



<https://doi.org/10.15407/eip2019.03.078>

УДК 330.341.1:620.9

JEL L 50, O 32, O 33, Q 49

Тімченко О.М., канд. екон. наук, провідний науковий співробітник

e-mail: timchenko1952@gmail.com

Небрат В.В., д-р екон. наук, завідувачка відділу економічної історії

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5419-3181>

e-mail: victoria_nebrat@ukr.net

Лір В.Е., канд. екон. наук, провідний науковий співробітник

e-mail: liehr@ukr.net

Биконя О.С., науковий співробітник

e-mail: alexbikonya@ukr.net

Дубас Ю.В., молодший науковий співробітник

e-mail: yuriy.v.dubas@gmail.com

ДУ "Інститут економіки та прогнозування НАН України"

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ ДЕТЕРМІНАНТИ РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Проаналізовано існуючі національні практики та досвід міжнародного співробітництва у сфері цифровізації енергетики. Визначено, що цифровізація енергетики є сучасною тенденцією розвитку енергетичних систем провідних країн світу, хоч передумови, чинники та мотиви її реалізації можуть значно різнитися залежно від національних особливостей. Доведено, що прогрес у формуванні інтелектуальної системи енергозабезпечення національного господарства залежить від низки факторів організаційно-економічного характеру. Проведено секторальний аналіз особливостей процесу цифрових трансформацій у вирішенні окремих завдань розвитку енергетики країни. Визначено необхідність впровадження нового механізму ефективного розвитку перспективних галузей економіки. Проаналізовано європейський досвід формування та розвитку технологічних платформ як базового інструменту реалізації інноваційної політики, економічного зростання стратегічно важливих галузей та технологічного розвитку країн Європейського Союзу. Запропоновано розглядати технологічну платформу як бізнес-модель цифрового розвитку інфраструктурних галузей економіки, зокрема цифровізації енергетичної інфраструктури. Розроблено структуру та представлені можливості технологічної платформи впровадження інтелектуальної енергетичної системи в Україні. Надано пропозиції щодо реалізації концепції інтелектуальної енергетичної мережі в рамках цифрової трансформації економіки України.

Ключові слова: цифрова енергетика, конвергенція технологій, інтелектуальна енергетична система, інформаційно-комунікаційні технології, технологічна платформа

© Тімченко О.М., Небрат В.В., Лір В.Е., Биконя О.С., Дубас Ю.В., 2019

Наразі проблема цифрової трансформації країни ставиться в Україні на порядок денний політиками та сприймається суспільством переважно у контексті надання державою адміністративних послуг. Натомість у провідних країнах світу, які опановують інноваційні технології "Індустрії 4.0", цифрові трансформації розглядаються як стратегічний напрям підвищення конкурентоспроможності національних економік в умовах глобалізації світової торгівлі [1]. Особливості розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) зумовлюють їх конвергенцію перш за все у мережевих сферах економічної діяльності: засобах зв'язку та масової інформації, електроенергетиці та газопостачанні, транспортній інфраструктурі. Здебільшого саме стан і безпека об'єктів критичної інфраструктури є запорукою економічної ефективності та конкурентоспроможності національного господарства загалом.

Проблематика розвитку електроенергетики традиційно перебуває у фокусі наукових досліджень. Цифрові технології в інноваційній трансформації економіки України стали предметом ґрунтовного дослідження, проведеного в Інституті економіки та прогнозування НАН України [2–5]. Одними із ключових завдань економічного розвитку України є реалізація енергетичної політики сталого розвитку, досягнення прийнятного рівня національної енергетичної безпеки [6]. У низці статей розкриваються стратегічні імперативи розвитку ринку електроенергії в контексті впливу внутрішніх і зовнішніх викликів [7–10]. Науково-практичні підходи до постановки і вирішення завдань цифрової трансформації економіки України розкриті в монографії, підготовленій за результатами досліджень, проведених в Інституті промисловості НАН України [11]. Автори, зокрема, виокремили головні етапи цифрової революції, розкрили загрози і можливості, які відкриває розвиток ІКТ для економіки та суспільства. Магістральним напрямом оптимізації функціонування енергосистем на мікро- та макrorівнях є автоматизація управління ними [12, 13]. За сучасних умов енергоменеджмент розвивається у напрямі переходу до цифрових технологій, формування інтелектуальної інфраструктури, побудови смарт-мереж. Зокрема, приділено увагу особливостям структури та функціонування, основним функціям та характеристикам автоматизованої системи обліку електричної енергії з контролем показників якості [14]; визначено основні положення сучасної концепції Smart Grid, особливості реалізації концепції "розумна ефективність" та політики щодо реалізації концепції Smart Grid у провідних країнах світу, а також особливості еволюції інтелектуальних електричних мереж, перспективні форми та напрями розвитку технологій Smart Grid, їх реалізації в Україні [15].

