



ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ УКРАЇНИ

д.т.н., доцент Комар В. О.

ПОКРИТТЯ ДОБОВОГО ГРАФІКА ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ 13.12.2020

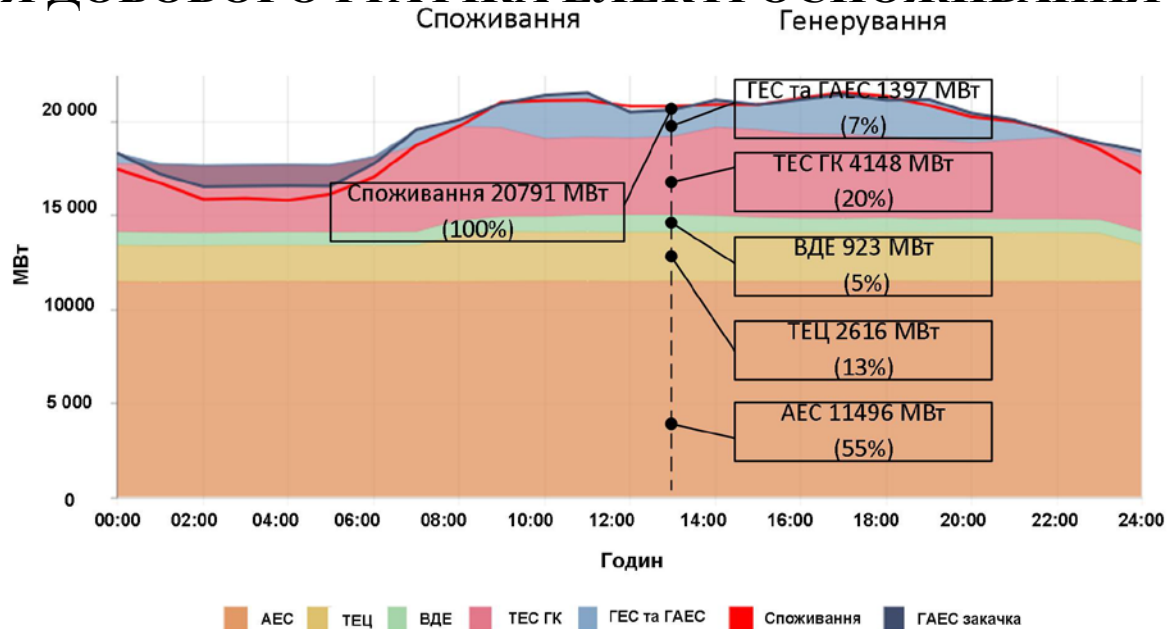


Рисунок 1 – Покриття добового графіка електроспоживання 13.12.2019

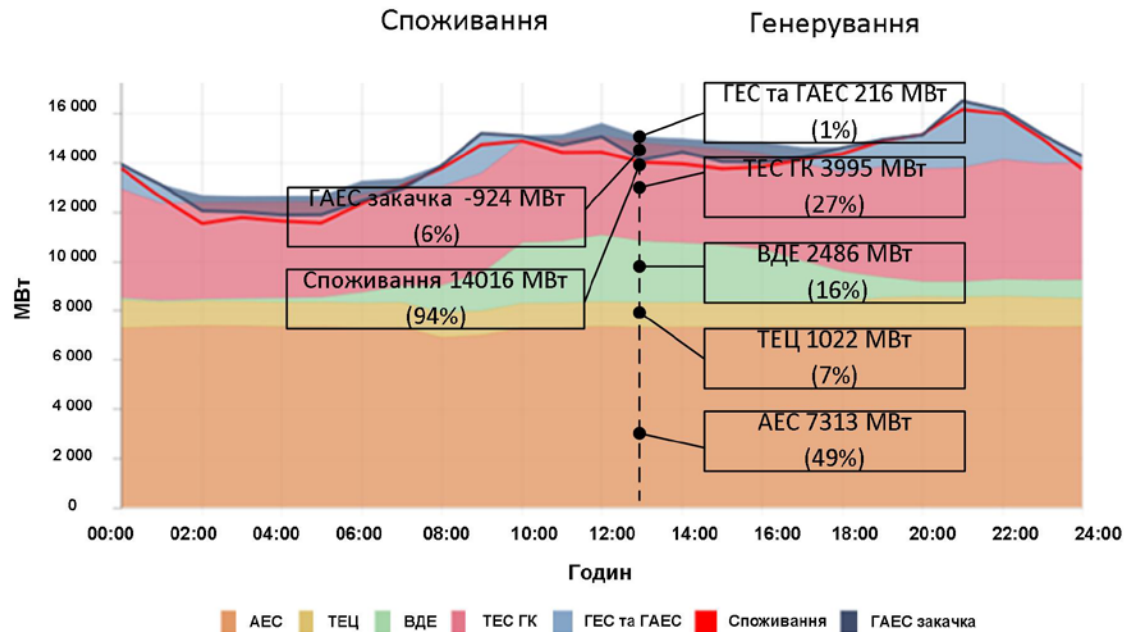


Рисунок 2 – Покриття добового графіка електроспоживання 18.05.2020

В системі для надійного та якісного електропостачання споживачів має підтримуватися баланс потужності:

$$P_{цжс}(t) + \sum_{i=1}^n P_i(t) - \sum_{j=1}^m P_{ТП j}(t) - \Delta P(t) \pm \sum P_{нак}(t) = 0,$$

де $P_{цжс}(t)$ – потужність, яка передається в систему від централізованих джерел електроенергії;

$\sum_{i=1}^n P_i(t)$ – потужність n ВДЕ;

$P_{ТП i}(t)$ – навантаження трансформаторних підстанцій (ТП),

m – кількість ТП;

$\Delta P(t)$ – технологічні втрати електроенергії (ТВЕ) в електричних мережах;

$\sum P_{нак}(t)$ – потужність накопичувачів електроенергії або потужність резервної потужності.

Компенсація нестабільності генерування ВДЕ:

- накопичувачі електроенергії: гідроелектростанції, хімічне акумулювання, водневі технології, біогазові технології та інші способи;
- використання наявних джерел генерування - в першу чергу блоків теплової генерації з регульовальним діапазоном 30-50%;
- узгодження графіків електроспоживання і генерування ВДЕ.

Всі ці методи вимагають попередньо прогнозування генерації ВДЕ.

ОСОБЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ І ЇХ МОЖЛИВОСТІ В РЕГУЛЮВАННІ ПОТУЖНОСТІ

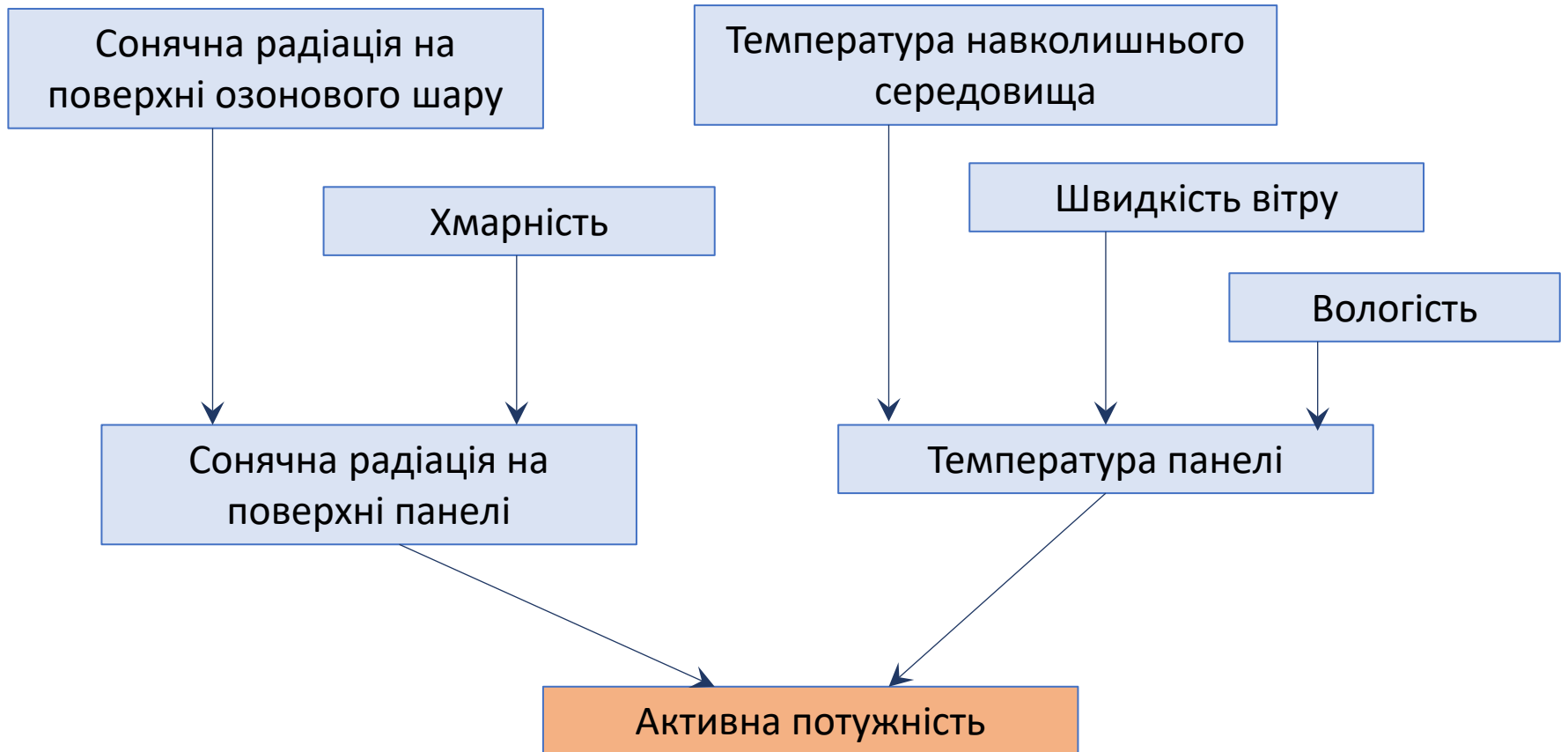
Електрична енергія має таку особливість, що її споживання і генерування мають бути постійно однаковими, бути збалансованими. Враховуючи також технологічні особливості виробництва електроенергії на різних типах станцій, для них плануються відповідні графіки роботи, за якими вони покривають добовий графік електроспоживання.

АЕС з блоками ВВЕР технологічно не придатні для поточного регулювання потужності. Вони спроектовані так, що виводяться на номінальну потужність і так працюють постійно, тобто знаходяться в базі графіка електроспоживання. Для того, щоб забезпечити для них такий режим роботи, споруджуються накопичувачі електроенергії – Дністровська, Ташликська ГАЕС.

ТЕС конденсаційного типу призначені для виробництва електроенергії та регулювання потужності в досить широкому діапазоні. Мінімально допустимі навантаження блоків ТЕС залежать від їх потужності та від виду палива. Для вугільних блоків це 50–60% від номінальної потужності, а для газомазутних відповідно 30–40% (останні в Україні практично не експлуатуються). Тобто, технічно **регульовальний діапазон ТЕС, всередині якого потужності можуть змінюватися автоматично без зміни складу основного і допоміжного обладнання, знаходиться в межах 40–50% від номінальної потужності.**

На ТЕС і ГЕС покладено обов'язки створювати резерв потужності, необхідний для забезпечення надійності електропостачання споживачів електроенергії. Загальний резерв потужності складається з навантажувального, аварійного і ремонтного, а також компенсації негарантованого генерування. **Сумарний резерв мав би складати мінімально 20–25% від середнього електроспоживання за добу.** В цьому випадку ймовірність обмеження споживачів електроенергії буде мінімальною (так звані віярні відключення мінімізуються).

