



# ***Накопичувачі енергії на базі вторинних батарей для підвищення гнучкості енергосистем з відновлюваними джерелами енергії***

**Костенко Ганна**  
наук.співроб.

**Запорожець Артур**  
заст. директора з наук.-орг. роботи  
д.т.н., старший дослідник

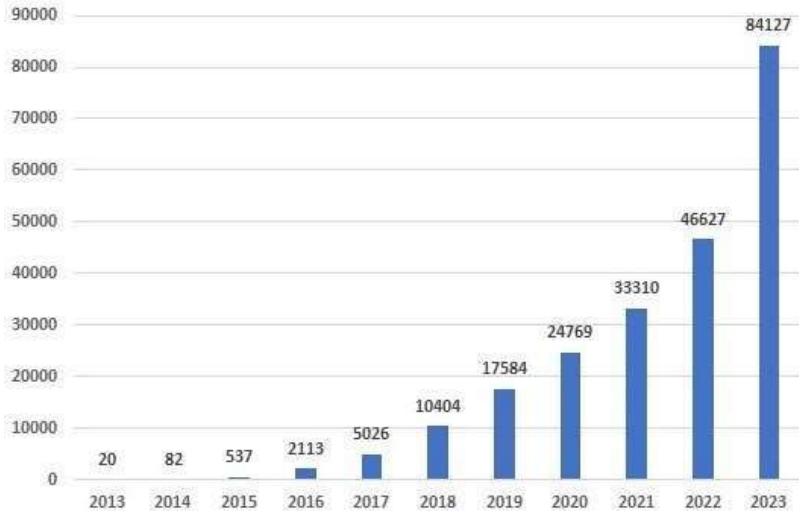
***Інститут загальної енергетики НАН України***

**XXVII міжнародна науково-практична конференція  
“Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті”  
Київ, 20–22 травня 2026 року**

