

СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ: сценарный инструмент для планирования и оценки вариантов развития

Страновая группа по моделированию:

Акылбек Бакытов, JNKE – Эксперт по управлению энергетикой

Искен Дунканаев, JNKE – Эксперт по статистике и политике

- **Цель 1:** Понять, **какие факторы формируют нагрузку** на энергосистему: спрос по секторам, сезонность, пики, потери.
- **Цель 2:** Оценить, **как конкретные меры влияют на баланс системы и пиковую нагрузку**: генерация, энергоэффективность, снижение потерь, тарифные изменения.
- **Цель 3:** **Сравнить альтернативные сценарии** развития на сопоставимых цифрах: что работает быстрее, дешевле и устойчивее для системы.

1. Тип модели

- Расчётная модель системного баланса
- Связывает спрос, генерацию и ключевые системные параметры
- Предназначена для сценарного анализа и поддержки принятия решений

2. Временное представление

- Годовой баланс электроэнергии (2023-2040)
- Месячное распределение нагрузки
- Суточные профили и пиковые часы

3. Охват системы

- Национальный уровень
- Спрос по секторам экономики
- Генерация по основным типам технологий
- Меры на стороне спроса и предложения

4. Ключевые особенности

- Прозрачные и настраиваемые параметры
- Явный учёт сезонности и пиков
- Сравнение сценариев

Со стороны спроса:

- Потребление по основным секторам экономики
- Факторы изменения спроса:
 - рост экономики
 - рост населения
 - **реакция потребления на изменение тарифов**
- Учитываемые меры (**можно моделировать любые**):
 - Утепление зданий (M1)
 - Энергоэффективные бытовые приборы и освещение (M2)
- Учёт сезонных и суточных графиков нагрузки

Со стороны энергосистемы:

- Потери в сетях и их снижение (M3)
- Ввод новых мощностей:
 - Солнечная и ветровая генерация (M4)
 - Модернизация и строительство ГЭС (M5)

Количество сценариев - не ограничено и определяется задачами анализа.

Для каждого сценария можно настраивать:

- темпы роста экономики
- Темпы роста населения
- разную скорость роста потребления по секторам экономики
- темпы ввода новых мощностей
- энергоэффективность и снижение потерь
- **реакция потребления у населения** на изменение тарифов

Что показываем в этой презентации:

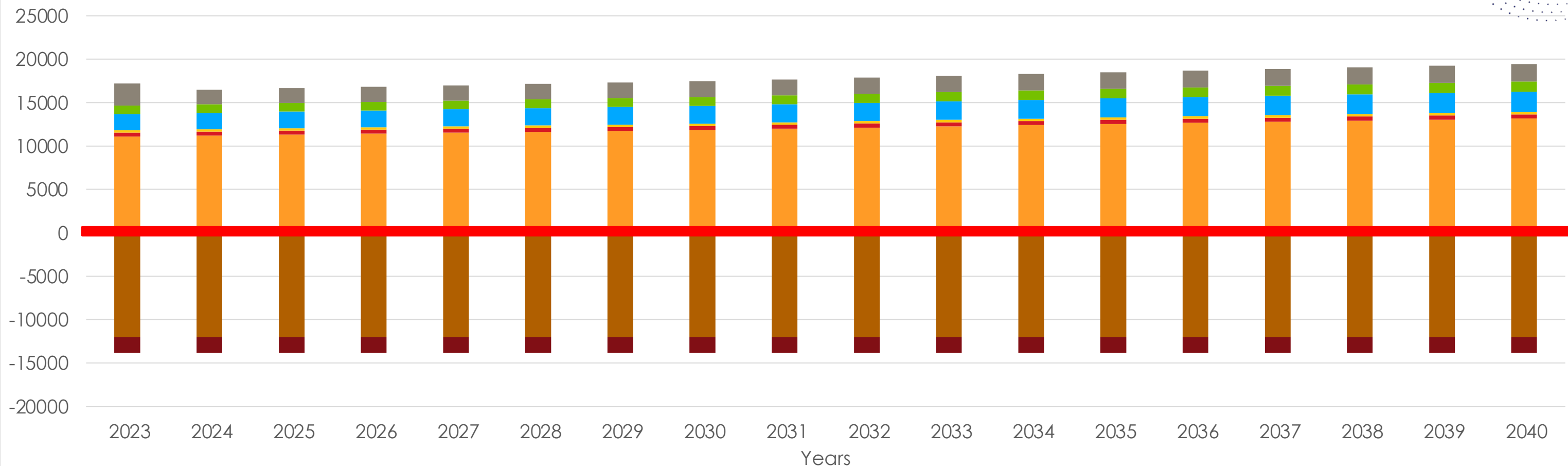
Базовый сценарий: текущая траектория роста потребления без дополнительных мер

Сценарий ускоренного развития ВИЭ и внедрения всех мер: Энергоэффективность + ускоренный ввод СЭС, ВЭС и ГЭС, рост тарифа на электроэнергию

(Любой другой сценарий может быть задан в инструменте)

Базовый сценарий (годовая нагрузка)

Ежегодное распределение нагрузки (млн. кВт-ч)



Население

Промышленность и коммерция

Внутренняя генерация (гидроэнергетика)

Бюджетный сектор

Прочие энергоёмкие потребители

Внутренняя генерация (тепловая)