Серед актуальних механізмів розвитку економіки та, зокрема, електроенергетики як однієї з її базових галузей, у науковій літературі розгляда-



ється створення технологічних платформ [16]. До цієї проблематики вчені зверталися в контексті перспектив розвитку біоенергетики [17]; вивчення досвіду ЄС у забезпеченні секторального інноваційного розвитку та розвитку регіонів [18–20]. Таким чином необхідність впровадження технологічної платформи цифрової енергетики потребує наукового обґрунтування та відповідного інституційного забезпечення.

Виокремлення питання формування та розвитку цифрової енергетики як предмета дослідження обумовлене необхідністю розроблення організаційно-економічного механізму реалізації секторальної політики цифрових трансформацій України у сфері енергетики та енергоефективності. Метою статті у наведеному вище контексті є визначення передумов, можливостей, проблем та організаційно-економічних механізмів розвитку цифрової енергетики в Україні з урахуванням міжнародного досвіду та умов інтеграції країни у світову економічну систему.

Визначення термінів "цифрова трансформація електроенергетики", або "енергетичний перехід", часто пов'язують з трьома "D": decarbonization, decentralization, digitalization – зниженням викидів діоксиду вуглецю, децентралізацією і цифровізацією, тобто ключовими інноваційними тенденціями розвитку енергетики. Саме за результатами реалізації цих напрямів модернізації сучасних енергетичних систем оцінюється прогрес у напрямі формування цифрової енергетики майбутнього.

Взагалі процеси цифровізації енергетики мають у світі дуже високу динаміку та випереджають за цим критерієм значну кількість інших галузей економіки. Високий рівень конкуренції на світовому ринку енергетичних ресурсів сприяє постійному збільшенню інвестиційних вкладень у наукоємні технології та сучасне цифрове обладнання – як для покращення показників виробництва, так і для досягнення більш високого рівня енергоефективності. Причому енергоефективність як фактор забезпечення економічного розвитку сьогодні вже реально конкурує з традиційними джерелами енергії. Так, ще у виданні за 2013 р. "Energy Efficiency Market Report" Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) підняло статус енергоефективності з "прихованого паливного резерву" до "нашого палива номер один". Аналогічно у звітах "Прогноз світової енергетики" ("World Energy Outlook") і "Перспективи енергетичних технологій" ("Energy Technology Perspectives") показано, що близько 40% майбутніх потреб в енергії реально мають покриватися за рахунок підвищення енергетичної ефективності.

Натомість у затвердженій у липні 2013 р. оновленій редакції Енергетичної стратегії України на період до 2030 року (Стратегія) така перспективна мета розвитку, як перехід до цифрової енергетики, навіть не зазначається. У розділах цієї Стратегії, присвячених розвитку електроенергетики як найбільш просунутої галузі у сфері застосування наукоєм-



них технологій, немає чіткого визначення мереж розподіленої генерації, основу яких становлять активні споживачі енергії, які, крім цього, одночасно можуть виступати і як її виробники, і навіть як зберігачі. Управління такими системами з багатьма тисячами учасників з метою оптимізації параметрів її функціонування та підвищення ефективності використання електроенергії – одне з головних завдань електроенергетики у світі. Не розглядається у Стратегії і перспектива створення в Україні "розумних" електромереж на базі Інтернету Енергії (IoE), який повністю змінює парадигму розвитку енергетики: вона стає клієнтоорієнтованою. В таких системах підключення до енергетичної мережі стає мобільним і виконується у будь-якій точці.

Таким чином, створення та функціонування систем розподіленої електроенергетики може розглядатися як дуже важлива цільова ніша для застосування інноваційних цифрових технологій в електроенергетиці. У світовій практиці до окремих напрямів цифрових перетворень у цій сфері прийнято відносити: розподілену генерацію (Distributed Generation); управління мережевим попитом (Demand Response); управління енергоефективністю; створення та функціонування мікромереж (Microgrids); управління розподіленими системами зберігання енергоресурсів (Distributed Energy Resources, DER).

Однак жодний з цих напрямів у Стратегії не визначено як перспективний для розвитку галузі. Не надає зазначена Стратегія і рекомендацій щодо пріоритетних напрямів (цільових ніш) цифровізації в інших галузях енергетичного сектора. Інформаційно-комунікаційні технології Стратегія взагалі не визначає як потужний фактор розвитку енергетики в Україні. Така ситуація свідчить про відсутність цілеспрямованої державної політики у напрямі цифровізації вітчизняної енергетики.

Однією з важливих цільових ніш використання цифрових технологій у газовій галузі є забезпечення в реальному часі моніторингу технічного стану ГТС та налаштування її роботи в оптимальних режимах за допомогою системи стаціонарних датчиків та проведення регулярних спостережень з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Для обробки дуже великих масивів відповідної інформації найбільш ефективним є використання технологій BIG DATA та "хмарних" обчислень.

Світовий досвід у видобуванні нафти та газу свідчить про такі тренди використання інформаційно-комунікаційних технологій з метою прискорення розвитку цих галузей.