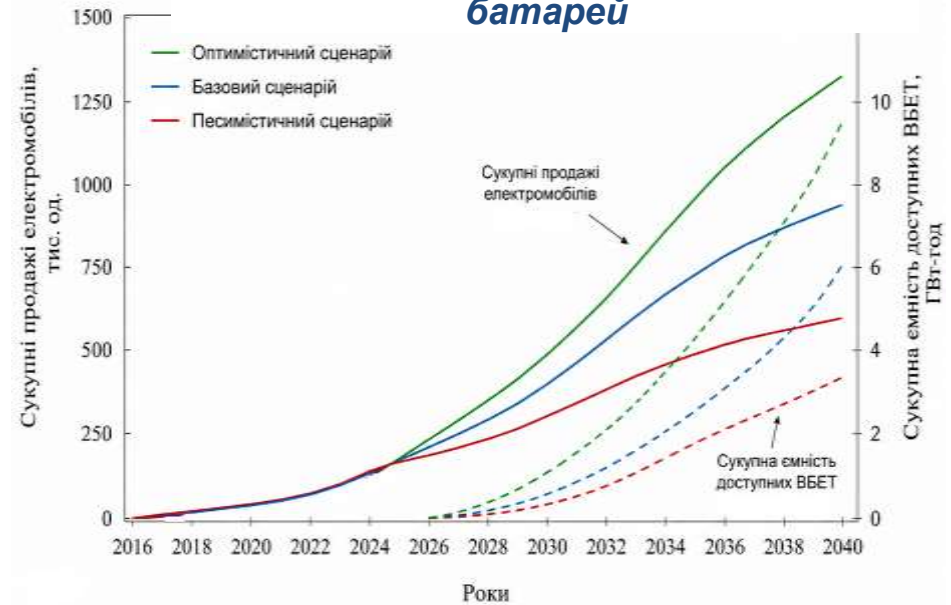


# ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ТА ФОРМУВАННЯ РЕСУРСУ ВТОРИННИХ БАТАРЕЙ

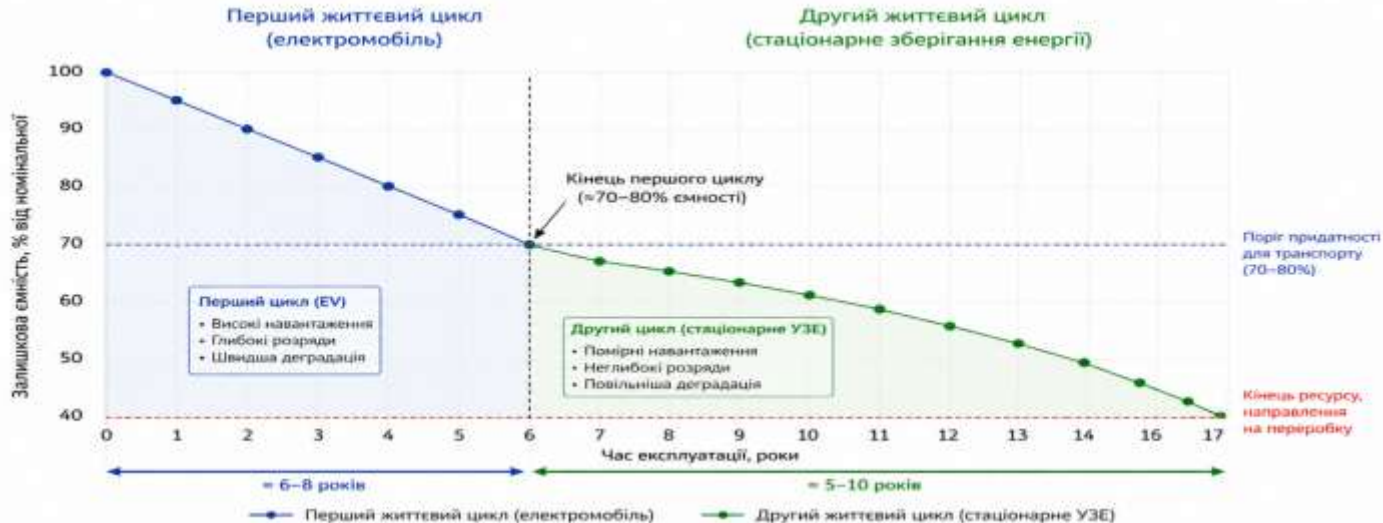
## Розвиток електротранспорту в Україні у 2013-2023 р.р.



## Прогноз доступності вторинних батарей



## Життєвий цикл батарей електротранспорту



# ГНУЧКІСТЬ ЕНЕРГОСИСТЕМИ ЯК КЛЮЧОВА УМОВА ІНТЕГРАЦІЇ ВДЕ

## СУЧАСНІ ВИКЛИКИ



Нестабільна генерація сонячних і вітрових електростанцій



Пікові навантаження



Аварійні відключення та дефіцит резервів

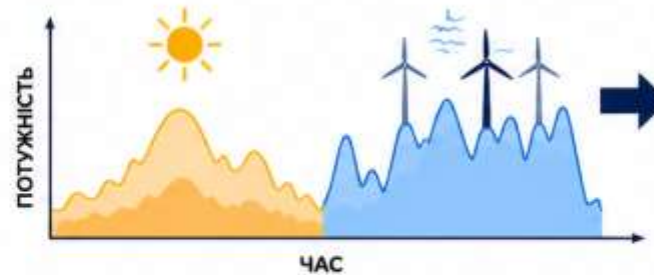


Необхідність швидкого балансування частоти



Зростання децентралізованої генерації

## ВДЕ: ЗМІННА ГЕНЕРАЦІЯ



## ПОТРЕБА У ГНУЧКОСТІ ЕНЕРГОСИСТЕМИ



Гнучкість енергосистеми – здатність системи швидко адаптувати генерацію, споживання та накопичення енергії у відповідь на зміну режимів роботи та зовнішніх впливів.

## ОСНОВНІ МЕХАНІЗМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГНУЧКОСТІ



Накопичення енергії  
балансування генерації та споживання



Згладжування пікових навантажень



Регулювання частоти  
стабілізація частоти



Резервне живлення  
забезпечення безперерйного електропостачання



Згладжування генерації ВДЕ  
вирівнювання коливань від ВДЕ

## ВТОРИННІ БАТАРЕЇ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ (ВБЕТ)

Роль вторинних батарей у забезпеченні гнучкості



Накопичення надлишкової енергії ВДЕ



Швидке реагування на зміну навантаження



Підтримка резервів потужності



Підвищення стійкості (резильєнтності) енергосистеми



Зниження вартості систем накопичення



Підтримка принципів циркулярної економіки



Вторинні батареї електротранспорту (ВБЕТ) є не лише способом повторного використання батарей, а й інструментом підвищення гнучкості, стійкості та адаптивності сучасної енергосистеми.