Орошение и насосы

Потери

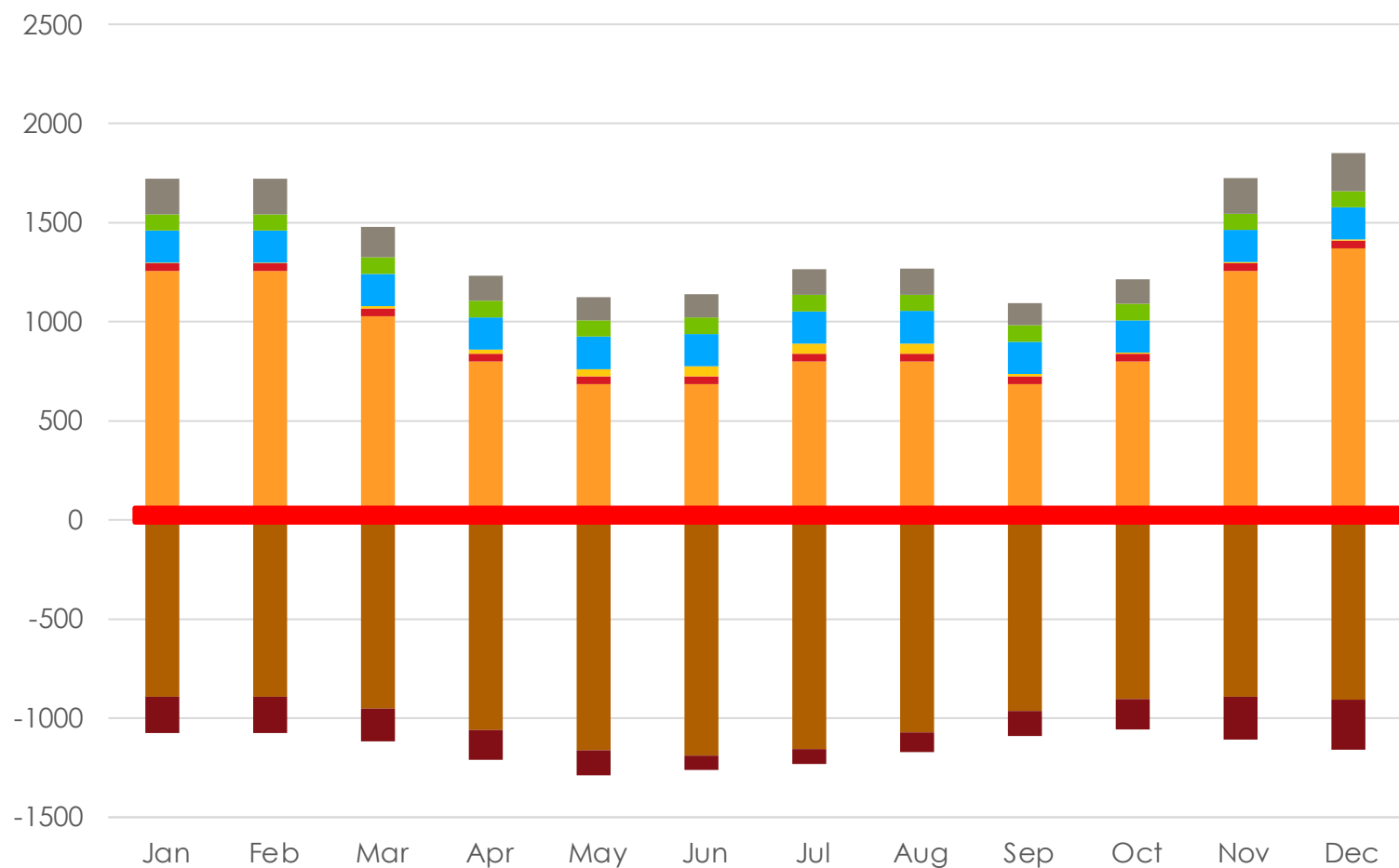
Базовый сценарий (месячная нагрузка)

Электрический баланс – 2026 (млн. кВт-ч)

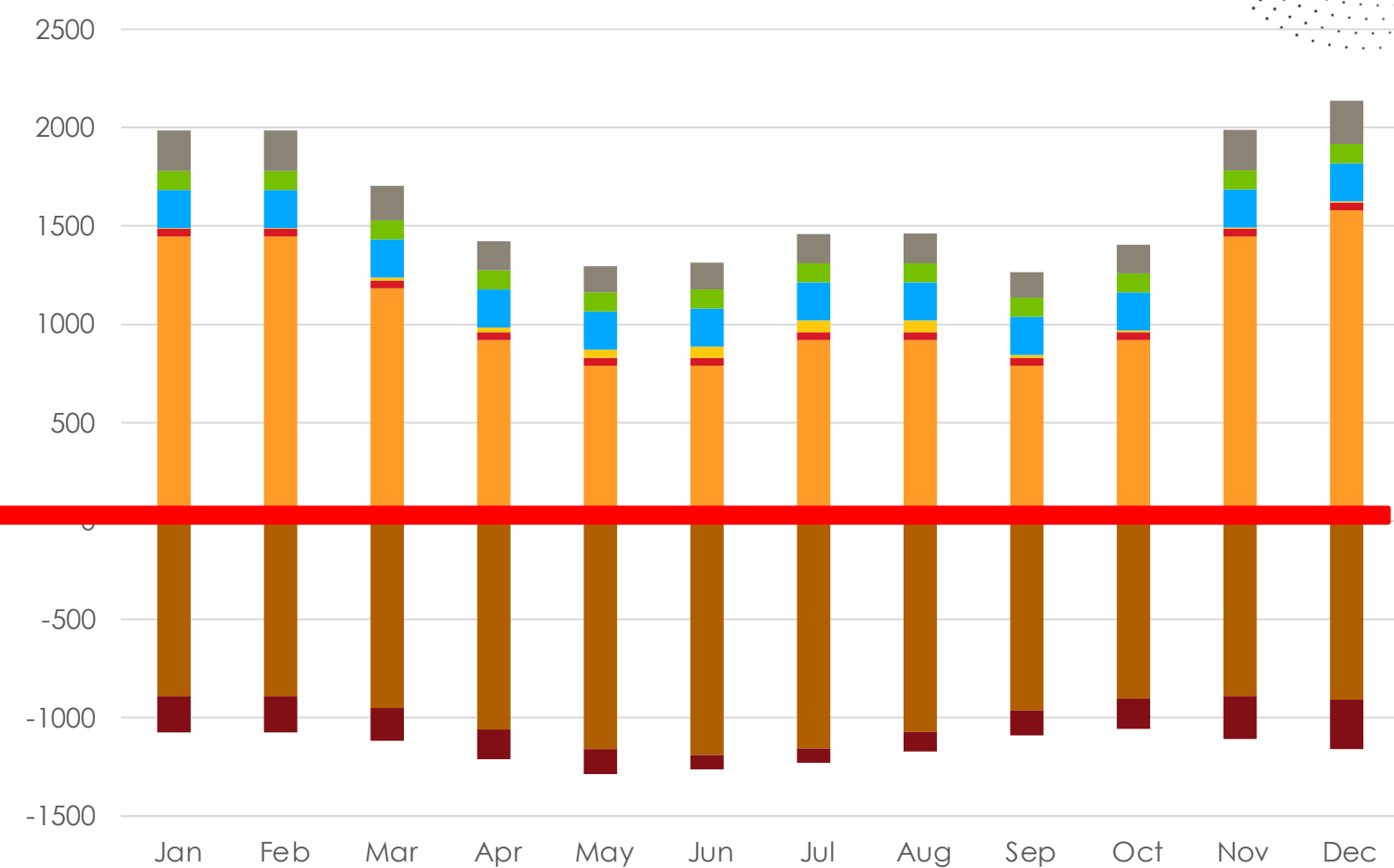
2026

2040

Электрический баланс – 2040 (млн. кВт-ч)