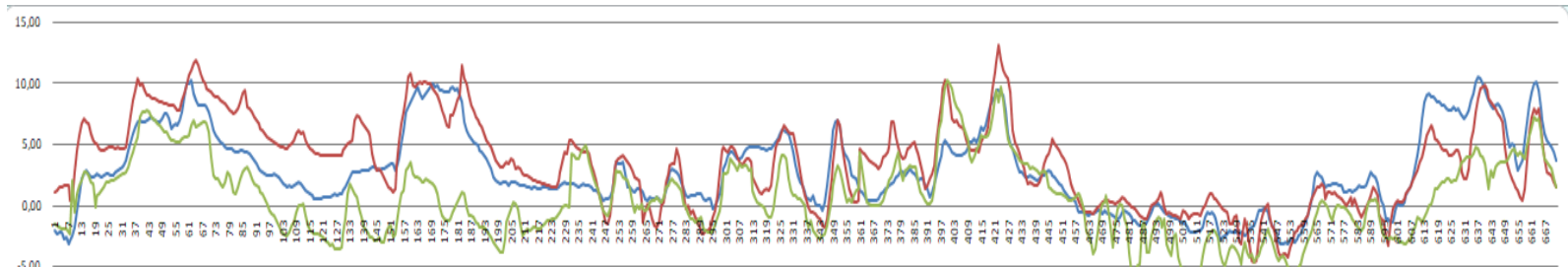
Особливістю ВДЕ, як сонячних (ФЕС), так і вітрових (ВЕС) електростанцій, є залежність їх генерування від метеопараметрів. Вони не є гарантованими джерелами електроенергії. Потужність їх може змінюватися практично від нуля (немає вітру для ВЕС; ніч, туман, дощові хмари для ФЕС) до номінальної. Для ВДЕ характерним було не контрольоване енергосистемами генерування, тобто вся вироблена електроенергія видавалась в електричні мережі без всяких обмежень. З розбудовою ВДЕ це призвело, в кінці кінців, до проблем з балансуванням режимів.



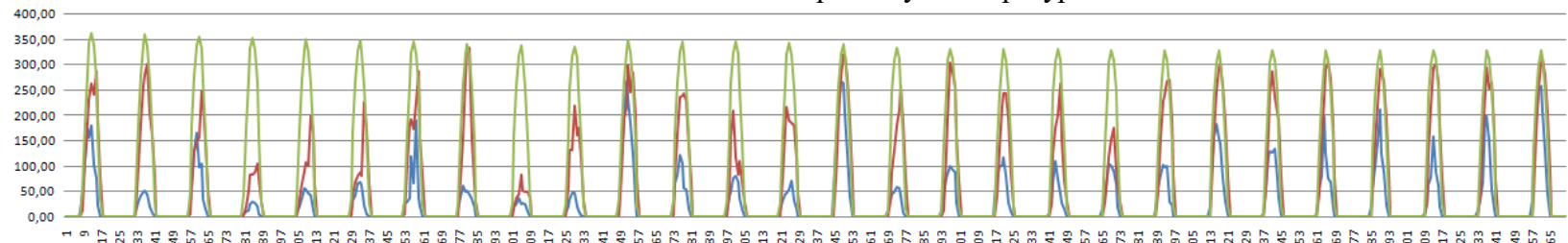
ХАРАКТЕРИСТИКИ САЙТІВ МЕТЕОПАРАМЕТРІВ

Назва джерела	Наявність погодинного прогнозу	Наявність трьох-годинного прогнозу	Можливість надання сонячної радіації на поверхні	Вартість прогнозу	Параметри, що надає ресу
http://www.gismeteo.ua	Немає	Є	Немає	Безкоштовний	1. Температура; 2. Атм.Тиск; 3. Си. напрям вітру; 4. Вологість
http://sinoptik.ua	Немає	Є	Немає	Безкоштовний	1. Температура; 2. Атм.Тиск; 3. Си. напрям вітру; 4. Вологість; 5. Ймовір. опадів
http://www.meteoprog.ua	Є	Є	Немає	Безкоштовний	1. Температура; 2. Атм.Тиск; 3. Си. напрям вітру; 4. Вологість; 5. Опад
http://pogoda.yandex.ua	Немає	Є	Немає	Безкоштовний	1. Температура; 2. Атм.Тиск; 3. Си. напрям вітру; 4. Вологість
http://www.meteo.gov.ua/	Немає	Є	Немає	Безкоштовний	1. Температура; 2. Атм.Тиск; 3. Си. напрям вітру; 4. Вологість; 5. Опад
Worldweatheronline.com	Є	Є	Немає	Безкоштовний	1. Температура; 2. Атм.Тиск; 3. Си. напрям вітру; 4. Вологість; 5. Опад 6. Хмарність
http://www.intellicast.com	Є	Є	Немає	Безкоштовний	1. Температура; 2. Атм.Тиск; 3. Си. напрям вітру; 4. Вологість; 5. Опад 6. Хмарність
http://www.bbc.co.uk/weather/	Немає	Є	Немає	Безкоштовний	1. Температура; 2. Атм.Тиск; 3. Си. напрям вітру; 4. Вологість; 5. Опад 6. Хмарність
www.weather.com	Є	Є	Немає	Безкоштовний	1. Температура; 2. Атм.Тиск; 3. Си. напрям вітру; 4. Вологість; 5. Опад 6. Хмарність
http://www.accuweather.com	Є	Є	Немає	Безкоштовний	1. Температура; 2. Атм.Тиск; 3. Си. напрям вітру; 4. Вологість; 5. Опад 6. Хмарність
https://www.meteoblue.com	Є	Є	Є	2,5 €/день	1. Температура; 2. Атм.Тиск; 3. Си. напрям вітру; 4. Вологість 5. Опад (мм); 6. Хмарність; 7. Сон. радіація(погодинна)
https://eosweb.larc.nasa.gov/ss_e/ Сайт дозволяє отримати	Є	Є	Є	Безкоштовний	1. Температура; 2. Атм.Тиск; 3. Си. напрям вітру; 4. Вологість; 5. Опад 6. Хмарність; 7. Сонячна радіація (середньоденна)

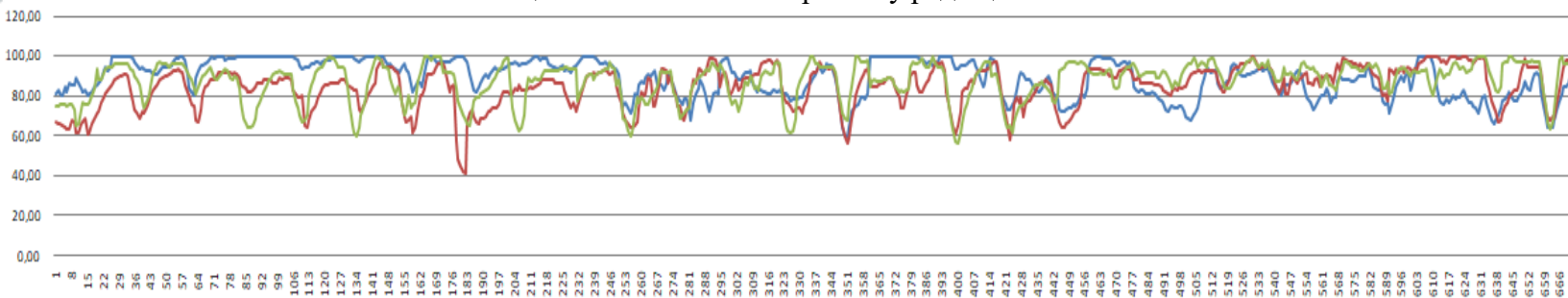
ВІД Solcast



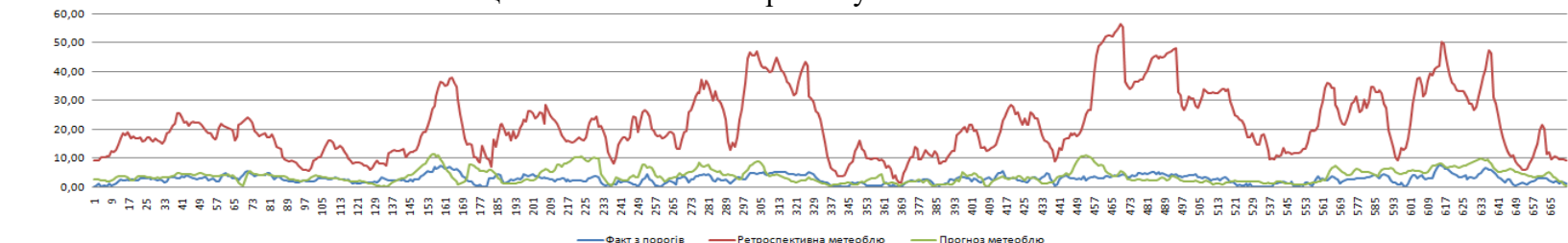
Оцінювання точності прогнозу температури



Оцінювання точності прогнозу радіації



Оцінювання точності прогнозу вологості



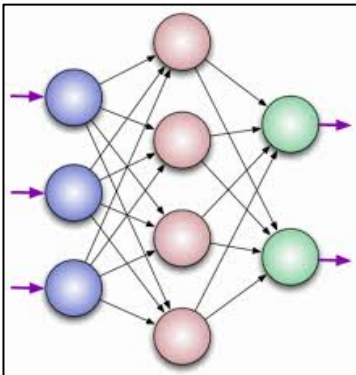
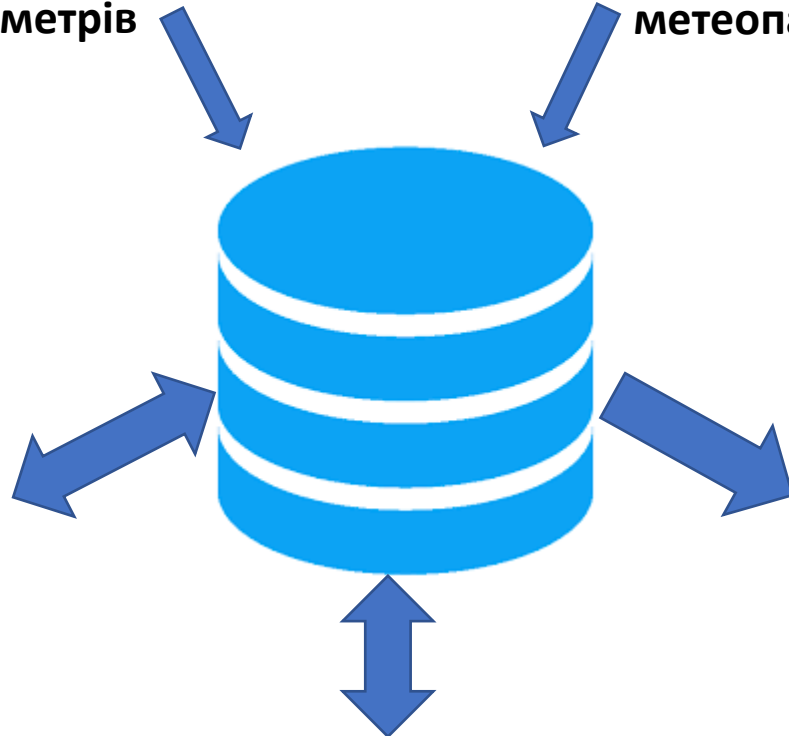
Оцінювання точності прогнозу швидкості вітру