По-перше, особлива увага буде приділятися інструментам штучного інтелекту та пов'язаному з ними процесу роботизації основних технологій видобутку цих енергетичних ресурсів. Роботизація в галузі видобування забезпечить не тільки підвищення продуктивності виробництва, а і значно



скоротить ризики для операторів, які будуть керувати роботами іззовні, не перебуваючи на небезпечних ділянках виробництва.

По-друге, для обробки великих обсягів первинної інформації з датчиків та формування на її основі необхідної системам штучного інтелекту бази знань будуть використовуватися "хмарні" обчислення.

По-третє, сам процес зняття інформації з датчиків, її агрегування, обміну між окремими пристроями системи та надання оперативного доступу до її використання можливо буде здійснювати тільки за допомогою Інтернету речей (IoT). Саме він зможе забезпечити отримання чіткої та повної картини того, що відбувається у видобувній компанії в секторах видобутку, транспортування та переробки газу чи нафти.

По-четверте, використання у технологічному процесі видобутку корисних копалин систем інструментів штучного інтелекту забезпечує можливість прогнозування та оцінки ризиків виходу окремих вузлів технологічного обладнання у непрацездатні (аварійні) режими, але тільки з використанням адитивних технологій (3D-друку) "розумна" система керування відповідним виробничим об'єктом зможе оперативно забезпечити виготовлення необхідних деталей на заміну та здійснити ремонт устаткування без участі людини.

Означені цільові ніші для цифрової трансформації у сфері видобування газу та нафти залишаються актуальними і для вугільної галузі. При цьому особливою нішею використання 3D-друку в умовах шахтного видобутку вугілля, за оцінками вчених, може стати виготовлення з композитів безпосередньо після проходження роботизованого комбайну ідеально пристосованої до рельєфу шахти [21].

Більшість цифрових технологій, які є перспективними для енергетичного сектора, передбачають використання у великих обсягах різноманітних за функціями цифрових датчиків (сенсорів) у системах з бездротовим обміном інформацією. В останній час наукою досягнуті значні успіхи у проектуванні та створенні багатокomпонентних систем збирання інформації на їх основі. З використанням мікропроцесорів та мереж бездротового обміну інформацією, наприклад, Wi-Fi, проблема створення та функціонування складних кіберфізичних систем, які працюють у агресивному середовищі й у безлюдному режимі, в основному була вирішена. Досвід розробки та практичної реалізації таких систем в Україні є, так само як і багато наукових напрацювань з виготовлення різноманітних цифрових датчиків [22]. Значний вклад у розвиток цього важливого для цифровізації економіки напряму було внесено у процесі реалізації в Україні Державної цільової науково-технічної програми розроблення і створення сенсорних наукоємних продуктів на 2008–2017 роки, затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України № 1395 від 5 грудня 2007 р. На жаль, незначний обсяг державного фінансування цієї програ-

ми та рішення про відмову від її продовження не відповідають зростаючому рівню потреб економіки України у відповідних компонентах цифрових технологій.

Не до кінця вирішеною залишається інша технологічна проблема прискорення цифрових трансформацій у галузях енергетичного сектора, що суттєво гальмує застосування сенсорних пристроїв та датчиків у реальних умовах виробництва. Ця проблема пов'язана з необхідністю забезпечення безперервного моніторингу роботи технологічного обладнання за відсутності персоналу. Необхідною умовою цього є використання джерел живлення відповідних датчиків або сенсорів з великим запасом енергії або таких, що використовують її відновлювальні ресурси за місцем встановлення. Основний напрям вирішення цієї проблеми полягає у підвищенні енергоефективності таких пристроїв, за рахунок мінімізації споживання ними електричної енергії. В останні роки у світі щодо вирішення цього питання досягнуто значного прогресу.

Розвиток інтелектуальних мереж (Smart Grid) у системах енергопостачання розглядається розвиненими країнами світу як пріоритетний напрям розвитку економіки, оскільки такі технології закладають основу конкурентоспроможності цих країн на майбутнє. Підтвердженням цієї тези є обсяг інвестицій, що спрямовуються промислово розвиненими країнами у розвиток інтелектуальних мереж (рис. 1). Лідером цифровізації енергетики виступає КНР, яка проголосила курс на розширення використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