- Население
- Орошение и насосы
- Прочие энергоёмкие потребители
- Внутренняя генерация (гидроэнергетика)
- Бюджетный сектор
- Промышленность и коммерция
- Потери
- Внутренняя генерация (тепловая)



- Население
- Орошение и насосы
- Прочие энергоёмкие потребители
- Внутренняя генерация (гидроэнергетика)
- Бюджетный сектор
- Промышленность и коммерция
- Потери
- Внутренняя генерация (тепловая)

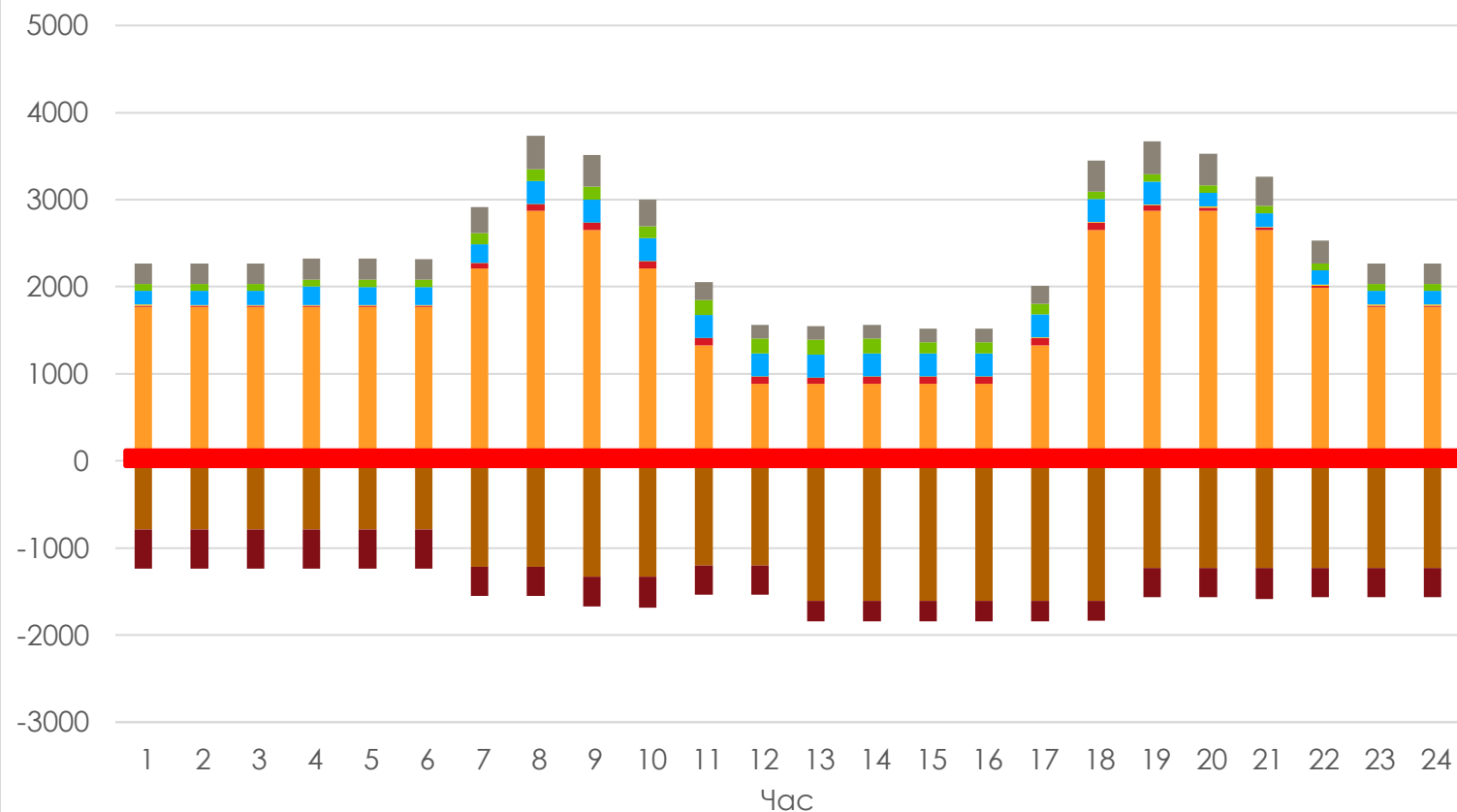
Базовый сценарий (внутрисуточная нагрузка)

Электрический баланс – 2026
(пиковый зимний день/часовое; млн. кВт-ч)