— Факт з порівіг — Ретроспективна метеоблю — Прогноз метеоблю

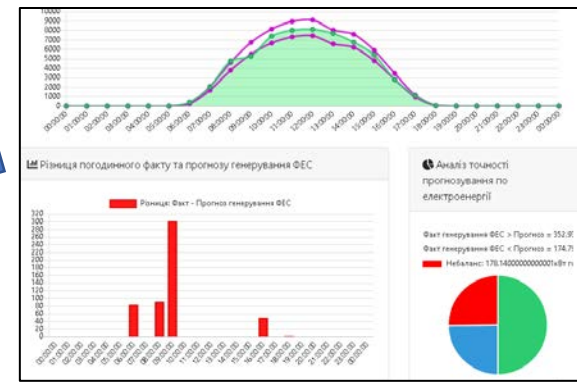
СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПОТОКІВ І ВЗАЄМОДІЇ МОДУЛІВ ПК «SmartSolar»

Прогноз
метеопараметрів

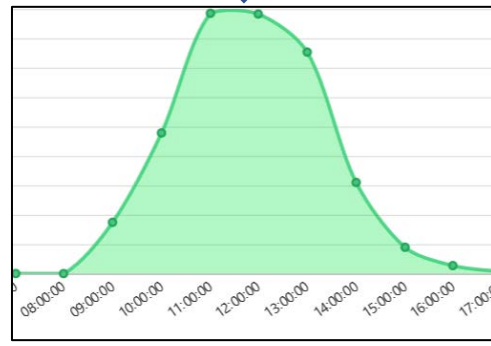
Фактичні
виробіток та
метеопараметри



Модуль підготовки
даних для
прогнозування

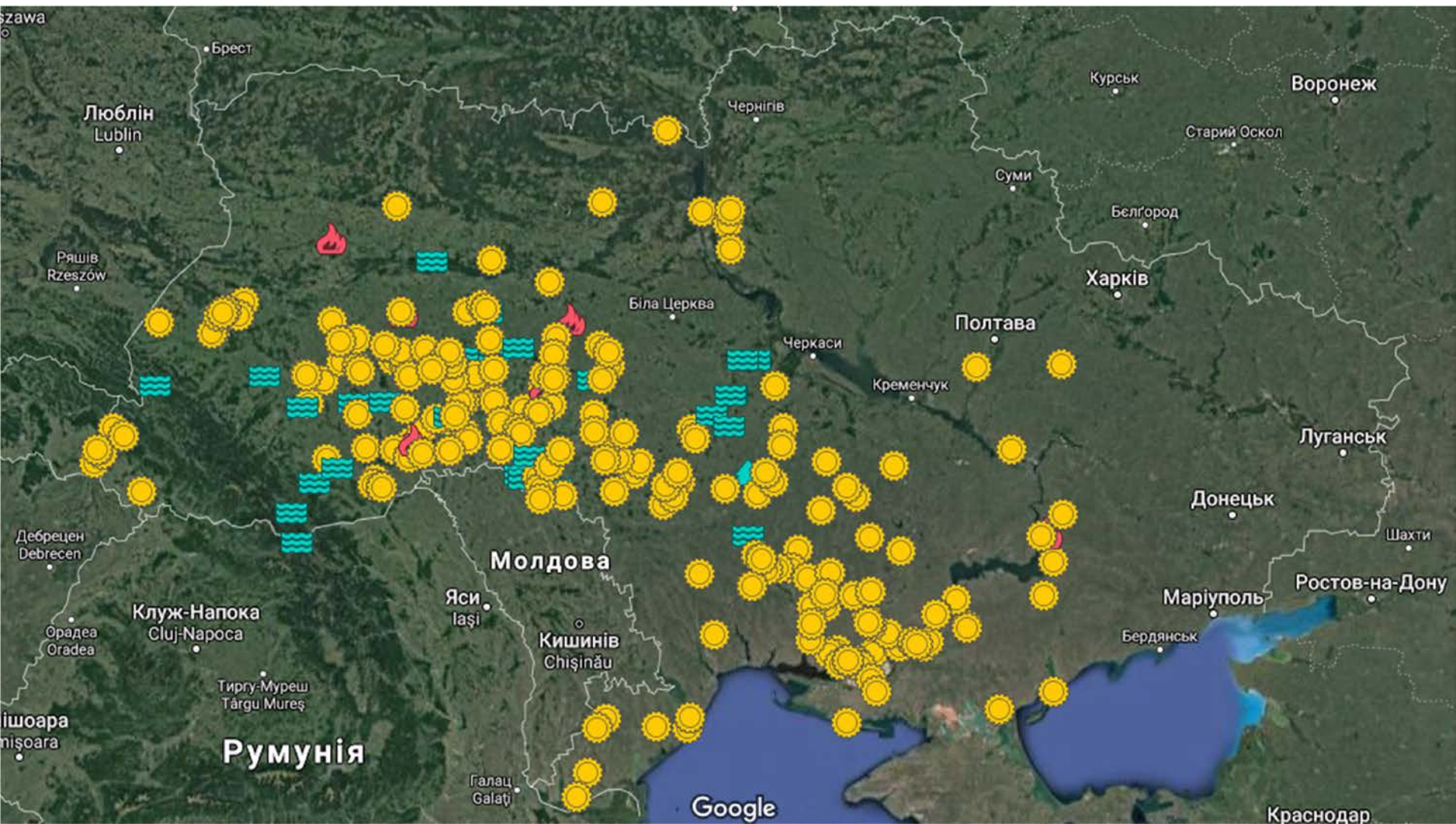


Модуль візуалізації та
аналізу результатів
прогнозу
(користувацький додаток)



Модуль
прогнозування

Карта об'єктів, що знаходяться на тестовому прогнозуванні




Робочий стіл ПК Прогноз генерування

Меню 



 Робочий стіл

 Допомога >

 Про нас >

Робочий стіл / Огляд

Прогноз погоди



Переглянути деталі >

Прогноз генерування
ФЕС



Переглянути деталі >

Аналіз результатів
прогнозування



Переглянути деталі >

Меню ☰

Робочий стіл / Прогноз генерування ФЕС

Оберіть ФЕС: ФЕС Шаргород

Оберіть дату: 2020-March-27

2020-March-28

Обрати

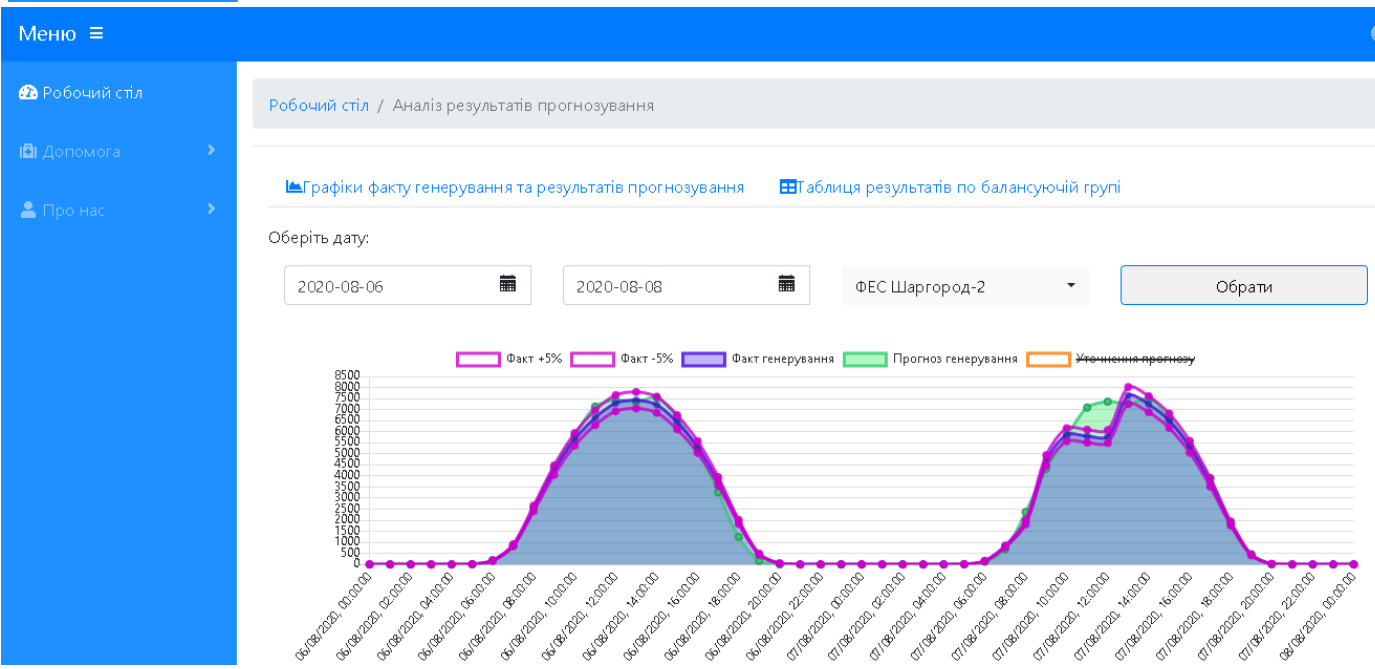
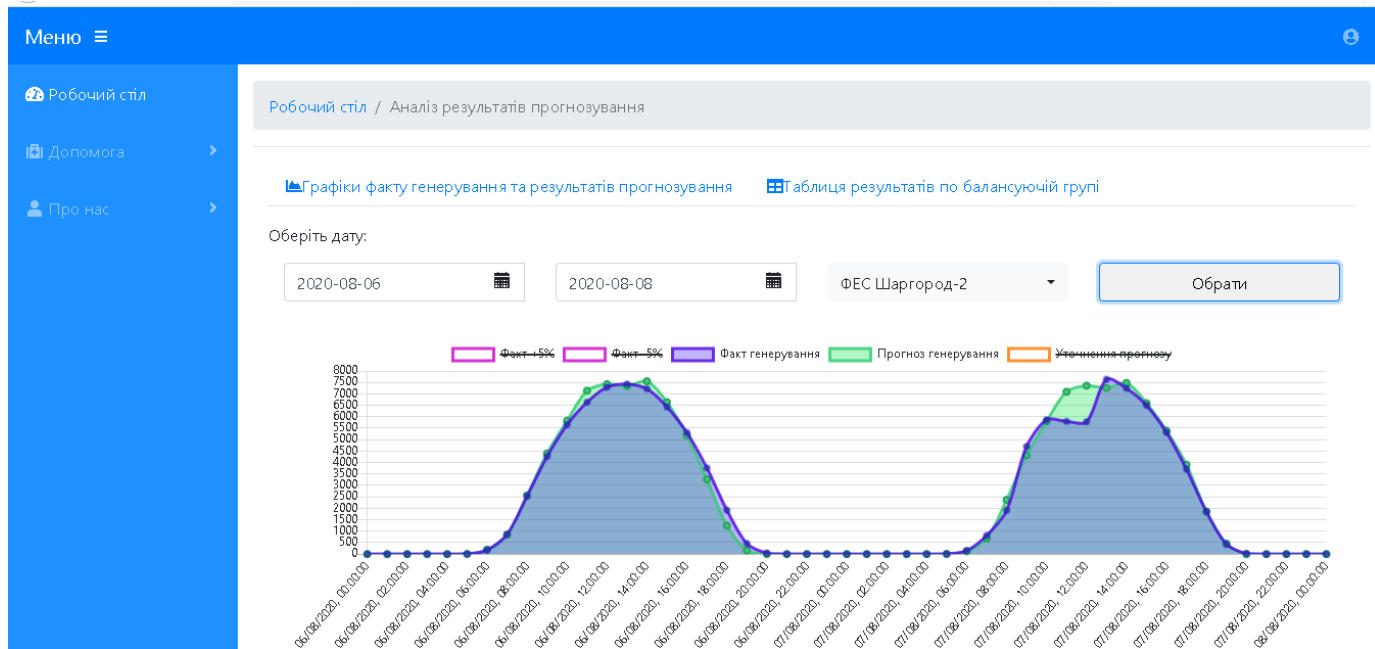
Генерування Таблиця

