

ЕНЕРГЕТИКА

УДК 330.341.1:620.9

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.4/21>

Пантєлєєва І.В.

Українська інженерно-педагогічна академія

Шматько Н.М.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Глушко А.В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ВИДИ ІННОВАЦІЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ, ЩО РОЗВИВАЮТЬСЯ

Світ стоїть на порозі переломного моменту в області енергетичних технологій. Продуктивність в енергетичному секторі може зрости на масштаби, які раніше були неможливими, подібно до часів промислової революції. Багато з проривних технологій уже відомі, такі як видобуток традиційного газу, електромобілі, сонячна енергія та світлодіодне освітлення. Проте темпи технологічних інновацій в енергетичному секторі стрімко зростають, що означає, що деякі з цих технологій можуть бути впроваджені значно раніше, ніж очікувалося, і досягнуть радикально іншого рівня вартості та ефективності порівняно з тим, що існує зараз. Енергетичний ринок також відчуває схожі зміни.

У зв'язку з рекордно високими цінами на ресурси, компанії, що займаються інноваціями в енергетиці, активно шукають нові рішення для радикального покращення методів виробництва та споживання енергії. Ця ситуація стимулює розвиток технологій, які дозволять знизити витрати на енергію та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

У даній роботі досліджується поняття інновацій в енергетичному секторі та запропонована універсальна класифікація типів інновацій. Також проводиться класифікація за ступенем новизни. Кожна з перерахованих нових технологій має конкретну функцію та потенційний ефект, який детально розглядається в статті.

Однак перед впровадженням будь-якої з цих технологій необхідно кількісно оцінити їхні ефекти. Стаття також пропонує оцінку впливу від впровадження інновацій. Широке поширення будь-якої з цих технологій призведе до щорічної економії для споживачів і сприятиме економічному зростанню країн без негативного впливу на навколишнє середовище. Такий розвиток також сприятиме національній безпеці країн, забезпечивши зниження їхньої залежності від імпорту таких ресурсів.

Загальний висновок полягає в тому, що інновації в енергетичному секторі можуть відіграти ключову роль у створенні стійких економічних та екологічних переваг для країн. Зростання впровадження нових технологій в енергетику може допомогти ефективніше використовувати ресурси та знизити негативний вплив на довкілля, забезпечуючи при цьому зростання національної безпеки.

Ключові слова: електроенергетика, інновації, ефекти від впровадження інновацій, енергетика, розвиток.

Постановка проблеми. Ключовим фактором у цифровізації економіки виступає втілення інновацій. Інновації в енергетиці входять до складу концепції промислових інновацій, основним компонентом яких є технологічні інновації [1]. Більшість вчених класифікують інновації в енергетичних технологіях по категоріях: інноваційна політика, інноваційні ресурси, інноваційні процеси та інноваційні організації [2]. Інновації в енергетиці – це сукупність процесів, які ведуть

до появи нових або покращених існуючих технологій, які дозволяють збільшити різноманітність енергетичних ресурсів, які використовуються, підвищити надійність енергетичних систем, а також зменшити економічні, екологічні та політичні витрати. Пов'язані з виробництвом та розподілом електроенергії. Інновації в електроенергетиці тісно пов'язані зі зміною технологій, але це не єдиний тип інновацій, який можливий у даній галузі. Сучасна масштабна криза, яка охопила усі

галузі економіки, викликає необхідність не тільки пошуку оптимальних шляхів виходу з цієї ситуації, але й визначення перспективних напрямків розвитку, які дозволяють вирішити проблеми. Це у повній мірі відноситься до паливно-енергетичного комплексу, найближчі та довгострокові перспективи якого пов'язані з інноваційним розвитком. Відповідно, тема інновацій в енергетиці сьогодні надзвичайно актуальна. Вона є настільки багатоаспектною, що тільки класифікація проблем може бути окремою науковою працею.

Метою статті є аналіз та класифікація інновацій к електроенергетиці.

