около 31%, при наличии – около 35% (снижение УРУТ на 34,4 Гут/кВт ч)
3. Повышение КПД приведет к появлению рентабельности в тарифе на электроэнергию порядка 13% (вместо положенных 0%)
4. Для реализации эффекта от повышения КПД потребуется изменить методику регулирования тарифа на электроэнергию, а именно: перейти от используемой методики ежегодной компенсации отклонений плановой и фактической выручки от реализации электроэнергии к методике долгосрочной индексации необходимой валовой выручки, устанавливаемый Приказом ФАС от 27.06.2022 № 479/22
5. Согласно п. 15 МУ, вводимых в действие данным Приказом, период сохранения экономии от мероприятий по энергосбережению, предусмотренных утвержденной программой в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, равен сроку окупаемости указанных мероприятий, увеличенному на 2 года
6. Эффект порождает окупающий денежный поток порядка 200 млн. рублей в год



ДРУГИЕ СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОКУПАЕМОСТИ РСНЭЭ

1. Прямая оплата за мощность РСНЭЭ

Для реализации возможности **необходимо добиться:**

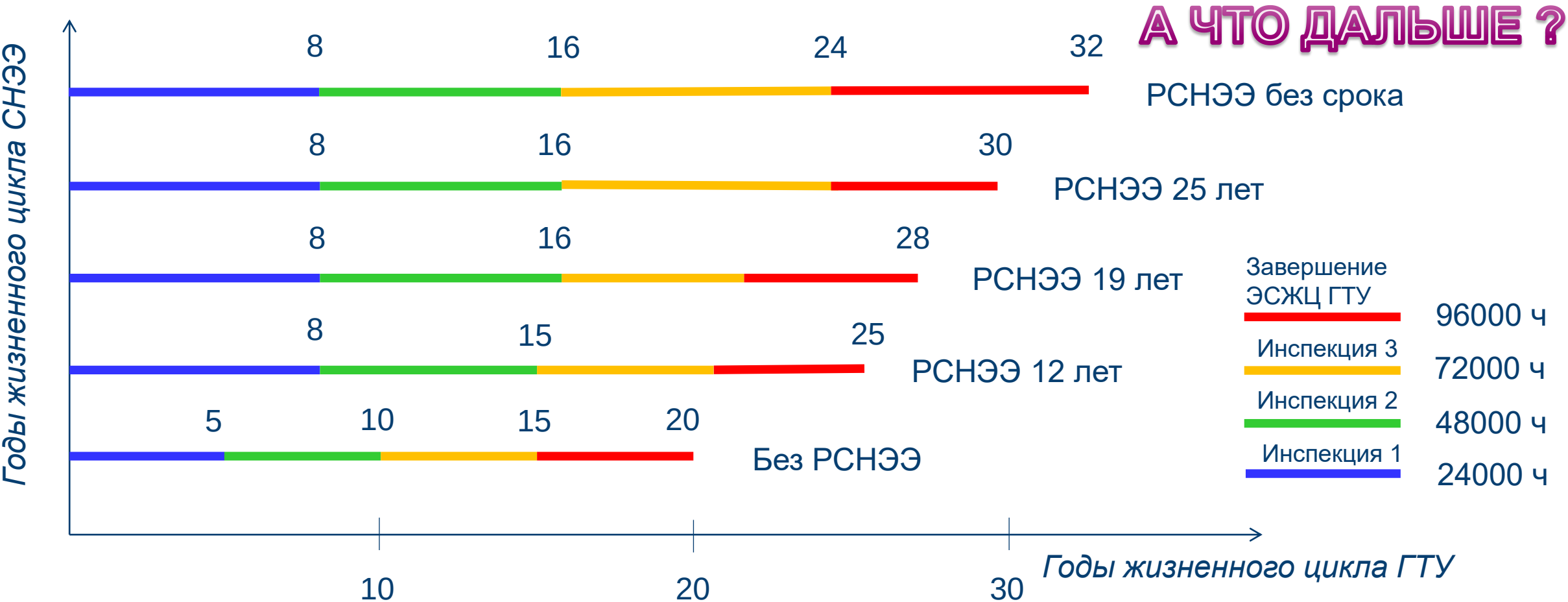
- а) либо включения добавки в тариф на мощность эл.станций размещения СНЭЭ
- б) либо признания РСНЭЭ **виртуальной пиковой электростанцией**, для которой, как и для прочих электростанций, работающих в неценовых зонах рынка, будет утверждаться тариф на мощность

Для последнего потребуется постановление Правительства РФ (ПП РФ) или несколько пунктов в готовящийся проект ПП РФ «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования систем накопления электрической энергии в электроэнергетике»

2. Участие РСНЭЭ в оказании системных услуг

В настоящее время оказание системных услуг в неценовых зонах рынка не предусмотрено

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ СТАДИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ГТУ