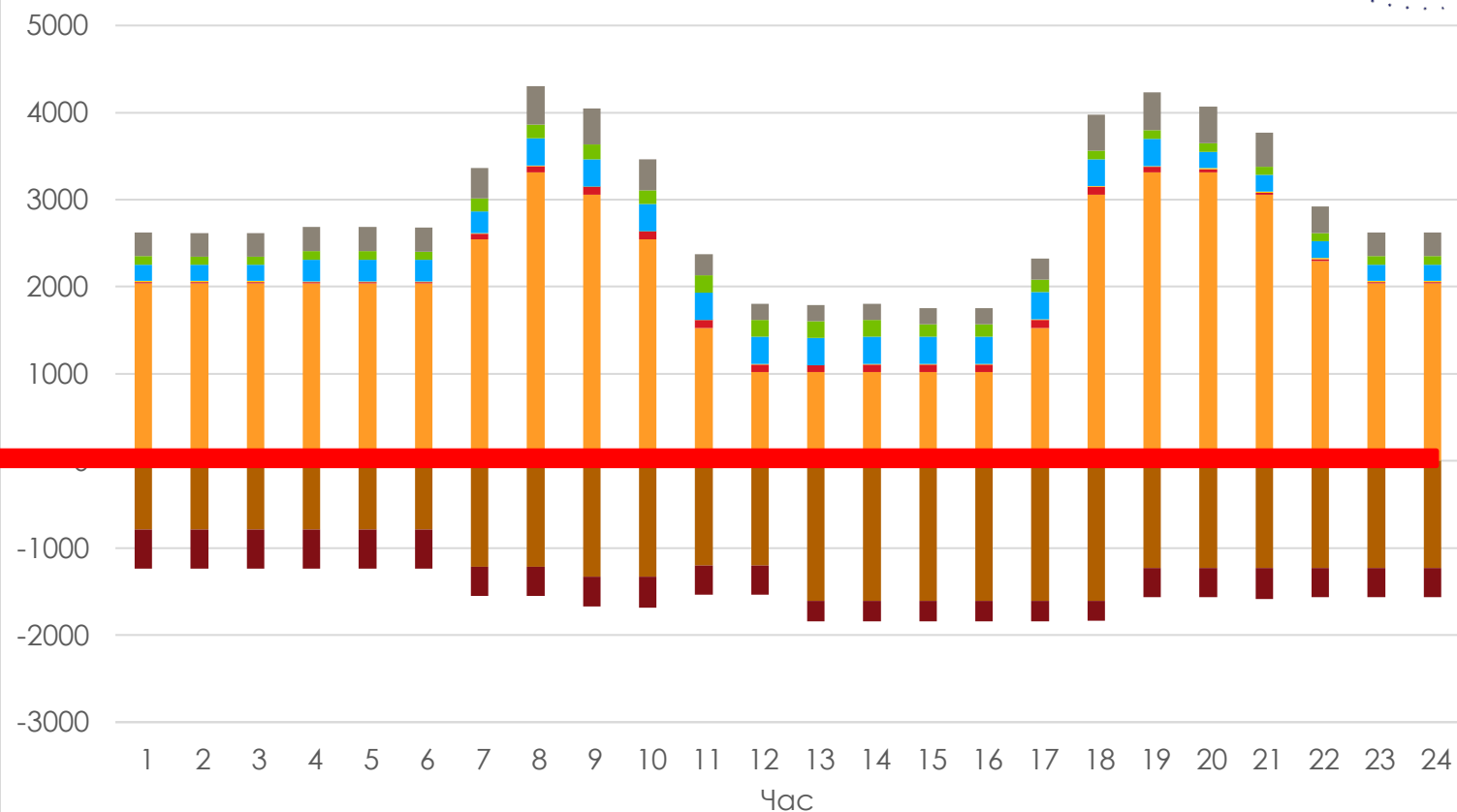
2026

2040

Электрический баланс – 2040
(пиковый зимний день/часовое; млн. кВт-ч)



- Население
- Орошение и насосы
- Прочие энергоёмкие потребители
- Внутренняя генерация (гидроэнергетика)
- Бюджетный сектор
- Промышленность и коммерция
- Потери
- Внутренняя генерация (тепловая)



- Население
- Орошение и насосы
- Прочие энергоёмкие потребители
- Внутренняя генерация (гидроэнергетика)
- Бюджетный сектор
- Промышленность и коммерция
- Потери
- Внутренняя генерация (тепловая)

1. Рост спроса устойчивый и структурный, ключевой драйвер - население

- Потребление населения растёт с ~11.1 млрд. КВт-ч в 2023 г. до ~13.2 млрд. КВт-ч в 2040 г. (+2.1 млрд. КВт-ч только за счёт демографии и экономики)
- Совокупный годовой дисбаланс системы растёт с ~3.3 млрд. КВт-ч (2023) до ~5.6 млрд. КВт-ч (2040)

[!] Даже без электрификации и новых нагрузок **давление на систему нарастает автоматически.**

2. Сезонный дисбаланс усиливается: зима определяет надёжность системы

В 2040 году зимние месяцы формируют основной дефицит:

- январь: ~900 млн. КВт-ч
- февраль: ~ 900 млн. КВт -ч

Для сравнения, в 2026 году:

- Январь: ~650 млн. КВт-ч
- февраль: ~650 млн. КВт -ч

Рост зимнего дефицита за период 2026–2040: +250–350 млн. КВт-ч в месяц

[!] Проблема системы - не в годовом балансе, а в **зимней концентрации спроса.**

3. Пиковые часы - ключевая точка системного риска

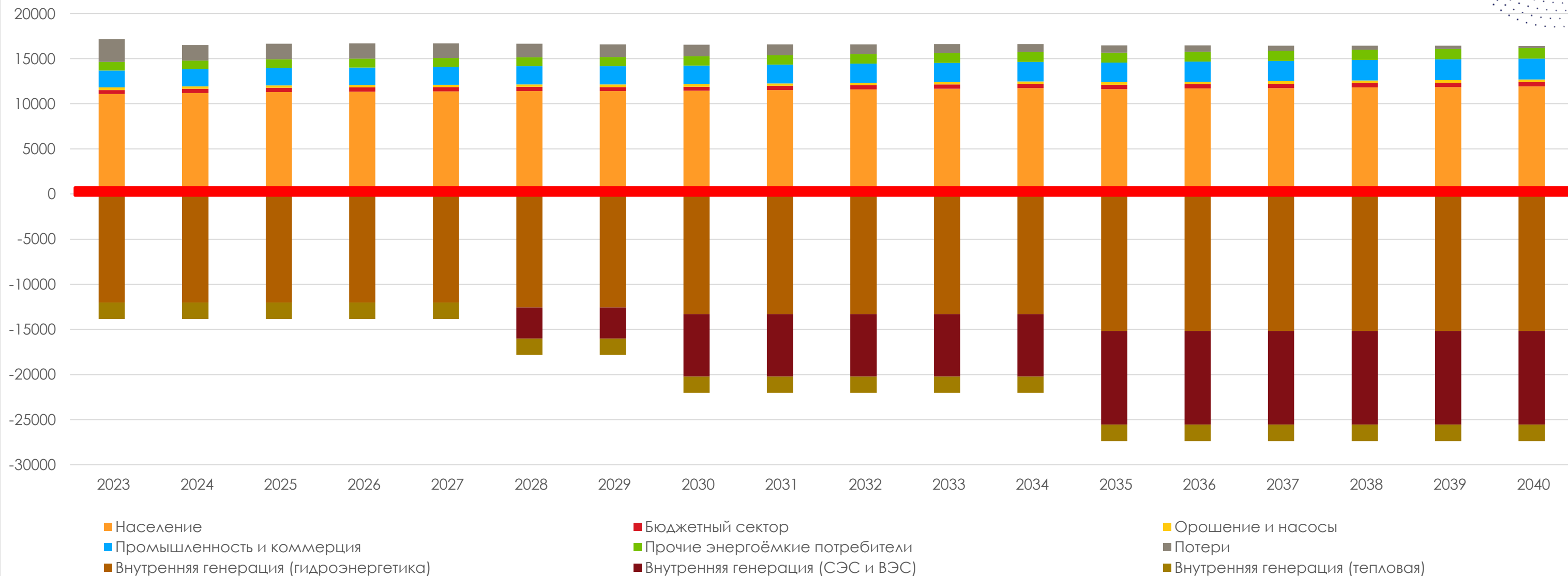
В суточном профиле:

- 2026 год: вечерний пик ~2.1–2.2 млрд. КВт-ч
- 2040 год: вечерний пик ~2.6–2.7 млрд. КВт-ч
- Рост пикового разрыва: **~+500 МВт за 14 лет**

[!] Даже при умеренном росте экономики **система “ломается” в часы пик.**

Сценарий с мерами (годовая нагрузка)