Виклад основного матеріалу. Вивчення теоретичних основ інновацій в енергетиці потребує додаткової класифікації, оскільки технологічні інновації і енергетиці мають двояку сутність. З однієї сторони, енергія є фактором виробництва, який має визначену вартість, як фактор виробництва. З іншої сторони, трансформація енергії – це частина інноваційного процесу. Поняття «інновація» та відповідна класифікація інновацій розглядаються у літературі з різних точок зору [3, 4, 5]. В універсальній класифікації виділені наступні типи інновацій: продуктивні інновацій представляють значні зміни у властивостях товарів та послуг, які виробляються компанією (це можуть бути, як раніше не існуючі товари та послуги, так і продукти зі значними удосконаленнями); процесні інновації, які обумовлені значними змінами методів виробництва та доставки продуктів або послуг; організаційні інновації – нововведення у діловій практиці, організації робочих місць, а також у зовнішніх зв'язках орга-

нізації; маркетингові інновації – зміни у дизайні продукту, розміщенні.

Інновації класифікуються по ступеню новизни: інкрементальні інновації, які можуть суттєво підвищити продуктивність або поліпшити характеристики існуючих технологій, однак не є кардинальною зміною; радикальні інновації, які пов'язані з високим рівнем невизначеності та забезпечують створення нового продукту з унікальними властивостями. Зміни у техніко-економічній парадигмі (технологічна революція) – довгострокові інновації, які приводять до суттєвої зміни технологій, яка зачіпає багато секторів економіки, що створює нові ринки [6]. Говорячи про електроенергетику, слід враховувати особливість електроенергії як товару: у будь-який момент часу повинна бути вироблена кількість електроенергії, яка дорівнює її споживанню. У таблиці 1 приведена авторська класифікація в електроенергетиці.

Технології, хоча і грають суттєву роль у конкурентоспроможності та ефективності підприємства, є не єдиним фактором успіху [7]. Хоча взаємозв'язок інновацій та технологій очевидний.

Інновації можуть бути результатом складного процесу та залежати від набору можливостей, які відповідають стратегічним вимогам.

Цей набір можливостей формує інноваційну здатність, яка проявляється у тому, що підприємство здатне швидко втілювати нові продукти та нові процеси, які мають вирішальне значення для конкуренції з іншими виробництвами.

У залежності від своїх можливостей та потреб організація може застосовувати технологічні, операційні, управлінські та транзакційні іннова-

Таблиця 1

Класифікація інновації в електроенергетиці

Тип інновацій	Опис	Приклади
Інновації, обумовлені зміною технологій		
Технологічні	Інновації, які удосконалюють: технології виробництва та споживання електроенергії	Сонячні батареї Вітрогенератори Системи накопичення електроенергії
Процесні	Інновації, які удосконалюють процес постачання електроенергії	«Розумні» лічильники
Інновації, обумовлені зміною ринку		
Інновації управління	Створення нових методів управління	Активний споживач Технології управління попитом Системи енергозбереження
Інновації транзакцій	Інновації, які сприяють мінімізації операційних витрат на взаємовідносини з постачальниками та споживачами	«Розумні» мережі

ції. Актуальним стає питання управління даними інноваціями та виявлення ефектів, пов'язаних з тим або іншим типом інновацій.

У відповідності зі змінами, які відбуваються в електроенергетиці, представлена адаптація класифікації Завацлака [8] (табл. 1).

У електроенергетичній галузі технологічні інновації вносять зміни у способи виробництва електроенергії як товару.

Інноваціями є технології, які дозволяють генерувати електроенергію з сонячної енергії, вітру та ін. Технологічні інновації підвищують потенціал розподіленої генерації, наприклад, розвиток розподіленої когенерації у Данії дозволив знизити споживання електроенергії на 11%, а також зменшити викиди CO₂ на 4,5 млн т у рік [9].

Процесні інновації удосконалюють процес поставок електроенергії. Наприклад, «розумні» лічильники дозволяють: підвищити прозорість розрахунків за споживану електроенергію; отримувати інформацію про рівень споживання електроенергії у режимі онлайн; виявляти споживання електроенергії.

Інновації управління актуальні для електроенергетики у зв'язку з формуванням нового типу споживачів електроенергії, які здатні самі виробляти електроенергію, продавати надлишки електроенергії на ринок.

Інновації управління включають в себе: системи управління попитом, які дозволяють стимулювати споживачів до зміни їх графіка споживання електроенергії відносно їх нормального профілю споживання у відповідь на стимулюючі виплати з метою знизити навантаження у години пік.