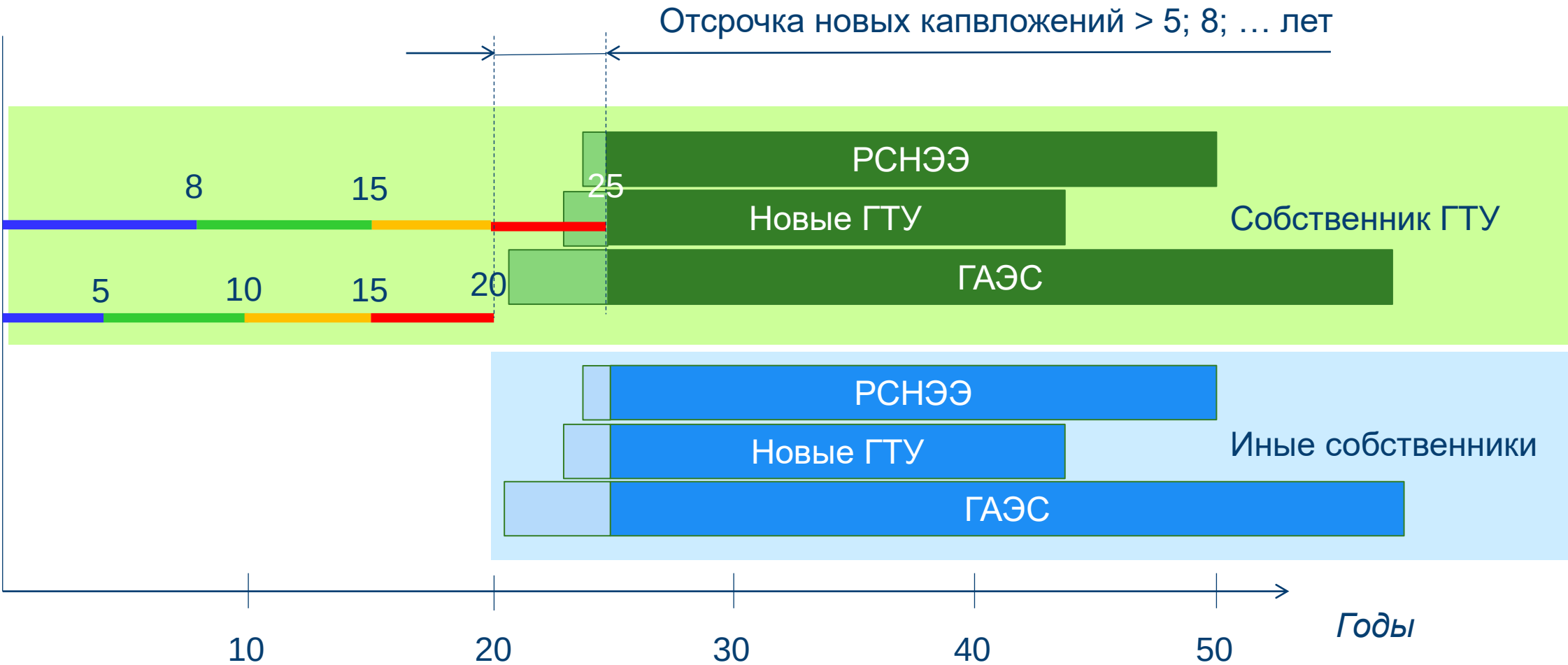
Число часов горения ГТУ в год – 4745 ч – без РСНЭЭ и 2920 ч - с РСНЭЭ

Выработка ЭЭ ГТУ в год – 895 Млн. кВт ч – без РСНЭЭ и 752 Млн. кВт ч - с РСНЭЭ

ЧТО ДАЛЬШЕ?

1. По завершении ЭСЖЦ ГТУ (по экспертной оценке - 20 лет) в условиях островной ЭЭС потребуется обязательное решение вопросов: **чем** их заменить и **кто** заменит?
2. Варианты замены:
 - a) Новые ГТУ
 - b) РСНЭЭ
 - c) ГАЭС
3. Возможные реализаторы: нынешний собственник ГТУ или иные лица

НОВЫЕ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЯ



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- На ближайшей перспективе (начиная с 2026 г) применение РСНЭЭ (80 МВт; 80 МВт·ч) в ЭСКАО позволит продлить ЭСЖЦ ГТУ на 4,6 года в случае 12-ти летнего срока службы; на 6 лет – в случае 15-ти летнего и на 8 лет - 19-тилетнего срока службы аккумуляторов
- При условии перехода на использование методики долгосрочной индексации необходимой валовой выручки (Приказ ФАС от 27.06.2022 № 479/22) и решении методического вопроса по учету отдаленной прибыли в тарифе на мощность (через 12 - 19 лет) срок окупаемости РСНЭЭ с учетом принятой стоимости капитальных вложений в РСНЭЭ составит: **6 лет** в случае использования аккумуляторов от компании РЭНЕРА; **12 лет** в случае 15-ти летнего срока службы и **8 лет** в случае 19-тилетнего срока службы аккумуляторов от иных производителей
- В перспективе - после завершения ЭСЖЦ ГТУ Маяковской и Талаховской ТЭС - применение РСНЭЭ (или ГАЭС) позволит полностью отказаться от использования от пиковых ГТУ-электростанций

Благодарю за внимание

RTSoft Smart Grid

Tel.: +7 (495) 967-15-05

Fax: +7 (495) 742-68-29

E-mail: rtsoft@rtsoft.ru

105037, Moscow, Russia, Pervomayskaya str., 51

WWW.RTSOFT.RU | WWW.RTSOFT-ENERGY.COM | WWW.AMIGO-ENERGY.COM