Прогноз генерування

Time	Forecast Power (kW)
02:00:00	0
03:00:00	0
04:00:00	0
05:00:00	0
06:00:00	0
07:00:00	2500
08:00:00	4000
09:00:00	5200
10:00:00	6800
11:00:00	7000
12:00:00	6800
13:00:00	6200
14:00:00	5500
15:00:00	4800
16:00:00	3500
17:00:00	2000
18:00:00	1000
19:00:00	0
20:00:00	0
21:00:00	0
22:00:00	0
23:00:00	0
00:00:00	0
01:00:00	0
02:00:00	0

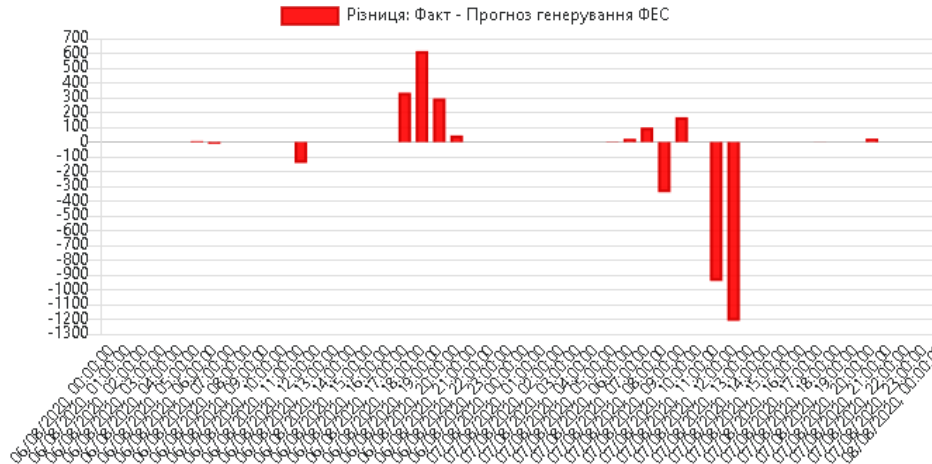
Авторське право © кафедра "Електричні станції та системи"

Модуль аналізу результатів прогнозування генерування фотоелектричної станції



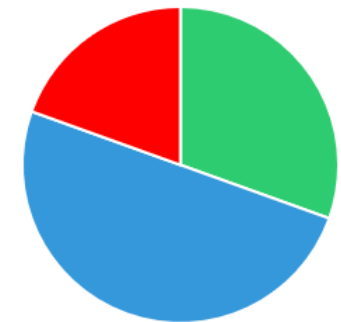
Модуль аналізу результатів прогнозування генерування фотоелектричної станції

Різниця погодинного факту та прогнозу генерування ФЕС



Аналіз точності прогнозування по електроенергії

Факт генерування ФЕС > Прогноз = 1609.85 кВт год
 Факт генерування ФЕС < Прогноз = 2640.2 кВт год
 Небаланс: -1030.35кВт год



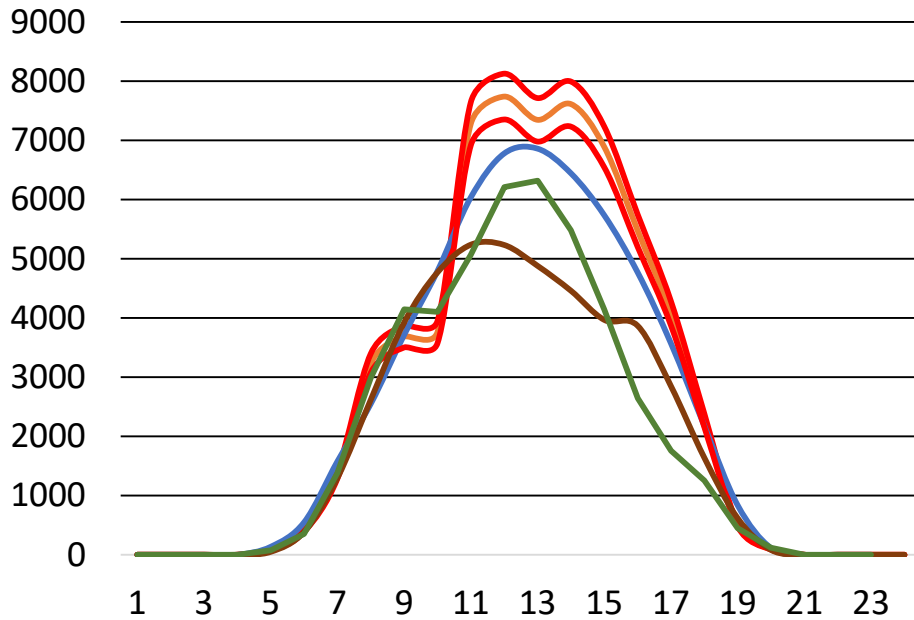
Назви станцій, що входять в балансуючу групу	Кількість електроенергії згенерованої за звітній період, кВт год	Кількість електроенергії прогнозованої за звітній період, кВт год	Кількість електроенергії, коли "Факт - Прогноз > 0", кВт год	Кількість електроенергії, коли "Факт - Прогноз < 0", кВт год	Модуль абсолютної похибки, "Факт - Прогноз", кВт год	Відносна похибка, %
ФЕС Шаргород-2	117766	120437	1609.85	2640.2	4250.05	3.53
ФЕС Шаргород-2	117766	120437	2796	5467	8263	6.86

Завантажити файл csv

Порівняльний аналіз результатів прогнозування генерування фотоелектричної станції

19_06_2020

станції

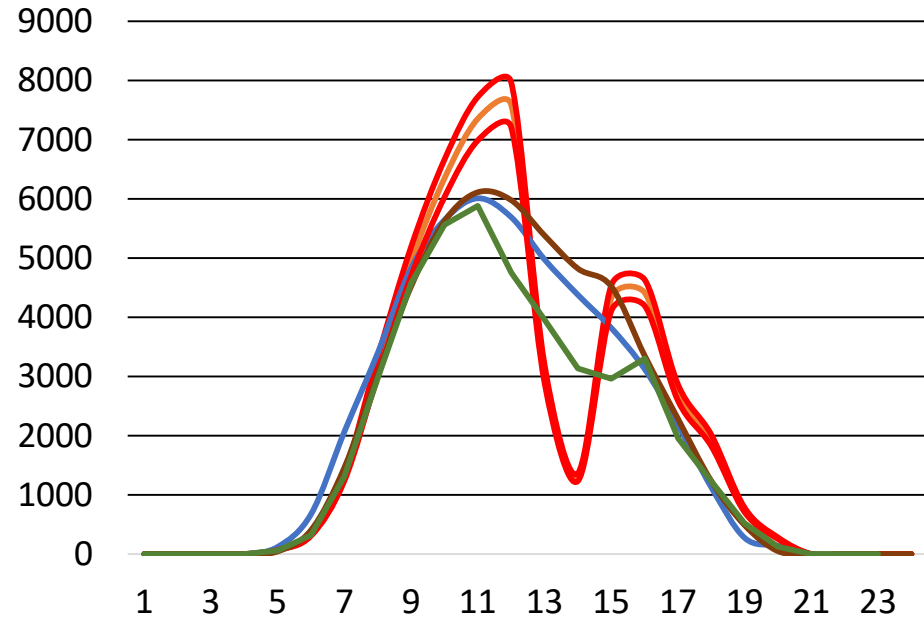


— Факт
— BHTY (Україна)
— Meteologica (Іспанія)
— SolarGIS (Словатчина)

5%

-5%

24_06_2020



— Факт
— BHTY (Україна)
— Meteologica (Іспанія)
— SolarGIS (Словатчина)

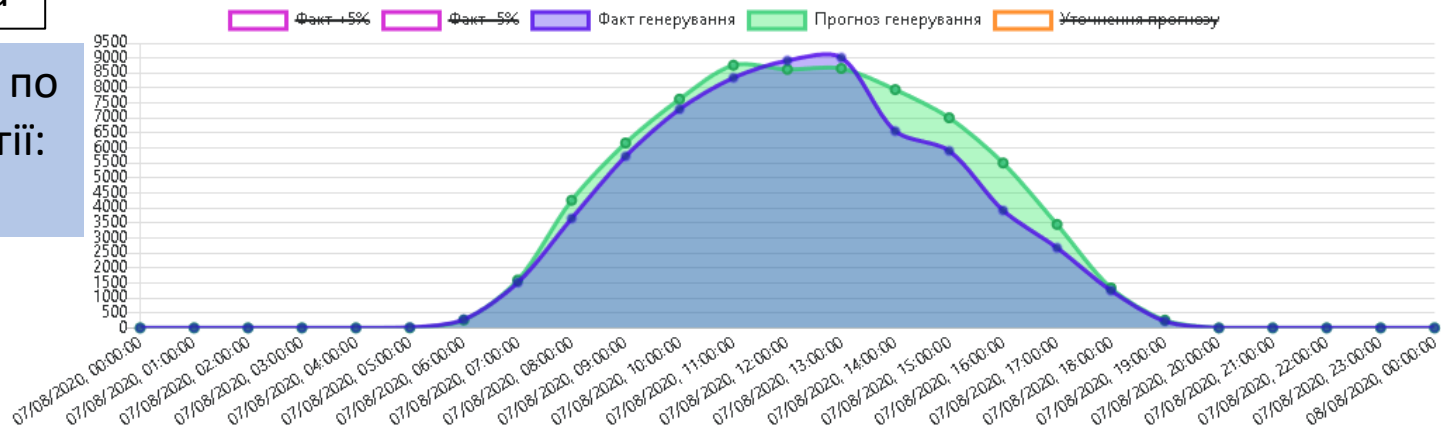
5%

-5%

2020-08-07 2020-08-08 ФЕС Миролюбівка [Обрати](#)

ФЕС Миролюбівка

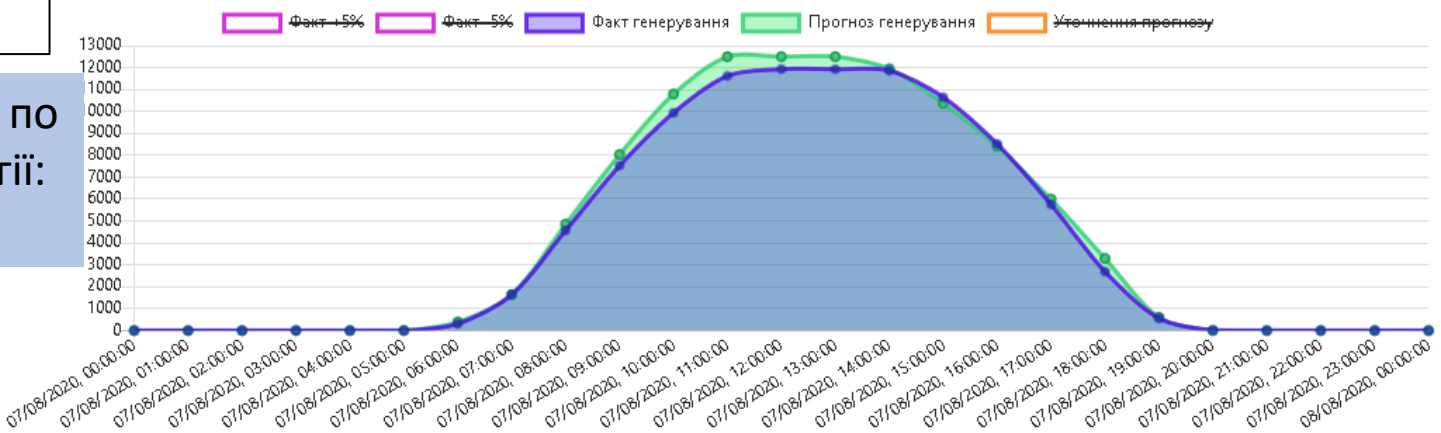
Відносна похибка по електричній енергії: **5,92%**