Системи енергопостачання дозволяють: керувати споживанням електроенергії завдяки використанню технологій енергозбереження, як житлових, так і в офісних або промислових будівлях.

Інновації транзакцій покликані: мінімізувати операційні витрати на взаємовідносини з постачальниками та споживачами.

Так «розумні» мережі, використовуючи можливість названих нижче інновацій, є основою нової моделі ринку електроенергії, яка забезпечує відкриту взаємодію різних суб'єктів: споживачів; виробників; мережевих компаній. Кожна з описаних нових технологій виконує певні функції та забезпечує конкретні потенційні ефекти, які наведені в таблиці 2.

Разом з тим для прийняття рішення про втілення нових технологій того або іншого типу треба кількісно оцінити ці ефекти. Для такої оцінки були використані звіти Системних опера-

торів, прогнози галузевих компаній. Також потенціал втілення інновацій в електроенергетику у різних наукових джерелах визначається по різному.

У якості оптимістичного сценарію взяті найбільш високі прогнози експертів, а у якості консервативного – найбільш низькі. Така оцінка (таблиця 3) приведена приблизно, оскільки окремі компоненти інновацій не виділяються у галузевих звітах.

Розподілена генерація – сукупність електростанцій, які розташовані близько від місця споживання та підключені або безпосередньо до споживача, або до розподільчої електричної мережі 10. За рахунок цього скорочуються мережеві втрати при розподілу електроенергії. У споживача є вибір: купувати електроенергію у гарантованого постачальника або підключитися до розподіленої мережі. Ціна на електроенергію у гарантованого постачальника складається з єдиного тарифу на передачу електроенергії по мережі, плати за послуги інфраструктурних організацій та вартості на електроенергію та потужність на оптовому ринку електроенергії. У об'єкта розподіленої генерації вартість електроенергії складається з єдиного тарифу на передачу електроенергії по мережі, питомих витрат, які забезпечують повернення капіталу та питомих витрат на виробництво електроенергії. Ефект застосування електроенергії, яка виробляється об'єктами розподіленої генерації, буде залежати від питомих витрат, які забезпечують повернення капіталу, який був вкладений у будівництво об'єкта розподіленої генерації та вартості питомих витрат на виробництво електроенергії.

Розрахунок показав, що різниця в ціні у споживача складе приблизно 12,3%, це означає. Що споживачу вигідно використовувати об'єкти розподіленої генерації.

Ефект «розумного обліку». Удосконалення обліку електроенергії виражається у тому, що опитування, збір та обробка інформації будуть проводитись постійно, з'явиться можливість автоматичного управління обладнанням. По оцінкам експертів, «розумні» лічильники дозволять скоротити втрати електроенергії до 5–6%.

Ефект систем накопичення електроенергії. У теперішній час в Україні накопичувачі енергії втілюються повільніше, ніж по всьому світу. Найбільш серйозним обмеженням для активного розвитку технологій та використання систем зберігання енергії виступають бар'єри законодавчого характеру. Тим не менш очікується, що з 2025 року ринок накопичувачів електроенергії в Україні складе біля 4 млрд доларів у рік без обліку інвестицій [11].