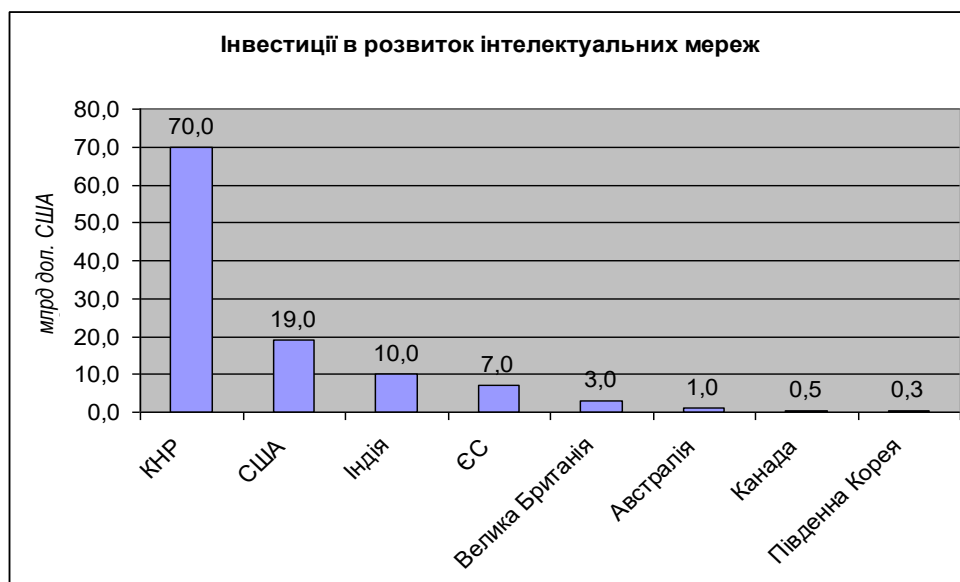


Рис. 1. Заплановані загальні інвестиції у створення інтелектуальних енергетичних мереж у країнах світу

Джерело: побудовано за даними [23].



З огляду на одночасний інтерес провідних країн світу до розвитку інтелектуальних мереж, за ініціативи одночасно Міжнародного енергетичного агентства та Clean Energy Ministerial, глобального міждержавного форуму з питань сталої енергетики, у 2011 р. було створене Міжнародне товариство з розумних мереж, ISGAN. Це програма технологічного співробітництва, націлена на прискорення прогресу у вирішенні ключових аспектів енергетичної політики, технологій та розроблення стандартів інтелектуальних мереж шляхом добровільної участі урядів у конкретних проєктах та програмах. Вона координує міжнародні зусилля у рамках численних робочих груп, присвячених основним питанням впровадження та оцінки "розумних мереж", а також забезпечує технічну допомогу і грантове фінансування [24]. Разом із тим темпи та зусилля щодо цифровізації енергетики у різних країнах обумовлені особливостями енергетичної політики та існуючою структурою енергопостачання.

Енергетична політика КНР насамперед характеризується підвищенням ефективності та контрольованості енергетичної інфраструктури з метою забезпечення швидких темпів економічного розвитку. У Китаї швидко впроваджуються найсучасніші цифрові технології, насамперед в інфраструктурних галузях, до яких відноситься й електроенергетика. Бурхливий розвиток китайської економіки потребує розбудови потужної електроенергетичної мережі та оптимізації її режимів, зокрема по лінії південь-північ. Крім того, спостерігається інтерес до відновлюваної енергетики, що у свою чергу зумовлює активне двостороннє співробітництво між КНР та ЄС у сфері трансферу провідних енергозберігаючих технологій. Ключовим елементом цифрової енергетики у Китаї є розбудова мережі цифрових підстанцій, у виробництві яких країна наразі посідає лідируючі позиції у світі [25].

У США, де проблемам екології та мінімізації вуглецевих викидів традиційно приділяється менше уваги, а керованість енергомереж не ускладнюється розвитком відновлюваної енергетики, основним мотивом розвитку інтелектуальних мереж стає енергетична незалежність країни та надійність мереж в умовах дерегульованого енергетичного ринку з мінімальною участю держави. Після катастрофічного каскадного вимкнення електромережі у 2003 р., яке позбавило електроенергії 55 мільйонів людей у восьми штатах США та більшій частині Канади [26], уряд почав приділяти значні зусилля для розв'язання проблеми щодо удосконалення управління електроенергетичною системою країни, що зумовило законодавче впровадження концепції інтелектуальних мереж вже у 2007 р. [27]. Наразі інвестиції енергетичних підприємств США у реалізацію проєктів інтелектуальних мереж становлять близько 3,5% загального обсягу інвестицій в енергетичну інфраструктуру, а до 2024 р. очікується збільшення цієї суми майже втричі [28].



У країнах ЄС необхідність цифровізації енергетики обумовлена перш за все політикою сталого розвитку, яка заснована на низьковуглецевій парадигмі розвитку систем енергозабезпечення, а також процесом лібералізації та інтеграції національних енергетичних ринків з метою формування єдиного європейського ринкового простору. Відповідно основні заходи ЄС з цифровізації здійснюються в рамках ініціатив з енергоефективності [29] (зокрема, для оптимізації споживання та підвищення енергоефективності) і низки норм у сфері інтеграції енергетичних ринків [30]. Водночас широке впровадження ВДЕ для підвищення енергоефективності змінює режими роботи енергосистем і сприяє виникненню унікальних викликів у сфері інтеграції енергетичних мереж, що потребує нових інтелектуальних систем управління мережею та регулювання графіка навантажень. Для надійності та безпеки функціонування систем енергозабезпечення ЄС украй важливе формування європейської технологічної платформи "інтелектуальних мереж майбутнього".