# СВІТОВІ ПРОЄКТИ З ВИКОРИСТАННЯМ ВБЕТ В ЕНЕРГОСИСТЕМАХ З ВДЕ

## Практичні приклади застосування second-life батарей у системах накопичення енергії

### 1. Nissan / 4R Energy

📍 Osaka, Japan



- 🔋 16 батарей Nissan Leaf
- ⚡ Ємність системи: 600 кВт-год
- 🌞 Інтеграція із сонячною електростанцією
- 🎯 Призначення: регулювання роботи сонячної електростанції, згладжування піків навантаження

### 2. BMW / Vattenfall / Bosch

📍 Hamburg, Germany



- 🔋 2 600 акумуляторних модулів від 100 електромобілів BMW і3
- ⚡ Потужність: 2 МВт  
Ємність: 2,8 МВт-год
- 📈 Забезпечення гнучкості та стабільності енергосистеми
- 🎯 Призначення: балансування попиту і пропозиції, резерв потужності

### 3. Mitsubishi / PSA EDF / Forsee Power / MMC

📍 Paris, France



- 🔋 Вторинні батареї від електромобілів Mitsubishi та PSA
- ⚡ Системи накопичення різної потужності (пілотні проекти 100 кВт – кілька МВт)
- 🏠 Згладжування коливань виробництва та споживання енергії
- 🎯 Призначення: підтримка розподільчої мережі, управління навантаженням

### 4. General Motors / ABB

📍 USA



- 🔋 5 батарей Chevrolet Volt
- ⚡ Потужність: 74 кВт + дві вітрові турбіни по 2 кВт
- 🏢 Живлення офісної будівлі General Motors
- 🎯 Призначення: резервне живлення та інтеграція з відновлюваними джерелами енергії

## ЧОМУ ЦЕ ВАЖЛИВО?

🌿 **Екологічність**  
Зменшення відходів та CO<sub>2</sub> викидів

💰 **Економічна ефективність**  
Зниження CAPEX на 30–50%

🛡️ **Надійність та гнучкість**  
Підтримка стабільності мережі, резервування та балансування

♻️ **Циркулярна економіка**  
Подовження життєвого циклу батарей і повернення ресурсів

🌐 Second-life EV batteries уже сьогодні працюють у різних країнах світу, забезпечуючи стійку, доступну та чисту енергію.





# ПОТЕНЦІЙНІ НАПРЯМИ ІНТЕГРАЦІЇ ВТОРИННИХ БАТАРЕЙ У ЕНЕРГОСИСТЕМИ З ВДЕ

- Домогосподарства з сонячними станціями та акумуляторним резервом
- **Енергетично автономні територіальні громади з ВДЕ-генерацією**
- Промислові об'єкти з локальними сонячними чи вітровими установками
- **Станції швидкого заряджання електромобілів із даховими СЕС**
- Комерційні та офісні будівлі з системами дахових СЕС і накопичення
- **Інтеграція ВБЕТ у гібридні мікромережі**
- Балансування мережі в умовах ВДЕ (регулювання частоти, потужності)





# ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОГО РИНКУ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ БАТАРЕЙ В УКРАЇНІ У КОМПЛЕКСНИХ СИСТЕМАХ З ВДЕ