Потенційні ефекти втілення інновацій різного типу в електроенергетиці

Елемент	Ключова функція	Потенційний ефект застосування
Інновації, обумовлені зміною технологій		
Розподілена генерація	Забезпечення можливості автономної генерації електроенергії для власних потреб, можливість продавати надлишки електроенергії іншим учасникам ринка; здатність робити у режимі когеренції та тригенерації	Скорочення витрат електромережевого комплексу та великої генерації забезпечують: додавання нових потужностей більш малими приростами у залежності від реальної динаміки та розміщення попиту; відмову від необхідності реалізації проектів по спорудженню нових потужностей або мережевої інфраструктури; скорочення витрат при передачі енергії; збільшення надійності та швидке відновлення постачання при збоях через кібератаки та природні катаклізми; створення нових робочих місць та збільшення податкових надходжень; підвищення попиту та інноваційні технології на місцевому ринку та поява можливості виходу на світовий ринок обладнання та технологій; зниження залежності від іноземного енергетичного обладнання; розширення можливостей для споживчого вибору; скорочення негативного впливу на навколишнє середовище, скорочення викидів со ₂
Система зберігання електроенергії	Основне джерело енергії; аварійне джерело енергії; управління графіком споживання; регулювання системних параметрів	Функціонування протягом періоду післяаварійного відновлення основного джерела електропостачання; економія або зниження втрат електричної енергії, а також підвищення її якості
Розумний облік	Достовірне вимірювання рівня споживання електроенергії; визначення фактичних втрат у мережах; автоматизована оперативна обробка, перескладання та представлення інформації про споживання енергоресурсів; обмеження та відключення споживання електроенергії; контроль режиму споживання; оцінка ефективності енергозберігаючих заходів та технологій; управління потоками потужності	Зниження технологічних та комерційних витрат; зведення балансу по групах лічильників з метою виявити безоблікове споживання та фактів дії на лічильники з метою змінити показники; зведення енергобалансів, протидія спотвореним показникам та способам розкрадань; платформа для втілення розумних мереж; автоматизований збір даних; автоматизоване відключення абонентів у випадку необхідності; планування закупівель на оптовому ринку; забезпечення високої платіжної дисципліни; віддалений автоматизований доступ до даних про характер споживання; контроль якості електроенергії
Інновації, обумовлені зміною ринка		
Управління попитом	Система стимулювання кінцевих споживачів до добровольчої зміни графіка споживання електроенергії без додаткового регулювання системним оператором	Зниження капітальних витрат зниження потреби у резерві мережевих потужностей в пристроях компенсації реактивної потужності та витрат по їх експлуатації оптимізація режимів завантаження мереж розподільчих мережевих компаній; зниження витрат на компенсацію шкоди від аварійних обмежень; зниження пікових навантажень
Програми енергоефективності	Збір параметрів енергетичних мереж; моніторинг споживання електроенергії у реальному часі та з максимальною деталізацією, аж до конкретного пристрою	Гнучкість енергосистем та облік споживання; підвищення надійності всіх елементів енергосистеми та оптимізація навантаження на інфраструктуру

**Ефекти втілення інновацій в електроенергетику, які очікуються,
по типам на період до 2035 року**

Інновації	Компонент інновацій	Консервантивний прогноз, млн. грн	Оптимістичний прогноз, млн. грн
Інновації, обумовлені зміною технологій			
Технологічні	Розподілена генерація	51000	100000
	Системи зберігання електроенергії	4000	6000
Процесні	«Розумний облік»	8000	14000
Разом		63000	120000
Інновації, обумовлені зміною ринка			
Інновації управління	Управління поведінкою споживачів	9000	16000
	Енергозбереження	11000	39000
Разом		20000	55000

Ефект систем управління попитом. Втілення концепцій управління попитом дозволить скоротити або повністю відмовитись від використання неефективною генерацією. Відповідно прогнозу, щорічна сума економії може скласти біля одного млн грн [12]. Ефекти технологій енергозбереження. Можлива економія електроенергії при втіленні систем енергозбереження може скласти 5–10% від загальної потреби. Таким чином, відповідно розрахункам, ефекти від застосування технологічних інновацій набагато більше ефектів, які отримують від інновацій, обумовлених зміною ринка і в песимістичному, і в оптимістичному плані. Нові технологічні системи – комплекс інновацій, які мають загальну технологічну базу, та які суттєво впливають на різні сектори економіки [13, 14].

Висновки. Цифрова трансформація відкриває широкі можливості для розвитку електроенергетичної галузі. Класифікація інновацій в електроенергетиці дозволяє керівникам компаній більш обґрунтовано приймати рішення про втілення інновацій того або іншого виду, а також провести аналіз можливих ефектів від їх впровадження.

Впровадження інновацій в електроенергетиці забезпечить не тільки підвищення прозорості, керованості існуючих систем, але й великий економічний ефект у довготривалій перспективі.

Обмеженням цього дослідження є приблизна оцінка деяких ефектів, оскільки окремі компоненти інновацій не відокремлюються у галузевих звітах регулюючих органів та консалтингових компаній.