Лібералізація ринків електроенергії та природного газу поряд із розширенням використання відновлюваних джерел енергії супроводжується формуванням нової децентралізованої архітектури енергомереж. У цих умовах виникає потреба в удосконаленні системи управління режимами роботи потужних традиційних електростанцій та нових генераторів з нестійким графіком виробництва електроенергії. Тож проблема формування активно-адаптивної енергомережі полягає перш за все у запровадженні цифрового вимірювання енергопотоків у режимі реального часу. У випадку лічильників електроенергії, коли допускається не лише використання, а й генерація енергії індивідуальними споживачами, до лічильників ставляться додаткові вимоги. Зокрема, оператори повинні забезпечувати, щоб лічильник міг обліковувати електроенергію, генеровану й уведено в мережу кінцевим споживачем, а на окремий запит дані про споживання та виробництво електроенергії повинні бути доступними для них самих або для третьої сторони, яка діє від імені кінцевого споживача, у легко зрозумілому форматі, що може використовуватися для порівняння тарифних планів.

Послідовна політика у сфері енергетики вимагає чітких дій у напрямі модернізації енергетичної системи у зв'язку з особливими національними інтересами та технологічними особливостями на рівні держави (необхідністю підвищення енергоефективності, надійності енергетичної мережі в умовах її фрагментації чи забезпечення швидких темпів економічного зростання), а також потребою в більш ефективній міжнародній координації з огляду на тенденції розвитку енергетики у країнах-партнерах. Усі ці фактори створюють потужний і універсальний мотив для модернізації національної енергосистеми у напрямі цифровізації.



Технологічні платформи (ТП) у країнах ЄС є одним з дієвих напрямів розвитку сучасної інфраструктури економіки. Вони забезпечують реалізацію інноваційних пріоритетів розвитку територій та галузей. Першочерговою метою створення технологічних платформ було визначення та розроблення тематичних напрямів, у рамках яких сформульовано пріоритети ЄС і надається фінансування для проведення досліджень, безпосередньо пов'язаних із практичною реалізацією. Попри тісний зв'язок з реальним сектором економіки, орієнтацією на комерційно значимі результати та задоволення потреб виробництва, особливістю ТП у сфері енергетики є їх підпорядкування цілям сталого розвитку суспільства.

Організаційна структура та фінансування технологічних платформ у країнах Європейського Союзу дає змогу говорити про ТП як про бізнес-модель. Адже технологічні платформи в Європі були створені на пайовій основі за рахунок об'єднання інтелектуальних і фінансових ресурсів ЄС та найбільших європейських промислових виробників з метою активізації наукових досліджень (в енергетиці – для оптимізації генерування, розподілу та споживання енергії). Ініціаторами формування ТП виступає зазвичай великий бізнес, галузеві об'єднання промислових виробників, представники яких входять у т.зв. групу вищого рівня (High Level Group).

Основними завданнями, відповідно до мети створення ТП, в Євросоюзі є такі: 1) пропаганда та просування ТП, їхніх цілей і завдань у Євроспільноті та структурах ЄС; 2) розроблення Стратегічного плану досліджень (Strategic Research Agenda) – основного документа, де представлені характеристики досліджень, що проводяться в рамках ТП; 3) розроблення Плану Впровадження ТП (Implementation Plan / Deployment Strategy). Історія формування та розвитку ТП у ЄС нараховує вже майже 20 років. Наразі в ЄС відновлюється практика формування ТП на новому рівні технологічних інноваційних платформ (ETIP).

Формування технологічних платформ та їхнє функціонування на підприємницьких засадах відкриває можливості об'єднання основних зацікавлених сторін (стейкхолдерів) та забезпечення діалогу й співпраці суспільства і бізнесу; сприяє залученню інвестицій в науково-технічний розвиток; мобілізує і спрямовує наявні інтелектуальні та фінансові ресурси у сектор досліджень і розробок, сприяючи більш ефективному підходу до інновацій; стимулює координацію європейських і національних дослідницьких програм; долучає свій внесок у зростання економіки Євросоюзу. В ЄС технологічні платформи стали базовим інструментом реалізації інноваційної політики, "точками" економічного зростання стратегічно важливих галузей, їх діяльність спрямована на реалізацію важливих цілей технологічного розвитку [31]. Крім цього, діяльність ТП можна розглядати як індикатор дієвості інструментів державної інноваційної політики,

адже через формування та забезпечення технологічної платформи реалізуються національні пріоритети в інноваційному розвитку конкретних галузевих напрямів.