Ежегодное распределение нагрузки (млн. кВт-ч)



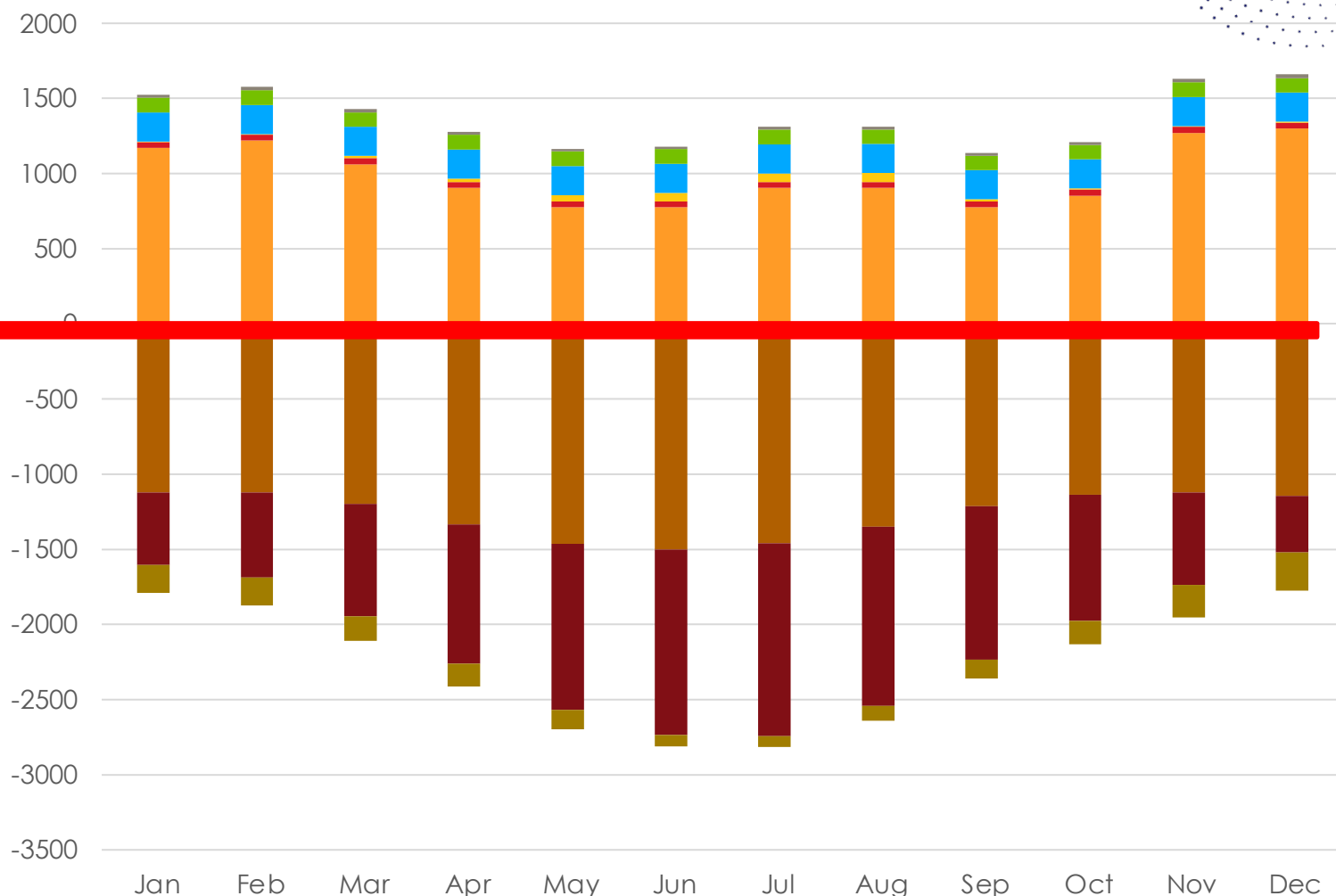
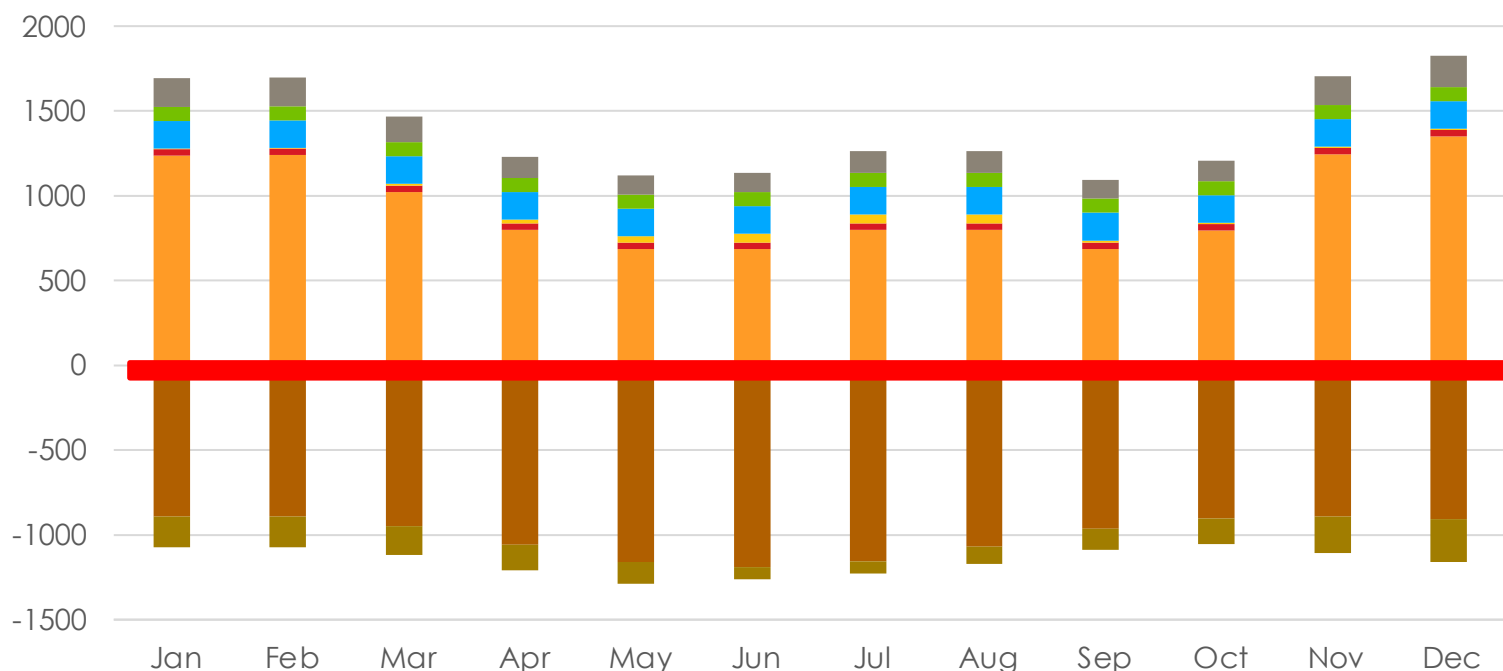
Сценарий с мерами (месячная нагрузка)