Список літератури:

1. Концепція Державної цільової економічної програми по енергоефективності та по розвитку відновлювальних джерел енергії на 2022-2026 роки. URL: <https://mcl.kiev.ua/> (дата звернення: 10.02.2023).
2. Енергетична стратегія України: національний прагматизм без популізму. URL: <https://www.pravda.com.ua/> (дата звернення: 14.02.2023).
3. Інновації в енергетичній галузі України. URL: <https://avenston.com/news/innovation> (дата звернення: 15.22.2022).
4. Топ-5 інновацій у відновлюваній енергетиці, що можуть змінити світ. URL: <https://ecotown.com.ua/energytytsi-shoho> (дата звернення: 15.12.2022).
5. Налбандян Г.Г., Жолнерчик С.С. Ключові фактори ефективного застосування технології розподільної генерації у промисловості. Стратегічні рішення та ризик-менеджмент. 2018. № 1. С. 80-87.
6. Трачук А., Тарасов І. Дослідження ефективності інноваційної діяльності організацій на основі процесного підходу. Проблеми теорії управління. 2015. № 9. С. 52-61.
7. Gallagher K., Holdren J. Energy-technology innovation. Annual review of environment and resources. 2006. № 31. P. 193-237. doi: 10.1146/annurev.energy.30.050504.144321.
8. Guo P., Wang T. How energy technology innovation affects transition of coal resource based economy in China. Energy policy. 2016. Vol. 92. P. 1-6. doi: 10.1016/j.enpol.2016.01.026.
9. Oslo manual. Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation. OECD. URL: <https://www.oecd.org/science/oslo-manual-2018-9789264304604-en.htm> (дата звернення: 10.11.2022).
10. Zawislak P., Fracasso E. Technological intensity and innovation capability in industry firms. Innovation and management review. 2018. Vol. 15(2). P. 189-207. <https://doi.org/10.1108/INMR-04-2018-012>

11. Wang C., Lu I., Chen C. Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*. 2008. Vol. 28 (6). P. 349-363. doi: 10.1016/j.technovation.2007.10.007
12. Zawislak P., Alves A. Influences of the internal capabilities of firms on their innovation performance: a case study investigation in Brazil. *International journal of management*. 2013. Vol. 30 (1). P. 329-333.
13. Iryna Pantielieieva, Nataliia Shmatko, Alyona Glushko. Alternative energy: some issues of generating energy from biofuels. Con actas de la conferencia internacional científica y práctica «Integración de las ciencias fundamentales y aplicadas en el paradigma de la sociedad post-industrial» 24 de abril de 2020. Barcelona, España. 2020. P. 15-17.
14. Iryna Pantielieieva, Oliinyk Yuliia, Nataliia Shmatko, Alyona Glushko. Identification of Parameters of Electrical Signals in Order to Control Energy Facilities. *IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. 2021. P. 58-62.

Pantielieieva I.V., Shmatko N.M., Glushko A.V. TYPES OF ENERGY INNOVATIONS THAT ARE DEVELOPING

The world is on the threshold of a turning point in the field of energy technologies. Productivity in the energy sector can increase to levels that were previously impossible, similar to the times of the Industrial Revolution. Many of the breakthrough technologies are already known, such as conventional gas extraction, electric vehicles, solar energy and LED lighting. However, the pace of technological innovation in the energy sector is increasing rapidly, which means that some of these technologies may be implemented much sooner than expected and will achieve radically different levels of cost and efficiency compared to what currently exists. The energy market is also experiencing similar changes.

With resource prices at record highs, energy innovators are actively looking for new solutions to radically improve the way they produce and consume energy. This situation stimulates the development of technologies that will reduce energy costs and reduce the negative impact on the environment.

This work examines the concept of innovation in the energy sector and proposes a universal classification of innovation types. Classification according to the degree of novelty is also carried out. Each of the listed new technologies has a specific function and potential effect, which is discussed in detail in the article.

However, before implementing any of these technologies, their effects need to be quantified. The article also offers an assessment of the impact of innovation implementation. Widespread adoption of any of these technologies will result in annual savings for consumers and contribute to economic growth in countries without negative environmental impacts. Such development will also contribute to the national security of countries, ensuring a decrease in their dependence on the import of such resources.

The overall conclusion is that innovation in the energy sector can play a key role in creating sustainable economic and environmental benefits for countries. The increasing adoption of new technologies in the energy sector can help to use resources more efficiently and reduce the negative impact on the environment, while ensuring an increase in national security.

Key words: *electric energy, innovations, effects of the introduction of innovations, energy, development.*