2020-08-07 2020-08-08 ФЕС Таборівка [Обрати](#)

ФЕС Таборівка

Відносна похибка по електричній енергії: **1,2%**

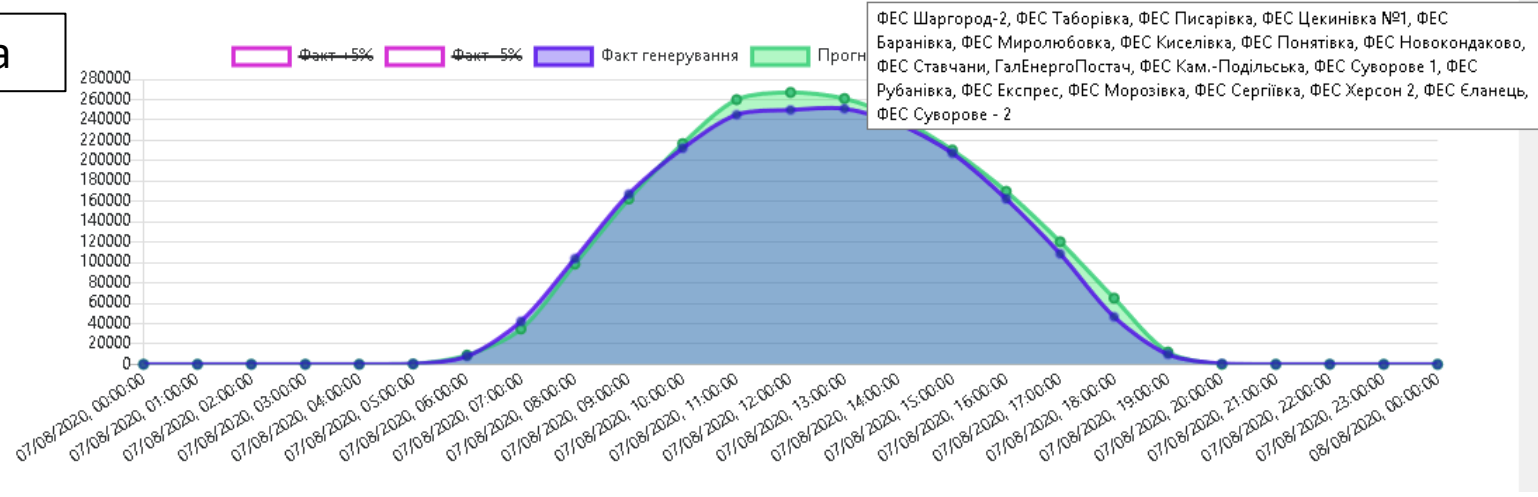


Аналіз якості прогнозування. Сумарний прогноз і виробіток по тестових станціях

Відносна похибка по електричній енергії: **1,68 %**

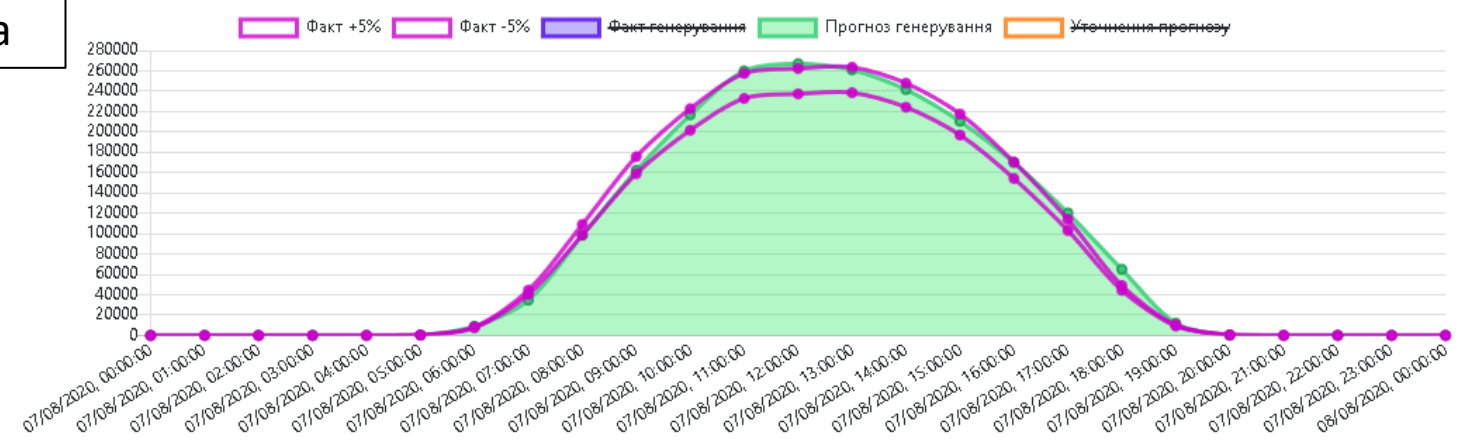
2020-08-07 2020-08-08 ФЕС Шаргород-2, ФЕС Табс [Обрати](#)

Балансова група



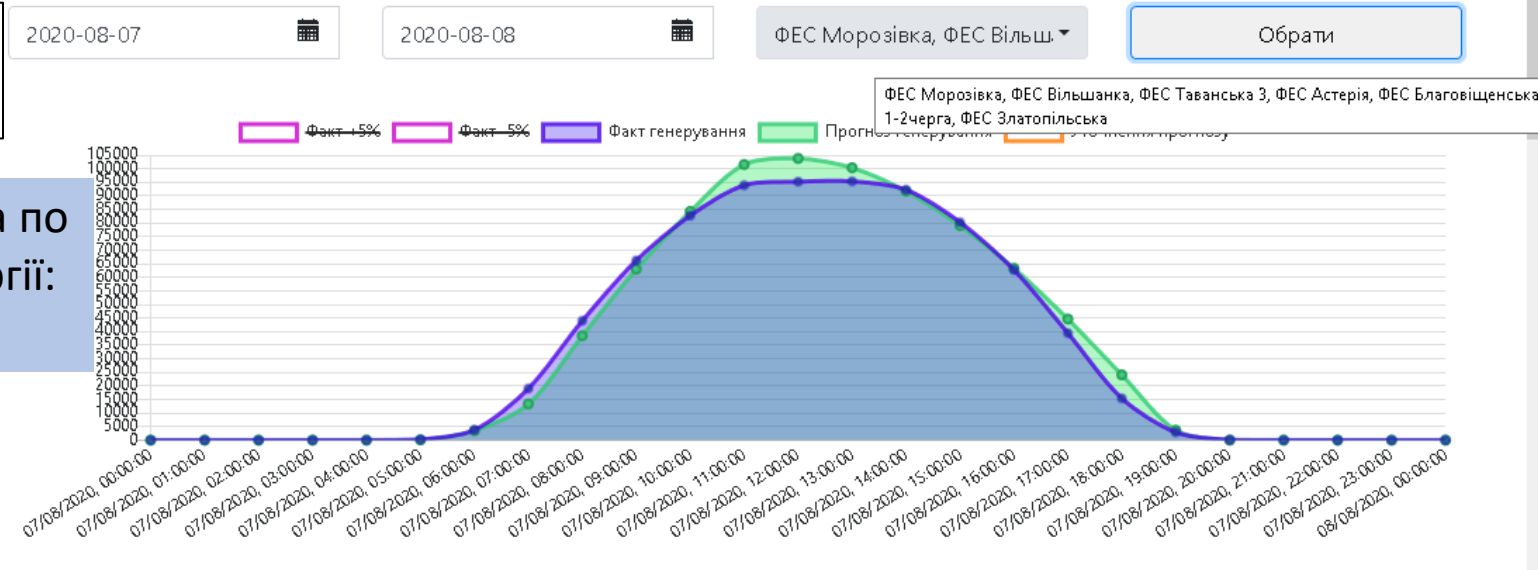
2020-08-07 2020-08-08 ФЕС Шаргород-2, ФЕС Табс [Обрати](#)

