

**СЕКЦІЯ 1.
МОДЕЛЮВАННЯ
ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ:
МЕТОДИ ТА ЦИФРОВІ
ТЕХНОЛОГІЇ**

**SECTION 1.
MODELING
OF ECONOMIC PROCESSES:
METHODS AND DIGITAL
TECHNOLOGIES**

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ: ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕГРАЦІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕКТОР

Бердник Ігор Федорович, магістрант
ORCID ID 0009-0009-1959-7779
e-mail:berdnyk.ihor@gmail.com

Трофименко Олена Олексіївна, д.е.н., професор,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
ORCID: 0000-0002-2339-0377
e-mail: o.o.trofymenko@gmail.com

Декарбонізація є фундаментальним процесом трансформації економічної системи, спрямованим на радикальне зниження вуглецевої інтенсивності та досягнення принципово нової моделі сталого розвитку. Ключовий аспект цього процесу полягає в комплексній якійсній трансформації існуючої енергетичної інфраструктури, що передбачає поступове витіснення викопних енергоносіїв та масштабну електрифікацію різних секторів економіки.

Останні дані демонструють негативну динаміку глобальних викидів парникових газів, пов'язаних з енергетикою - у 2023 році становили понад 40 гігатонн CO₂-еквівалента (рис. 1). На рис. 2 представлено візуалізацію викидів парникових газів за географічною ознакою в 2023 р. Найбільший обсяг викидів припадає на Китай – 13,7 млрд т CO₂-еквівалента, на другому місці США – 5,89 млрд т CO₂-еквівалента, на третьому місці Індія - 4,2 млрд т CO₂-еквівалента. Це визначає глобальну потребу впровадженні енергетичних інновацій, здатних оптимізувати енергетичні системи та прискорити процеси декарбонізації.

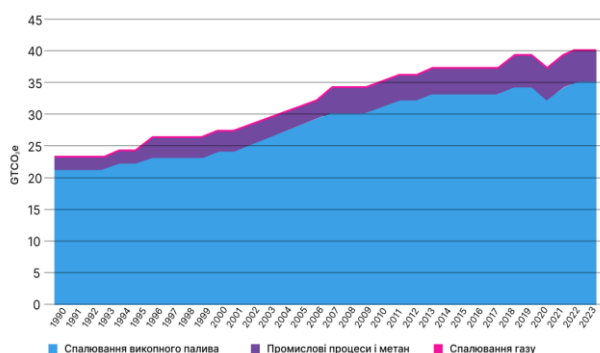


Рисунок 1 - Динаміка викидів парникових газів [1]

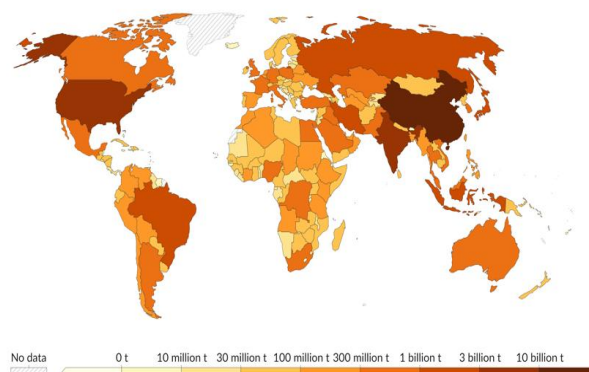


Рисунок 2 - Викиди парникових газів за країнами, 2023 р. [2]

Сьогодні штучний інтелект (ШІ) становить важливу роль у трансформації енергетичної галузі, і є інструментом інтеграції та оптимізації енергогенерації. Відповідно до Європейського Зеленого Курсу впровадження відновлюваних джерел, таких як сонячна та вітрова енергія, є ключовим шляхом досягнення глобальної вуглецевої нейтральності. Проте вони мають суттєві обмеження, пов'язані з нестабільністю генерації та залежністю від погодних умов. Саме на основі ШІ побудовані інноваційні рішення для управління викликами нестабільної генерації електроенергії завдяки унікальним можливостям аналізу великих масивів даних, прогнозування попиту та оптимізації енергетичних систем. Методи на основі штучних нейронних мереж дозволяють ефективно моделювати генерацію енергії, визначити оптимальні стратегії управління ресурсами та скорочувати викиди CO₂ шляхом підвищення системної ефективності [3].

Основними перевагами використання ШІ в енергетичному секторі для досягнення

цілей декарбонізації можна вважати такі: високоточне прогнозування генерації енергії з відновлюваних джерел на основі історичних даних, метеорологічних показників та сенсорної інформації; оптимізація розподілу енергії між акумуляторами, гібридними системами та традиційними енергоресурсами; інтелектуальне управління балансуванням попиту та пропозиції енергії з урахуванням коливань вітрової та сонячної генерації; виявлення потенціалу зниження енергоспоживання та оптимізації використання відновлюваної енергії.

Математичний апарат ШІ представлений низкою формул, що описують прогнозування та оптимізацію енергетичних систем. Зокрема, формули для розрахунку потужності сонячних та вітрових електростанцій враховують складні фізичні параметри, такі як інтенсивність сонячного випромінювання, швидкість вітру, площа генеруючих пристроїв та ефективність перетворення енергії.

Формули для прогнозування генерації енергії зазвичай базуються на статистичних моделях або глибокому навчанні. Одна з можливих формул для розрахунку вироблення енергії сонячними панелями :

$$P_{solar} = A * G * \eta$$

- P_{solar} — потужність сонячної енергії (Вт).
- A — площа сонячних панелей (m^2).
- G — інтенсивність сонячного випромінювання ($Вт/m^2$).
- η — ефективність перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію (%).