В Україні як перспективні механізми інноваційного розвитку розглядаються кластери і технологічні платформи. Їх застосування має ґрунтуватися на поєднанні загальнонаціональних і регіональних інтересів та пріоритетів, урахуванні імперативів сталого та інноваційного розвитку. Кластер традиційно орієнтований на просторово-географічне розташування, тому більшою мірою відповідає регіональній політиці, тоді як технологічна платформа формується згідно з галузевими ознаками і відповідає загальнонаціональному розвитку [16].

Місце та можливості ТП у системі цифровізації енергетики обумовлюються тим, що технологічна платформа представляє сукупність ресурсних джерел і технологій виробництва, що визначають специфіку природно-кліматичної локалізації генеруючих потужностей, системи управління, забезпечення технологічної, аварійної, екологічної та технологічної безпеки, а також правил взаємодії з електричними мережами. Таким чином технологічна платформа поєднує інноваційну виробничо-технологічну та управлінсько-координаційну складові. Важливим фактором розвитку ТП є людський капітал.

Виробничо-енергетичний потенціал технологічної платформи в енергетиці впливає не тільки на характер конкурентної взаємодії на енергетичному ринку, а й на стійкість енергетичної системи загалом, можливості розроблення та імплементації нових технологічних рішень, поєднання різних організаційно-економічних і виробничо-технологічних форм розвитку енергетики з використанням можливостей і переваг цифровізації галузі. ТП – це, насамперед, партнерство, коопераційна угода між бізнесом, науковцями і органами виконавчої влади щодо спільних наукових досліджень, розвитку технологій і впровадження технологічних ініціатив, що вимагає синтезу ІКТ, регуляторних заходів державної політики.

Відповідно до європейської практики організаційно-економічний механізм формування інтелектуальної енергетичної системи України повинен представляти собою технологічну платформу, призначення якої повинно полягати в тому, щоб: 1) створити формат для взаємодії усіх учасників енергетичної сфери економіки, визначити пріоритетні напрями технологічної модернізації та підвищити її результативність; 2) сконцентрувати фінансування досліджень і розробок на пріоритетних напрямках інноваційного розвитку енергетики; 3) залучити в інноваційну сферу додаткові (недержавні) ресурси; 4) відібрати проривні технології та впровадити їх в економіку; 5) сформувати ринки Smart Grid технологій; 6) надати нові види послуг на ринку з акумуляування та "цифрового" обліку електроенергії та тепла [32].



Основними цілями технологічної платформи "Інтелектуальна енергетична система України" (ТП "ІЕС"), враховуючи проблеми функціонування вітчизняної енергетичної системи, повинні бути:

1. Впровадження інтелектуальних технологій в українській енергетиці для забезпечення інноваційного прориву в розвитку енергетичного сектора економіки України, різкого підвищення ефективності, надійності та безпеки її діяльності.

2. Досягнення на основі застосування нових, у тому числі інтелектуальних, технологій: зниження ризику системних аварій; підвищення ефективності технічного обслуговування та профілактики технологічних порушень; підвищення економічної ефективності генерації за рахунок "гнучкого" керування з підвищенням коефіцієнта корисної дії устаткування; залучення до енергобалансу нетрадиційних відновлюваних джерел енергії; зниження втрат при транспортуванні за рахунок оптимізації режимів і управління попитом у споживачів; зниження комерційних втрат при генерації, постачанні, розподілі та збуті за рахунок вдосконалення систем керування, моніторингу, обліку, дистанційного точкового відключення за несплату, уведення системи передоплати; підвищення пропускної спроможності електричних мереж за рахунок активних елементів мережі та компенсації реактивної потужності; зниження витрат на енергоресурси бюджетних організацій та житлово-комунального господарства; підвищення стійкості до природних катаклізмів та техногенних аварій; покращення якості електроенергії, забезпечення заданих рівнів електромагнітної сумісності; зниження негативного впливу на довкілля; підвищення конкурентоспроможності економіки за рахунок підвищення її енергоефективності та зниження тарифів; ефективне використання виробничих активів упродовж повного життєвого циклу.

Основними завданнями формування та функціонування ТП "ІЕС" повинні стати: формування стратегічного бачення реалізації концепції інтелектуальних енергетичних систем в Україні; визначення основних вимог і функціональних властивостей національної енергетики на базі концепції інтелектуальних енергетичних систем і принципів їх здійснення; визначення основних напрямів розвитку всіх елементів енергетичної системи: генерації, передачі та розподілу, збуту, споживання та управління; визначення основних компонентів, технологій, інформаційних і управлінських рішень в усіх зазначених вище сферах; забезпечення координації модернізації (подолання технологічного розриву) та інноваційного розвитку у вітчизняній енергетиці.

Відповідно до розглянутих завдань можна запропонувати структуру технологічної платформи, що відображатиме основні керуючі елементи та робочі групи за напрямками. З метою координації та управління роботою ТП мають бути створені такі керуючі елементи: наглядова рада, коорди-

натор, секретаріат, група з питань взаємодії з центральними органами виконавчої влади (рис. 2).