Балансова група



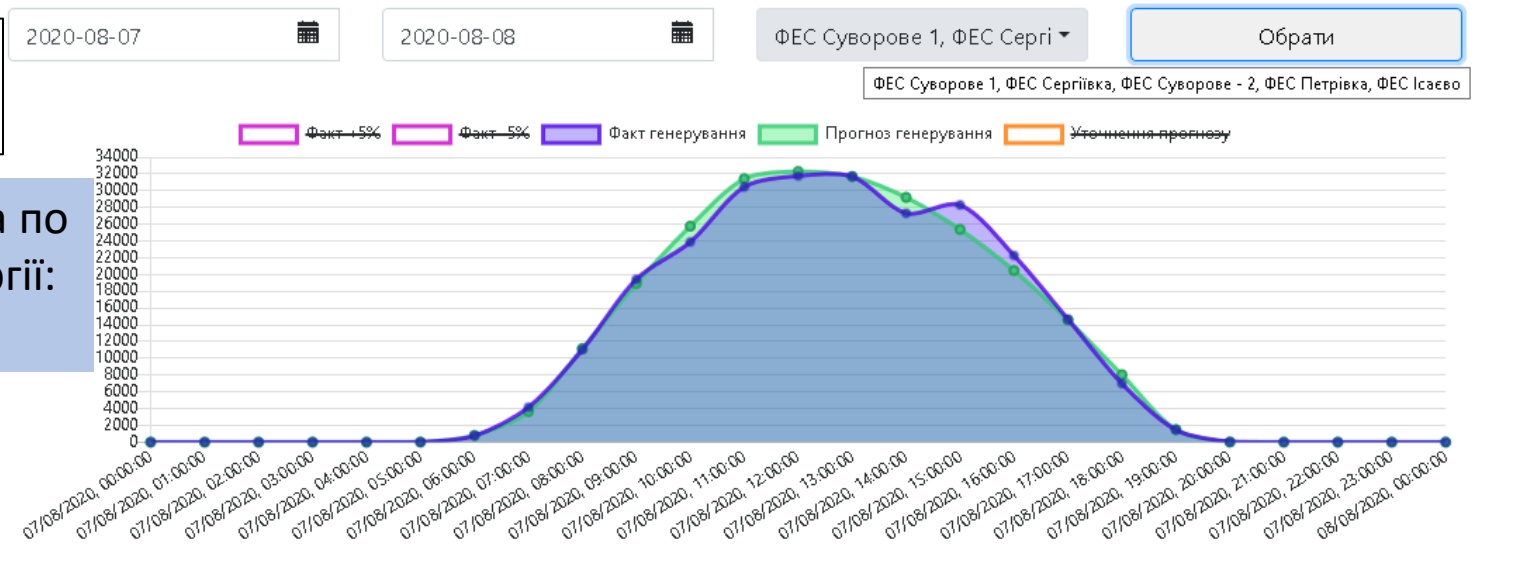
Кіровоградська область

Відносна похибка по електричній енергії: **3,19%**



Одеська область

Відносна похибка по електричній енергії: **1,79%**



2020-08-07



2020-08-08

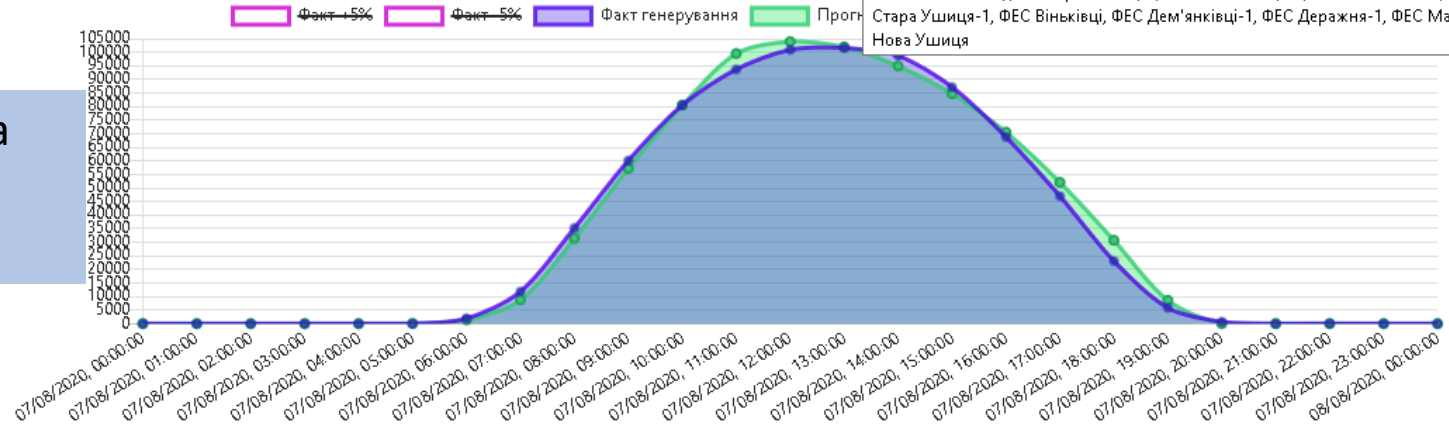


ФЕС Ставчани, ФЕС Кам.-Піс

Обрати

Хмельницька область

ФЕС Ставчани, ФЕС Кам.-Подільська, ФЕС Ріпна, ЕКО-ФОТУРЕ ГРУШКА, ФЕС Бохни, ФЕС НЕМИРИНЦІ, ФЕС Криваченці 2, ФЕС Вінковоцька, ФЕС Івашківська, ФЕС Стара Ушиця-1, ФЕС Вінківці, ФЕС Дем'янківці-1, ФЕС Деражня-1, ФЕС Маків, ФЕС Нова Ушиця



Відносна похибка по електричній енергії: **2,16%**

2020-08-07



2020-08-08

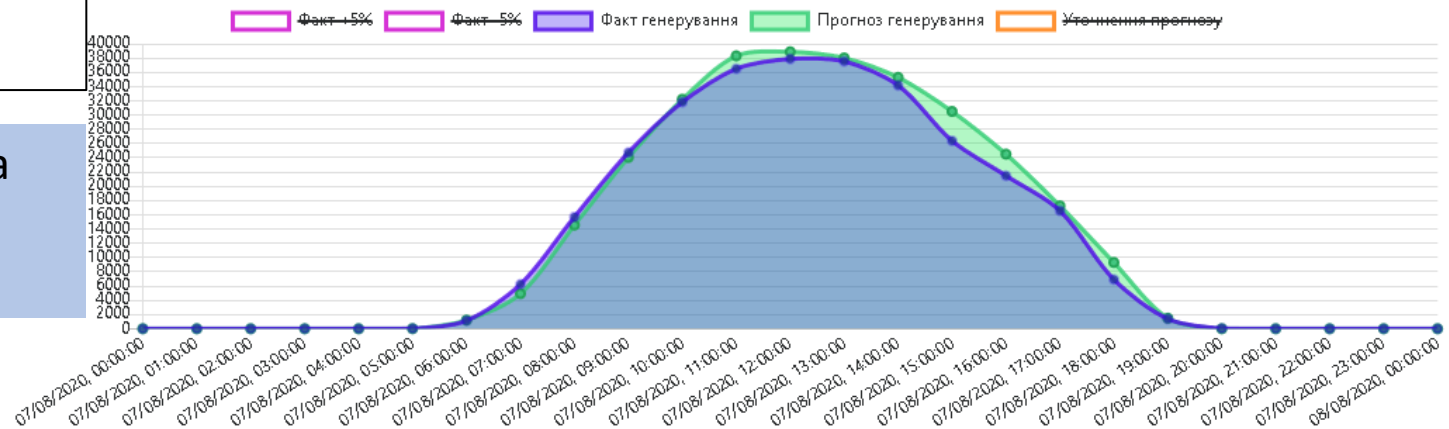


ФЕС Таборівка, ФЕС Новок

Обрати

Миколаївська область

ФЕС Таборівка, ФЕС Новокогдаково, ФЕС Єланець



Відносна похибка по електричній енергії: **2,54%**

Аналіз якості прогнозування

2020-08-07



2020-08-08

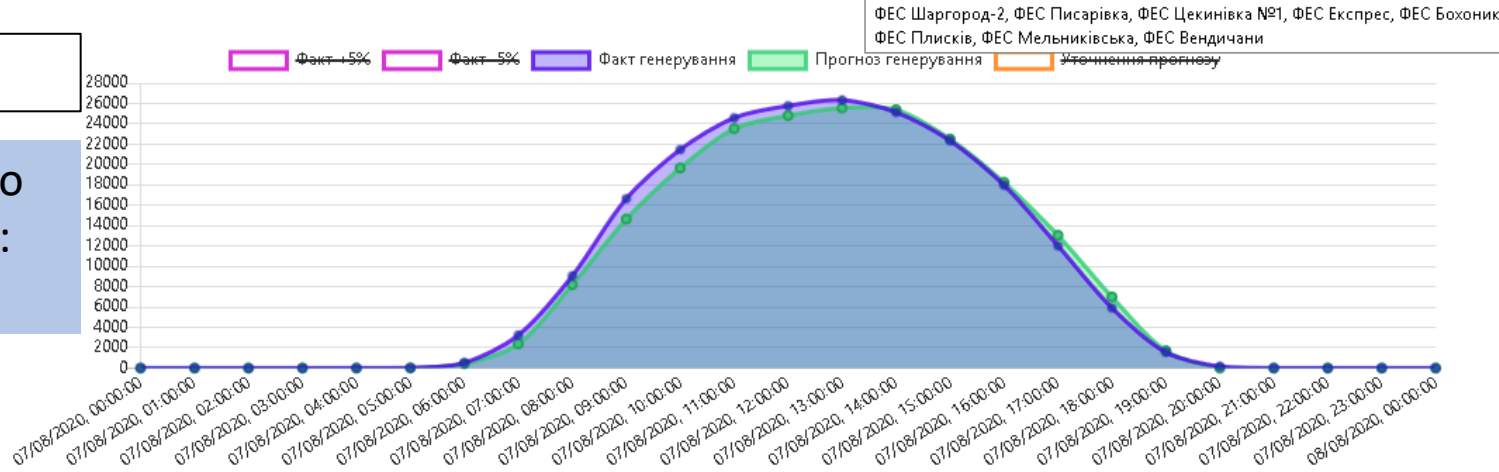


ФЕС Шаргород-2, ФЕС Пис:

Обрати

Вінницька область

Відносна похибка по електричній енергії: **2,29%**



2020-08-07



2020-08-08

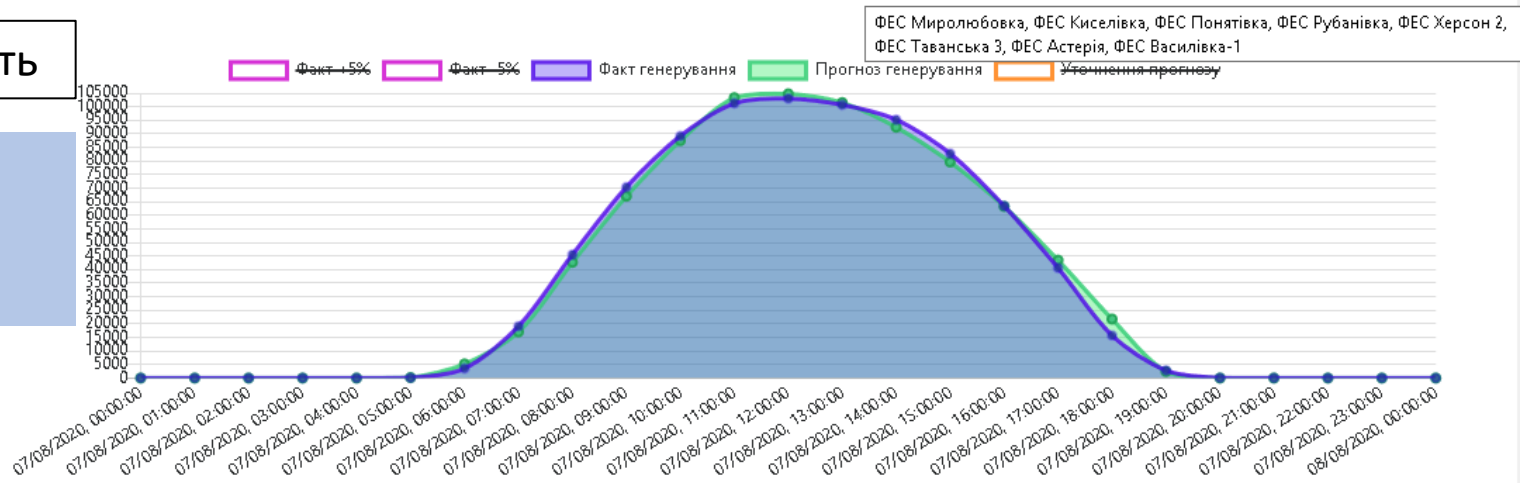


ФЕС Миролjubовка, ФЕС Ки:

Обрати

Херсонська область

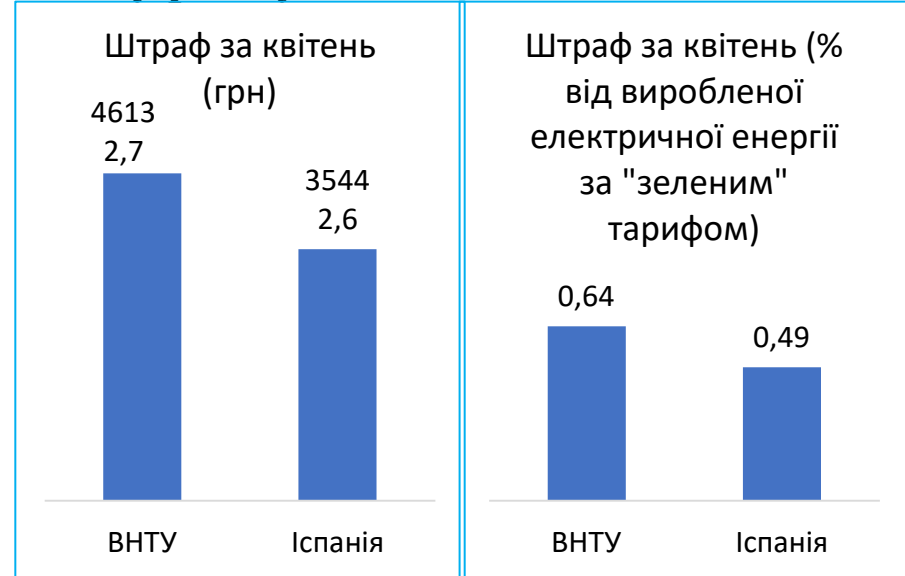
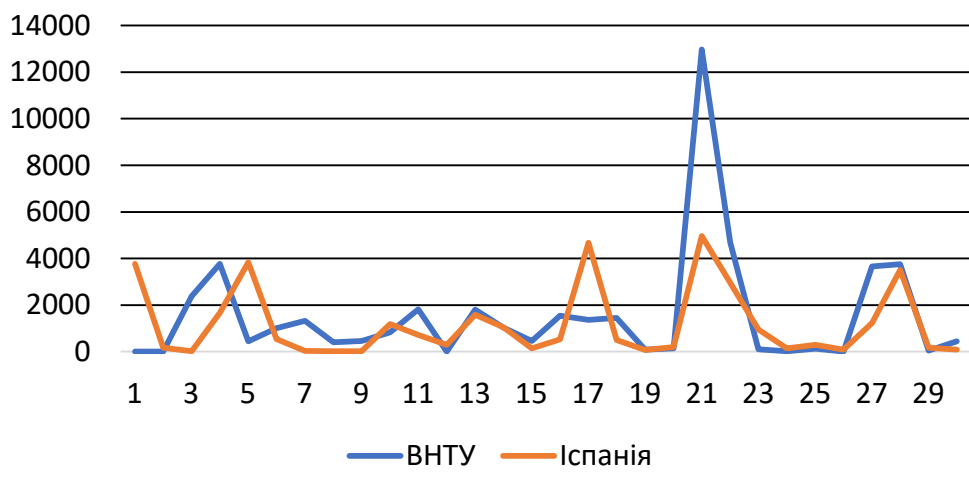
Відносна похибка по електричній енергії: **1,16%**



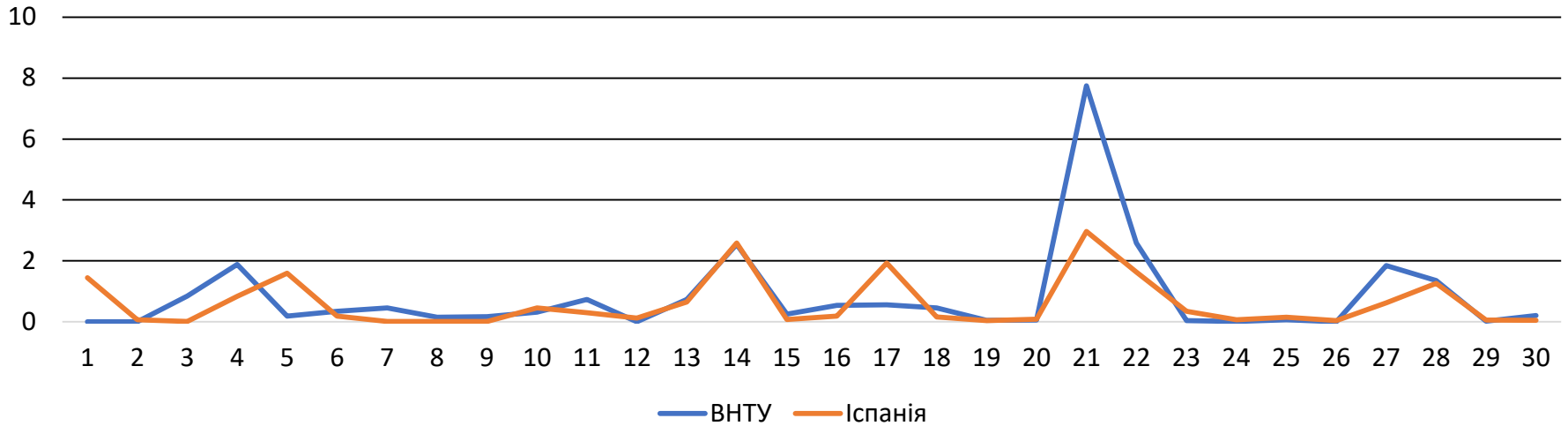
100% відповідальність

цін на балансувальному ринку

Штрафи Шаргород 2 (грн)



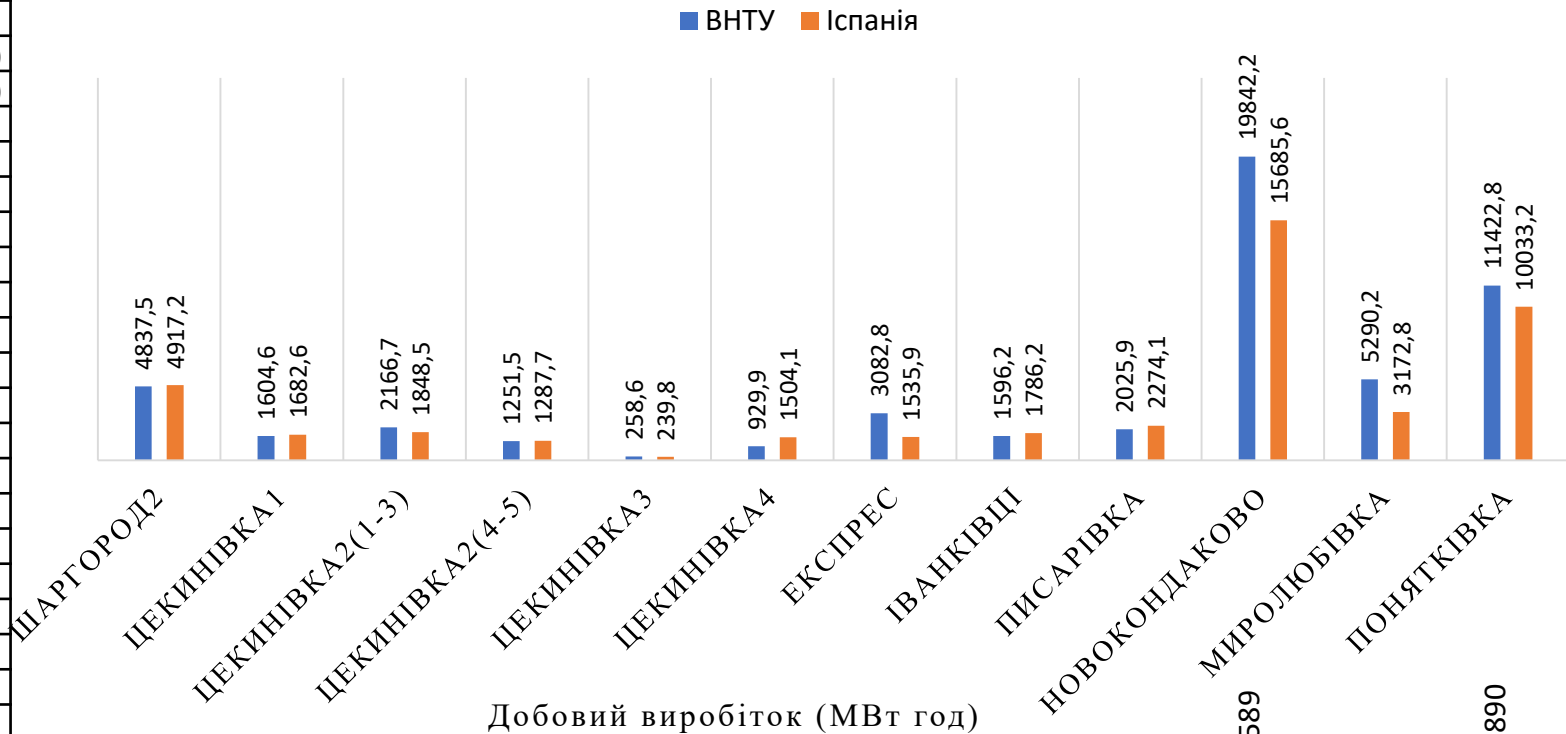
Штрафи Шаргород 2 (% від виробленої електричної енергії за "зеленим" тарифом)



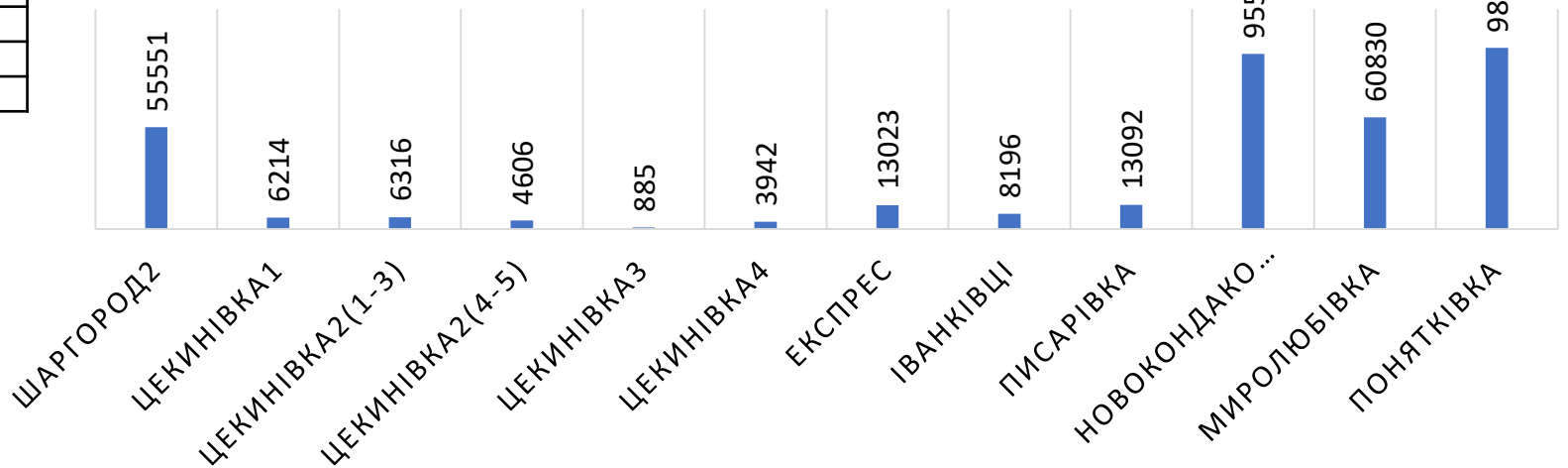
Аналіз якості прогнозування по тестових ФЕС за 12 травня

1	ФЕС Шаргород-2
2	ФЕС Таборівка
3	ФЕС Писарівка
4	ФЕС Цекинівка №1
5	ФЕС Цекинівка №2(1-3ч)
6	ФЕС Цекинівка №2(4-5ч)
7	ФЕС Цекинівка №3
8	ФЕС Цекинівка №4
9	ФЕС Баранівка
10	ФЕС Мироліюбка
11	ФЕС Киселівка
12	ФЕС Понятівка
13	ФЕС Новокондаково
14	ФЕС Нова Ушиця
15	ГалЕнергоПостач
16	ФЕС Сосулівка
17	ФЕС Завалля
18	ФЕС Кам.-Подільська
19	ФЕС Суворове 1
20	ФЕС Рубанівка
21	ФЕС Експрес
22	ФЕС Іванківці
23	ФЕС Морозівка
24	ФЕС Сергіївка
25	ФЕС Херсон 2
26	ФЕС Павлівка 2
27	ФЕС Єланець

Об'єм небалансів електричної енергії (МВт год)



Добовий виробіток (МВт год)