У реальному світі кожен із цих параметрів змінюється залежно від численних факторів: погоди, сезону, забруднення поверхні панелей тощо. ШІ використовується для обробки величезного обсягу даних, які надходять із сенсорів, супутників та метеостанцій, щоб точно визначати значення G і η у режимі реального часу. Це дозволяє адаптивно змінювати прогноз генерації енергії навіть за умов мінливої хмарності чи сильного вітру, що зменшує вплив зовнішніх чинників на стабільність енергопостачання.

ШІ може бути застосований для оптимізації мереж з енергії за допомогою мінімізації функції витрат, яка враховує як вартість енергії, так і екологічний вплив:

$$\min \left(\sum_{i=1}^n C_i P_i \right) \text{ за умови що } \sum_{i=1}^n P_i = D$$

- C_i — вартість одиниці енергії з джерела i .
- P_i — потужність, вироблена джерелом i .
- D — загальний попит на енергію.

Ця формула мінімізує загальні витрати $\sum_{i=1}^n C_i P_i$ при умові, що загальний обсяг виробленої енергії дорівнює попиту D .

Для прогнозування енергії від вітру часто використовується формула на основі швидкості вітру:

$$P_{wind} = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 * \eta$$

- P_{wind} — потужність вітрової енергії (Вт).
- ρ — щільність повітря ($\approx 1.225 \text{ кг}/m^3$).
- A — площа, охоплена вітрогенератором (m^2).
- V — швидкість вітру (m/c).
- η — ефективність вітрогенератора (відсоток).

ШІ активно аналізує потік даних зі станцій, які вимірюють швидкість вітру, його напрям, а також температуру й тиск повітря, що впливають на щільність (ρ). Алгоритми машинного навчання дозволяють не лише точно оцінювати поточні параметри, але й прогнозувати їх зміни, враховуючи сезонні тренди, локальні особливості місцевості та навіть раптові погодні зміни. Завдяки цьому енергетична система отримує не статичну модель вітрової генерації, а динамічний інструмент, що коригує свою роботу в реальному часі.

Подібні формули застосовуються у прогнозуванні та оптимізації вітрових турбін, що

ілюструє ефективність ШІ у керуванні змінними генерації енергії. Таким чином, ШІ використовує ці математичні інструменти для створення адаптивних систем управління енергією, що дозволяє значно підвищити ефективність генерації та інтеграції відновлюваних джерел енергії. Це допомагає не лише зменшити викиди CO₂, але й оптимізувати використання ресурсів у режимі реального часу.

По суті, декарбонізація означає зміну підходу до економічного зростання, що призведе до принципового зменшення залежності від викопної сировини. Цей трансформаційний процес матиме глибокий вплив на від'єднання динаміки ВВП від нарощування вуглецевих викидів, формуючи траєкторію сталого розвитку.

Декарбонізація є фундаментальним трансформаційним процесом, спрямованим на докорінну зміну енергетичної парадигми та досягнення сталого економічного розвитку. Ключовим інструментом реалізації цієї стратегії виступають інноваційні технології, зокрема штучний інтелект (ШІ), який забезпечує ефективну інтеграцію відновлюваних джерел енергії в сучасні енергетичні системи.

Література:

1. Statistical Review of World Energy. <https://www.energyinst.org/statistical-review#regional-overview>
2. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions>
3. Digitalization in decarbonizing electricity systems – Phenomena, regional aspects, stakeholders, use cases, challenges and policy options. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544222024033>
4. Artificial intelligence powered large-scale renewable integrations in multi-energy systems for carbon neutrality transition: Challenges and future perspectives. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666546822000428>

ВИКОРИСТАННЯ ВІ-ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ АНАЛІЗУ КЛЮЧОВИХ МЕТРИК ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ

Бех Ігор, аспірант
Заклад вищої освіти «Міжнародний університет фінансів»
Київ, Україна
ORCID ID 0009-0001-1868-088X
e-mail: igor.bekh@gmail.com

Смоляр Любов Гаврилівна, к.е.н., професор
КПІ ім. Ігоря Сікорського
Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-5626-4043
e-mail: gsmoliar@gmail.com

В сучасних умовах продуктивна спроможність підприємств на інноваційних засадах – це здатність забезпечувати стійке зростання, яке керується не економічною ефективністю, а ідеями, інтелектуальними знаннями, які втілюються в нові продукти (послуги) все більш високої якості з меншими витратами. Забезпечення стійкого зростання з року в рік, особливо на тлі широкомасштабної війни і нестабільної економіки, є однією із складних задач.

Дослідження показують, успішні компанії, які інвестують у систему зростання, яка поєднує ресурси, інструменти, технології та процеси для створення інноваційних продуктів, рішень і послуг для клієнтів, здатні не лише реагувати на поточні виклики ринку, а й активно формувати майбутнє, запроваджуючи інновації в тому, що важливо для клієнтів.

Ключові метрики можуть бути важливими важелями інновацій – для стимулювання зростання, а також для оцінки результатів конкретних ініціатив.

Аналіз динаміки розвитку сучасних підприємств неможливий без використання інструментів Business Intelligence (BI), прикладного програмного забезпечення, яке використовується для збору, обробки, аналізу, сортування, фільтрації та звітування про великі обсяги даних. Business Intelligence – це процес, за допомогою якого підприємства використовують