РИНОК	КІЛЬКІСТЬ БАТАРЕЙ ЕМ	ОБСЯГ РИНКУ	ПОТУЖНІСТЬ	ЕНЕРГІЯ	ЧАС ВИКОРИСТАНН Я	ЧАСТОТА ВИКОРИСТАННЯ
<i>Домогосподарст во з ФЕМ</i>	1-2	> 250 000	1-10 кВт	5-10 кВт*год	3-4 год	Щоденно
<i>Громада з розподіленою генерацією</i>	10-15	>10 000	25-200 кВт	50-100 кВт.год	3-5 год	Щоденно
<i>Офісна будівля з ФЕМ</i>	30-40	> 50 000	200-2000 кВт	100-1000 кВт*год	5 год	Щоденно
<i>Торговельний центр з фотоелектрични ми модулями</i>	30-40	>10 000	200-250 кВт	500-1000 кВт.год	6-8 год	Щоденно
<i>Сонячна /Вітрова електростанції</i>	500-700	>100	0,5-2,5 МВт	0,5-1 МВт.год	1-10 год	10-20 на місяць
<i>Підтримка мережі</i>	1000	>10	1-100 МВт	1-10 МВт.год	5 сек-15 хв	5-10 на місяць
<i>Зарядна станція для електро- транспорту з ВДЕ</i>	10-50	>500	50-500 кВт	100-500 кВт*год	24/7 з 4-6 піковими годинами	Щоденно

# Адаптивне управління інтеграцією ВБЕТ для підвищення гнучкості та стійкості енергосистем



Цикл PDCA (Plan–Do–Check–Act) для сценарного управління накопичувачами енергії



#### РОЗШИФРУВАННЯ АБРЕВІАТУР

**PDCA** (Plan–Do–Check–Act) – цикл постійного покращення (плануй – виконуй – перевірай – дій)

**KPI** (Key Performance Indicators) – ключові показники ефективності

**BMS** (Battery Management System) – система управління батареєю

**SoH** (State of Health) – стан здоров'я батареї

**RUL** (Remaining Useful Life) – залишковий термін служби

#### РЕЗУЛЬТАТ: ЕФЕКТИВНА ІНТЕГРАЦІЯ ВБЕТ ДЛЯ БЕЗПЕЧНОЇ, ГНУЧКОЇ ТА СТІЙКОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ



Повторне використання ресурсів (Second-Life EV Batteries – ВБЕТ)



Адаптивне управління та цифровий моніторинг



Оптимальна взаємодія з ВДЕ та мережею



Надійне енергопостачання та енергетична безпека

# ОЧІКУВАНІ ЕКОНОМІЧНІ ТА СИСТЕМНІ ЕФЕКТИ

Накопичувачі енергії на базі вторинних батарей для підвищення гнучкості енергосистем з ВДЕ

## ЕКОНОМІЧНІ ЕФЕКТИ

### Зниження капітальних витрат

Second-Life Batteries (SLB) мають нижчу вартість порівняно з новими літій-іонними батареями, що дозволяє зменшити інвестиції у створення систем накопичення енергії.

### Зниження вартості зберігання енергії

Повторне використання батарей дозволяє зменшити приведену вартість зберігання електроенергії (LCOS) та підвищити економічну ефективність накопичувачів.

### Підвищення ефективності використання ресурсів

Подовження життєвого циклу батарей забезпечує більш повне використання матеріальних та енергетичних ресурсів.

### Зниження потреби у резервних потужностях

Використання ВБЕТ дозволяє частково компенсувати потребу у дорогих швидкодіючих маневрових потужностях енергосистеми.

## ЕКОЛОГІЧНІ ТА СИСТЕМНІ ЕФЕКТИ

### Зменшення обсягів батарейних відходів

Повторне використання батарей дозволяє відтермінувати утилізацію та зменшити екологічне навантаження.

### Зниження вуглецевого навантаження

Подовження строку експлуатації батарей сприяє скороченню потреби у виробництві нових акумуляторів та пов'язаних викидів CO<sub>2</sub>.

### Підвищення гнучкості енергосистеми

ВБЕТ забезпечують накопичення надлишкової енергії та підтримують балансування генерації відновлюваних джерел енергії.

### Підвищення стійкості енергосистем з ВДЕ

Використання накопичувачів сприяє згладжуванню коливань генерації, резервуванню живлення та стабілізації режимів роботи енергосистеми.



SLB – Second-Life Batteries – батареї другого використання (з електротранспорту)

ВБЕТ – вторинні батареї електротранспорту

LCOS – Levelized Cost of Storage – приведена вартість зберігання електроенергії

ВДЕ – відновлювані джерела енергії

CO<sub>2</sub> – діоксид вуглецю

**ДЯКУЄМО ЗА  
УВАГУ!**



Li-  
ENE