Электрический баланс – 2026 (млн. кВт-ч)

2026

2040

Электрический баланс – 2040 (млн. кВт-ч)



- Внутренняя генерация (тепловая)
- Внутренняя генерация (гидроэнергетика)
- Прочие энергоёмкие потребители
- Орошение и насосы
- Население
- Внутренняя генерация (СЭС и ВЭС)
- Потери
- Промышленность и коммерция
- Бюджетный сектор

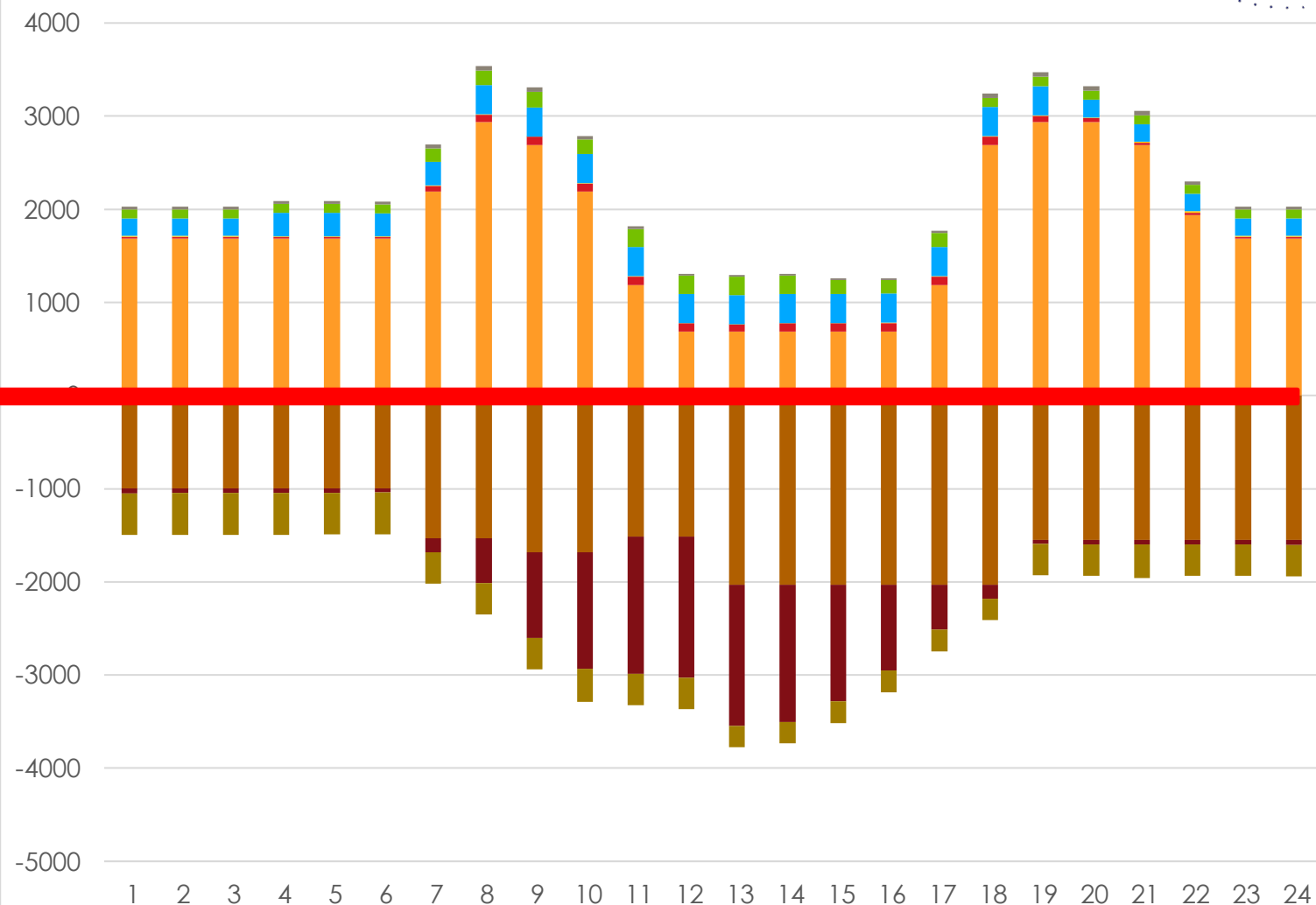
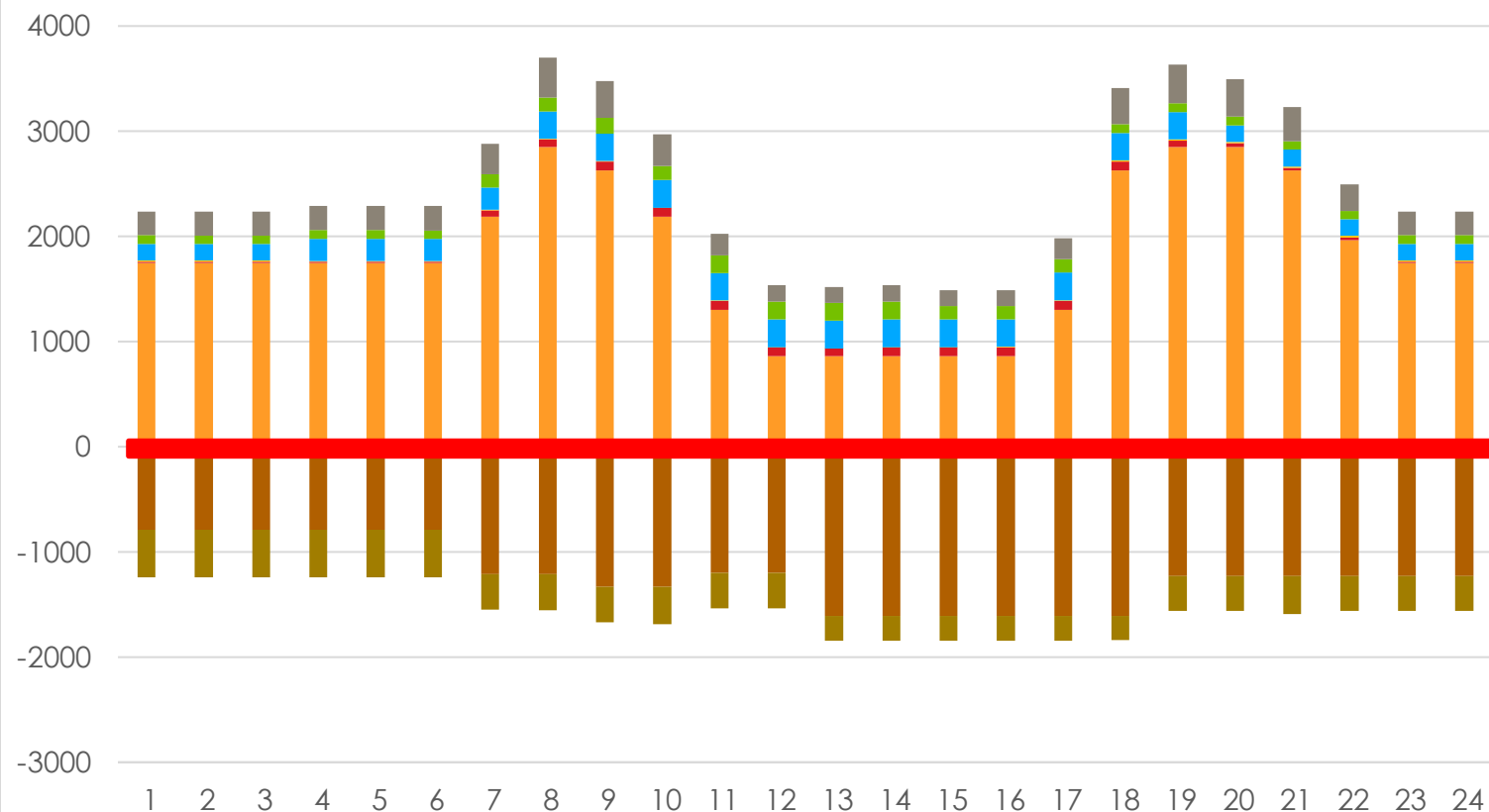
Сценарий с мерами (внутрисуточная нагрузка)