Рис. 2. Структура ТІ "Інтелектуальна енергетична система України"

Джерело: розроблено авторами.

У короткостроковій перспективі потенційними результатами функціонування ТІ мають стати: документи щодо стратегічного бачення та дорожньої карти реалізації концепції інтелектуальних енергетичних систем в Україні; перелік основних технологій та обладнання, які є конкурентоспроможними на вітчизняному та світовому ринках; визначення потреб на довгострокову перспективу в обладнанні та технологіях, виявлення технологічних "провалів" та їх усунення; програми досліджень і розробок, трансферу технологій та локалізації виробництва; програма розроблення стандартів у сфері ІТ-технологій для енергетики; програма підготовки спеціалістів у сфері інтелектуальних технологій.

Питання про функціонування технологічної платформи потребує розроблення відповідного нормативно-правового забезпечення як на загальнодержавному, так і на регіональному рівнях. Ініціатором її створення має стати Кабінет Міністрів України. Стратегічний рівень повинен бути представлений відповідними центральними органами виконавчої влади, оскільки процес пов'язаний з інтеграцією мереж та технологій. Тому питаннями



стратегічного розвитку повинні займатися такі органи влади, як: Міністерство енергетики та захисту довкілля України; Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України; Міністерство інфраструктури України; Міністерство освіти і науки України. Серед регулюючих органів мають бути: Національна комісія, що здійснює регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) та Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації (НКРЗІ). Оскільки відбувається інтеграція мереж, різних за своїм призначенням, то необхідним є участь у процесі Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України. З метою координації та узгодженості роботи потрібно передбачити створення міжвідомчої комісії.

Відповідно до поставлених завдань та концептуальних засад розвитку енергетики технологічна платформа повинна сприяти поліпшенню взаємодії між бізнесом та сектором освіти і науки і, в кінцевому підсумку, в більш довгостроковій перспективі – підвищенню ефективності та конкурентоспроможності виробництва. Також технологічні платформи стануть комунікаційним механізмом між державою, бізнесом, наукою і освітою, сформуєть пріоритети інноваційного розвитку відповідних галузей промисловості через формування системи державної підтримки в рамках стратегічних програм.

В умовах інтеграційних процесів потрібно передбачити створення не тільки української, а й міжнародної технологічної платформи, що дозволить істотно стимулювати розвиток міжнародного співробітництва, і залучення провідних світових наукових центрів до розвитку вітчизняної інноваційної промисловості шляхом розширеного обміну знаннями і технологіями [33].

Проведений аналіз світового досвіду реалізації технологічних проєктів показує зростаюче значення технологічних платформ у формуванні та реалізації інноваційної державної політики. Технологічні платформи стають потужним інструментом державної та галузевої підтримки інновацій [34]. Разом із тим діяльність технологічних платформ пов'язана з цілим рядом проблем, у тому числі й правового характеру.

Наразі в Україні нормативно не визначений порядок створення технологічної платформи. У порядку формування технологічної платформи, затвердженому центральним органом виконавчої влади, повинні бути зазначені завдання і принципи формування технологічних платформ. Також є вказівка на обов'язкове визначення організації-координатора, що здійснює організаційне та інформаційне забезпечення взаємодії учасників технологічних платформ. Таким чином, реальну участь юридичної особи в діяльності технологічної платформи, а також організаційно-правову форму технологічної платформи загалом, визначити важко.



На нашу думку, з метою створення єдиного і ефективного механізму управління діяльністю технологічної платформи її учасникам необхідно створювати об'єднання юридичних осіб. При цьому найбільш зручною формою в цьому випадку є організаційно-правова форма некомерційного партнерства, оскільки тільки в рамках цієї форми можуть об'єднуватися як комерційні, так і некомерційні організації.

У цьому контексті необхідно, по-перше, нормативно визначити організаційно-правову форму створення технологічної платформи, що дасть змогу чітко визначити права та обов'язки її учасників, а також частку їх участі в технологічній платформі та відповідальності за результати. По-друге, створення технологічної платформи повинно набути адміністративного характеру. Координатором повинні виступати або державні установи, або юридичні особи з державною часткою у статутному фонді. Міністерствам доцільно розробити методичні матеріали зі складання плану щодо участі акціонерного товариства з державною часткою або державного підприємства, що реалізує програму інноваційного розвитку цифрової енергетики на середньострокову та довгострокову перспективу. Водночас слід звернути увагу на необхідність залучення до діяльності ТП організацій, які представляють приватний бізнес.

Стимулювати участь приватного бізнесу в діяльності технологічної платформи можна лише наданням певних вигід від такої участі. Вигоди можуть бути двох видів. По-перше, це можливості реалізовувати інновації, створені в результаті діяльності технологічної платформи. По-друге, це податкові пільги, надані активним учасникам технологічної платформи, що передбачені законодавством. У зв'язку з цим передбачається, що основні вигоди як для економіки загалом, так і для учасників таких платформ будуть пов'язані з підтримкою інновацій, з удосконаленням регулювання, забезпеченням умов для створення та розповсюдження передових технологій, формуванням нових науково-виробничих комплексів.