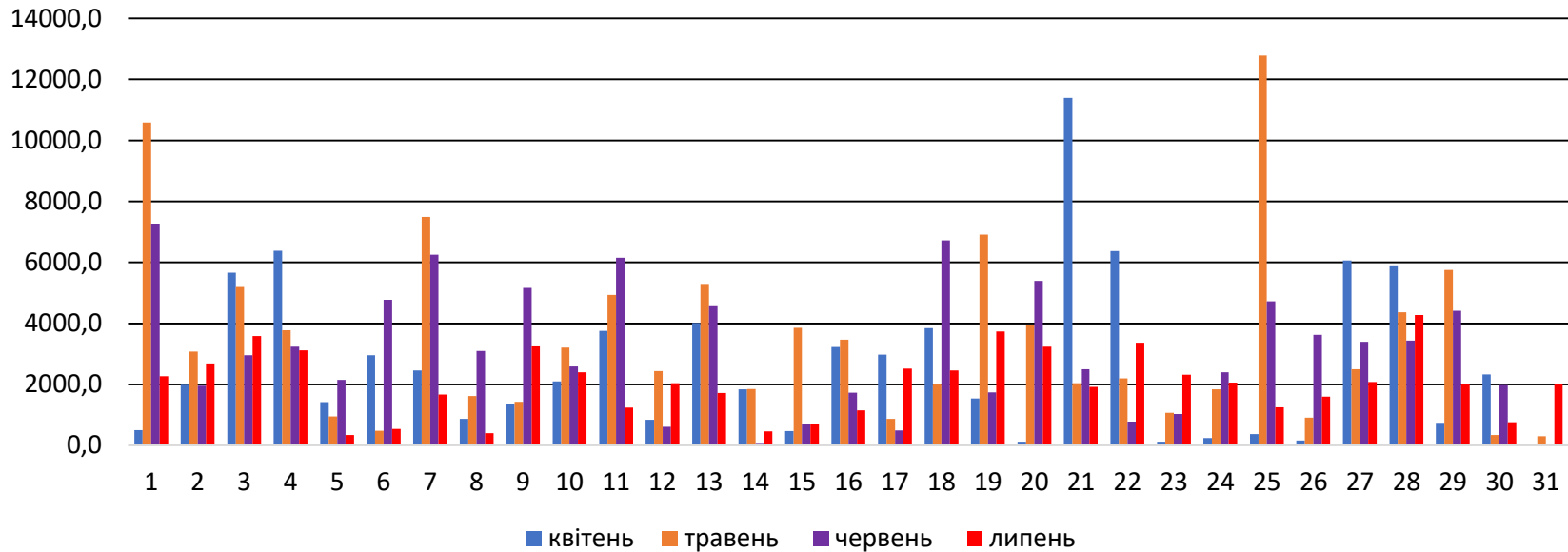


Аналіз якості прогнозування по ФЕС Шаргород2

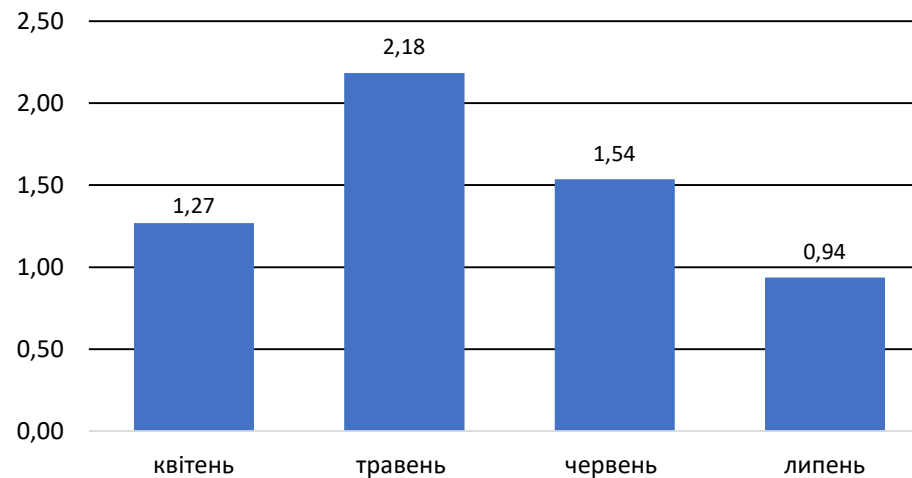
за квітень, травень, червень, липень

(за запропованою методикою оцінювання відповідальності за небаланси)

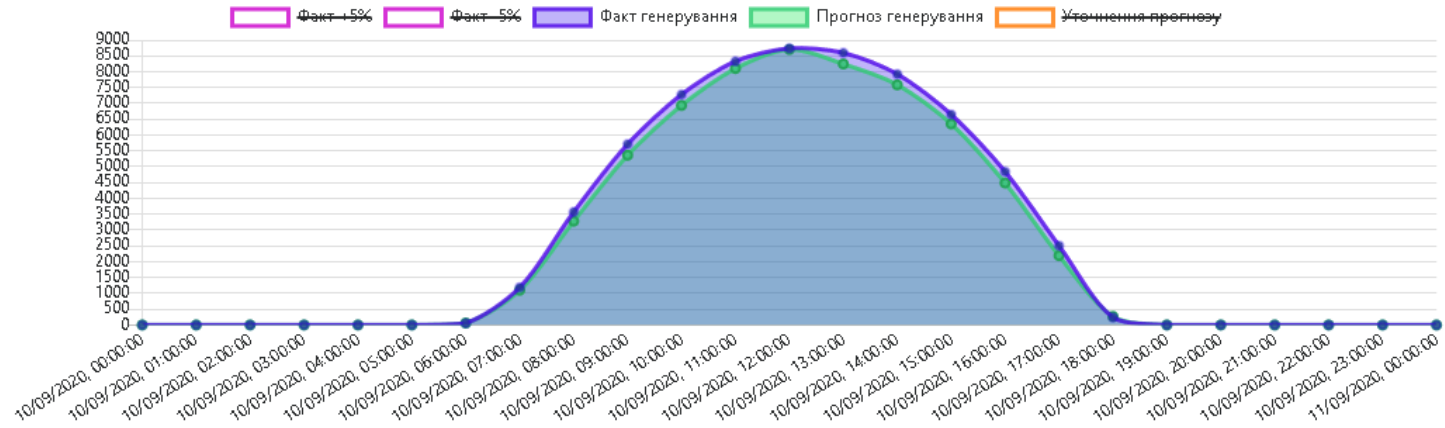
Штрафи за небаланси (грн)



Штрафи в % від доходу



Внутрішньо добове уточнення



Тип прогнозу	Назви станцій, що входять в балансуєчу групу	Кількість електроенергії згенерованої за звітній період, кВт год	Кількість електроенергії прогнозованої за звітній період, кВт год	Кількість електроенергії, коли "Факт - Прогноз > 0", кВт год	Кількість електроенергії, коли "Факт - Прогноз < 0", кВт год	Модуль абсолютної похибки, "Факт - Прогноз", кВт год	Відносна похибка, %
Прогноз по балансуєчій групі +/-5%	ФЕС Миролубовка	65632	62669	584.15	20.45	604.6	0.96

Внутрішньо добове уточнення

2020-08-12



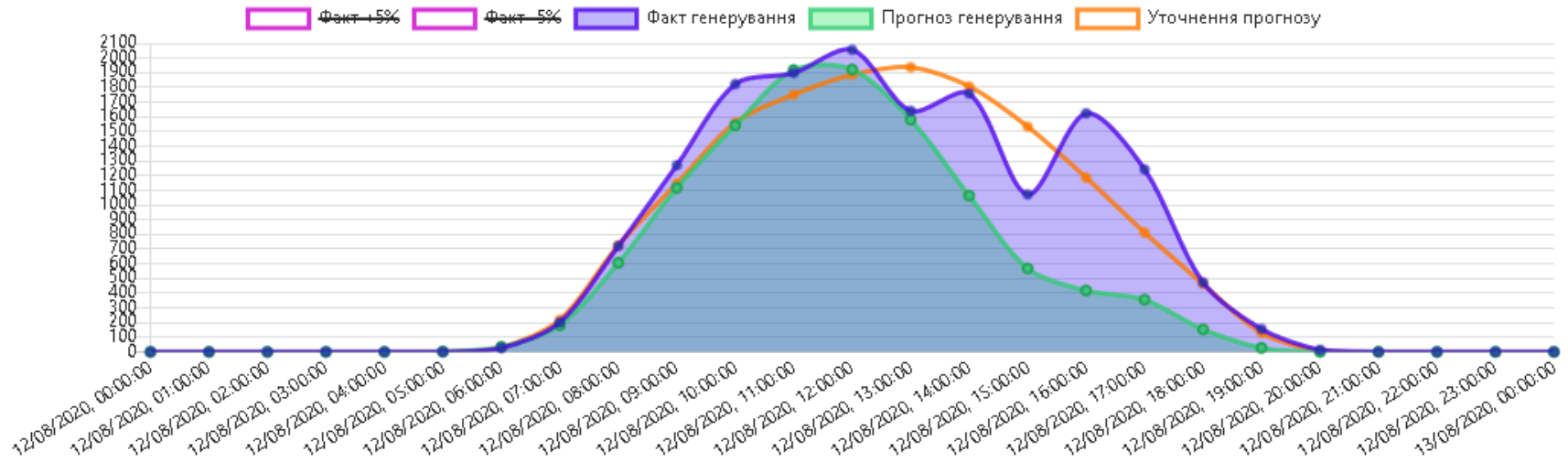
2020-08-13



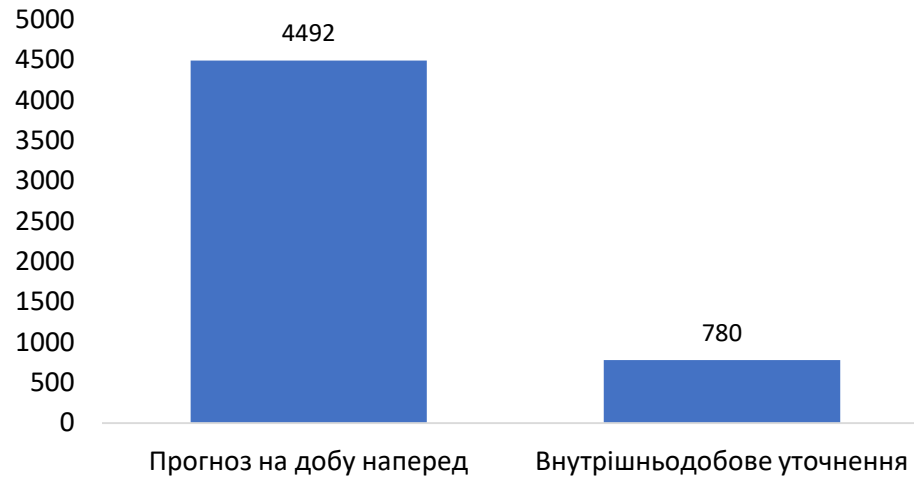
ФЕС Суворове 1



Обрати



Небаланси ЕЕ 12.08.2020(кВтгод)



ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕОБХІДНО:

- Продовжити аналіз доступних джерел прогнозу метеопараметрів;
- **Стимулювати створення українських служб прогнозування метеопараметрів;**
- Організувати забезпечення метеопостами фотоелектричних станцій;
- Зменшення часового проміжку введення результатів проведення внутрішньодобового уточнення прогнозу з 2 год 45 хв до 1 год;
- Стимулювання впровадження накопичувачів на об'єктах відновлюваної енергетики ;
- Розвиток ринку допоміжних послуг з балансування електричної енергії;
- Обґрунтувати реальну точність погодинного прогнозування генерування .

Дякую за увагу!