Электрический баланс – 2026
(пиковый зимний день/часовое; млн. кВт-ч)

2026

2040

Электрический баланс – 2040
(пиковый зимний день/часовое; млн. кВт-ч)



1. Меры разворачивают систему из дефицита в устойчивый **годовой профицит**

До 2027 года система остаётся близкой к балансу, с небольшим дефицитом:

- 2026: -2.86 млрд. кВт-ч

С 2028 года баланс резко уходит в профицит:

- 2028: 1.17 млрд. кВт-ч
- 2030: 5.5 млрд. кВт-ч
- 2040: 11.0 млрд. кВт-ч

Основные источники эффекта:

- Ввод СЭС и ВЭС: до ~10.4 млрд. кВт-ч в 2040
- Снижение потерь: с ~2.5 до ~0.23 млрд. кВт-ч.

2. Зима остаётся “узким местом” несмотря на годовой профицит

Даже при крупном годовом профиците, **зимние месяцы остаются уязвимыми.**

3. Суточная картина меняется радикально: профицит днём, дефицит вечером

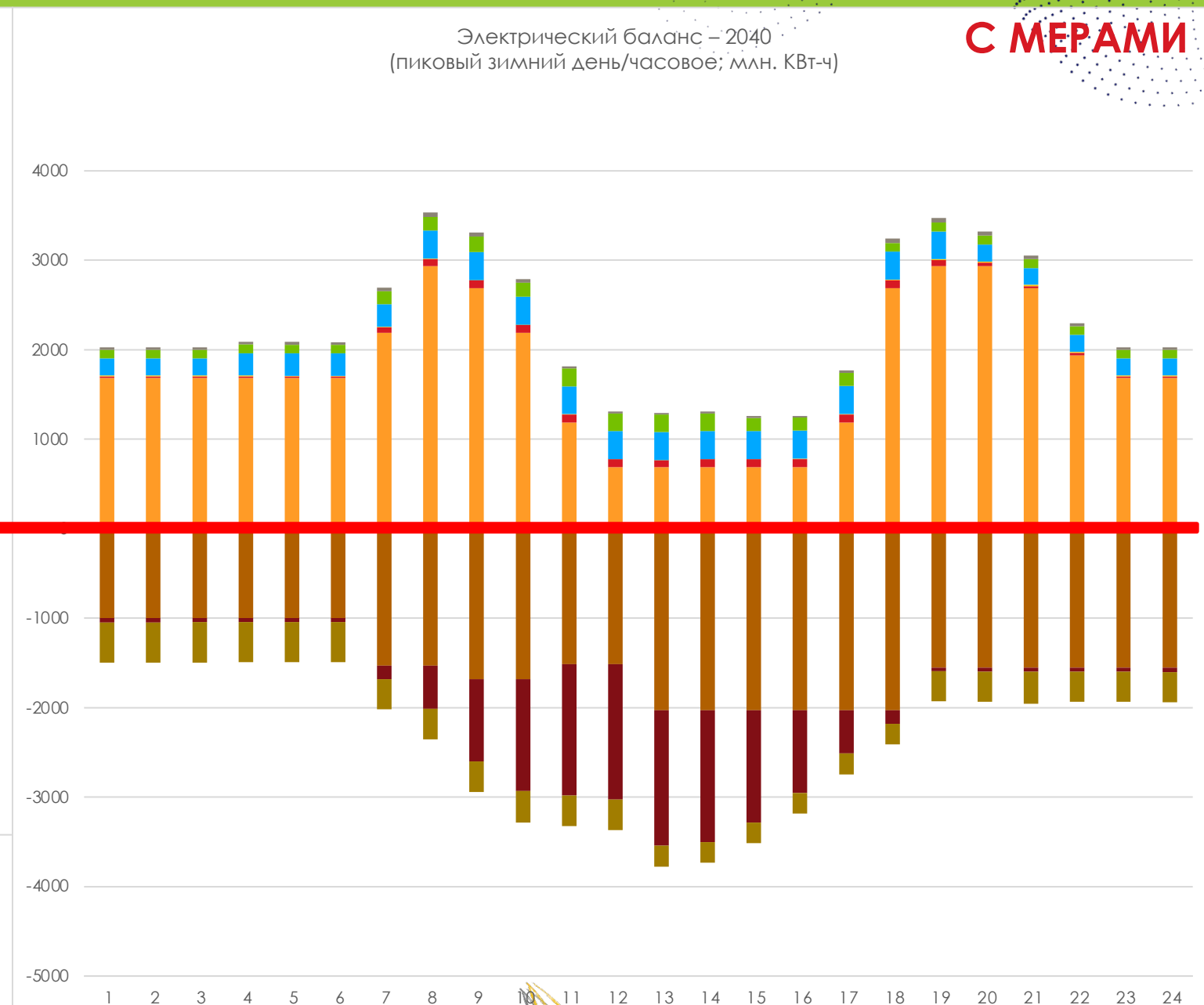
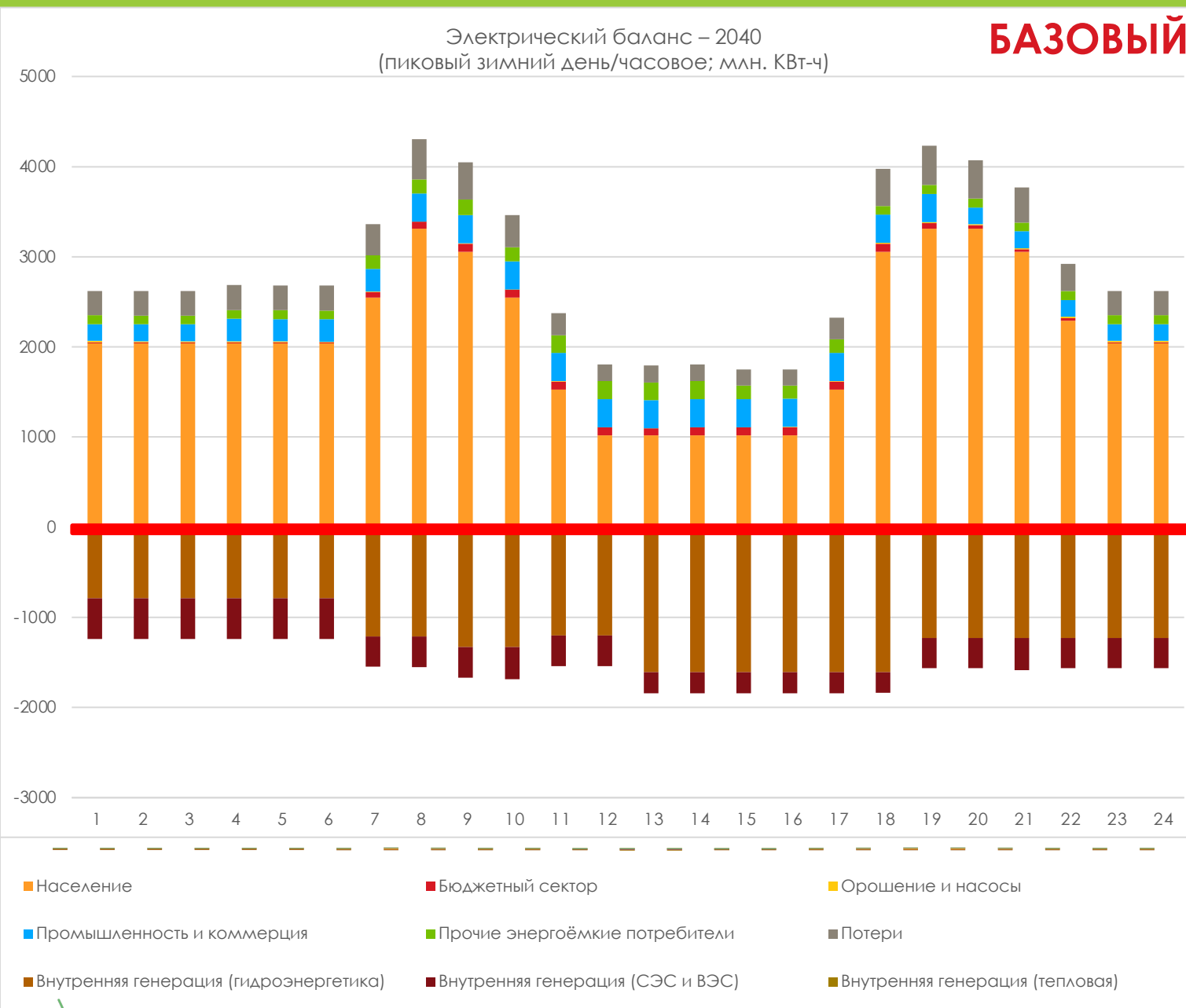
2026 год:

- вечерний пик: ~2.1–2.2 млрд. кВт

2040 год (с СЭС и ВЭС):

- дневные часы: **глубокий профицит** (до 2.0–2.5 млрд. кВт)
- вечерний пик (18–20): дефицит до ~1.4–1.5 млрд. кВт.

Сравнение сценариев в 2040 г.



1. Баланс считается не “по году”, а в месяцах и часах

Модель одновременно оценивает:

- годовую нагрузку
- сезонную нагрузку
- внутрисуточные пики

Позволяет заранее выявлять часы и месяцы системного риска

Решения принимаются по критическим периодам, а не по средним значениям

2. Меры оцениваются по системному эффекту, а не изолированно

Каждая мера анализируется через влияние на:

- покрытие пиков
- зимнюю устойчивость
- баланс генерации и спроса

Модель показывает **какие меры улучшают годовую статистику, но не решают проблему надёжности**

3. Встроенная чувствительность и сценарии

Можно тестировать:

- рост спроса по секторам
- ценовую чувствительность потребления
- ускорение или задержку ввода мощностей

Результат сразу виден:

- в зимней нагрузке
- в вечерних пиках

4. Снижение фискальных и инвестиционных рисков

Модель выявляет:

- когда именно возникает дефицит
- где потребуются экстренные и дорогие решения

Позволяет сравнивать меры по системному эффекту

Поддерживает выбор:

- очередности мер
- оптимального времени инвестиций

Фокус смещается с **“что строить”** на **“когда и зачем тратить деньги”**

1. Ключевые выводы

Сценарное моделирование позволяет **сравнивать решения до их реализации**, а не постфактум

Оценка во временном разрезе (**год, сезон, сутки**) даёт более полную картину адекватности системы

Инструмент позволяет работать с неопределённостью, а не фиксированными прогнозами

2. Что даёт на практике:

Единая **аналитическая основа** для обсуждений между:

- энергетикой,
- тарифным блоком,
- экологией,
- финансами

Возможность тестировать внутри одного инструмента:

- разные траектории развития,
- сочетания мер,
- сроки решений

3. Следующие шаги

Настройка параметров модели на основе национальных данных

Расширение сценариев под конкретные задачи:

- тарифные решения,
- ввод мощностей,
- меры энергоэффективности

Постепенное развитие инструмента:

- **учёт выбросов CO₂ и климатических целей,**
- **связь с инвестиционными и финансовыми оценками**