Таким чином, визначення та нормативно-правове закріплення механізмів стимулювання участі приватного капіталу в діяльності технологічної платформи в майбутньому є одним із пріоритетних завдань формування ТП.

Висновки

Світовий досвід у сфері енергетики показує, що цифровізація енергетичної інфраструктури є універсальною і потужною тенденцією, хоч і обумовлюється в різних країнах дуже різними економічними мотивами та інтересами. Цифровізація є ключовим способом задоволення низки найважливіших потреб в енергетиці: підвищення енергоефективності та екологічності національного господарства, забезпечення надійності енергетичної мережі в умовах її неоднорідності та забезпечення енергетичної



бази для інноваційної перебудови економіки. Тому вона є однією з найважливіших сучасних тенденцій розвитку найбільших енергетичних систем світу і предметом широкого міжнародного співробітництва.

Імперативи та детермінанти енергетичної політики зумовлюють необхідність у цифровізації електроенергетичної системи – як за глобальними трендами лібералізації та інтеграції ринку електроенергії, так і за національними особливостями енергосистеми: велика частка ядерної енергетики, надлишкові генеруючі потужності, дефіцит маневруючих потужностей, потреба в акумуляторах, слабка міжрегіональна пропускна здатність електромереж. Усе це разом створює потужний мотив для модернізації енергосистеми країни у напрямі цифровізації. Міністерству енергетики та вугільної промисловості України рекомендується доповнити положення Енергетичної стратегії України до 2035 року в частині встановлення стратегічного пріоритетного напрямку розвитку цифрової енергетики країни.

За рівнем пріоритетності впровадження таких локальних (часткових) цифрових трансформацій слід визнати електроенергетику як галузь, найбільш готову до поступового цифрового переходу. У газовій сфері через суттєве підвищення тарифів на газ потенційно можуть бути акумульовані інвестиційні кошти для впровадження системи цифрового обліку у виробництві та споживанні газу. Вирішення проблем цифровізації власне процесу видобування газу поки ще залишається за горизонтом цього, а може, й наступного десятиліття. Розпочати реальну цифровізацію у нафтовій та вугільній промисловості через низку факторів вбачається малоімовірним.

Для ефективного використання обмежених інвестиційних можливостей є доцільним виділення, з урахуванням особливостей кожної галузі, певних цільових ніш, в яких цифровізація може забезпечити отримання найбільшого та найшвидшого ефекту. В електроенергетиці до таких цільових ніш у першу чергу слід віднести комплекс питань, пов'язаних зі створенням розумних мереж для оптимального регулювання режимами роботи розподіленої генерації. В газовій галузі доцільно впроваджувати системи штучного інтелекту для вдосконалення безлюдних технологій його видобутку з локальним використанням 3D-друку.

Перспективним інституційним механізмом цифровізації вітчизняної електроенергетики є формування відповідної національної технологічної платформи. Міжнародний досвід уже засвідчив потенціал та ефективність ТП у забезпеченні інтелектуального енергоменеджменту та цифрового розвитку інфраструктурних галузей економіки. Для реалізації ТП цифрової енергетики як бізнес-моделі інноваційного розвитку необхідно створити вітчизняне нормативно-правове поле регулювання взаємодії стейкхолдерів та координації їх діяльності; визначити напрями, механізми та

джерела забезпечення головних компонент ТП-досліджень і впровадження; організувати контроль з боку державних і недержавних органів за виконанням визначених завдань та порядком наукового, організаційного та фінансового забезпечення діяльності технологічної платформи; забезпечити баланс суспільно значимих і комерційно привабливих цілей і результатів на засадах інклюзивності та партнерства.

Доцільним та необхідним є ухвалення нормативно-правового акту, який би врегулював загальні правила діяльності технологічної платформи, її функції, цілі та завдання. Відсутність єдності умов і принципів діяльності ТП, а також відповідальності за недосягнення поставлених перед ними цілей не дозволяє говорити про загальну природу їх організаційно-правової форми і не перетворює ТП на привабливу для приватного бізнесу. Для вирішення цих проблем потрібна добре скоординована система заходів зі створення та функціонування цього механізму впровадження прогресивних технологій.

Список використаних джерел

1. Шваб К. Четвертая промышленная революция. Москва: Эксмо, 2016. URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/workgroup/materials/Pages_2016.pdf
2. Цифрові технології в інноваційній трансформації економіки України / за ред. д.е.н., чл.-кор. НАН України Єгорова І.Ю.; НАН України, ДУ "Інститут економіки та прогнозування НАН України". Київ, 2018. 314 с.
3. Тімченко О.М., Лір В.Е. Цифровий моніторинг як механізм формування енергетичного балансу національного господарства. *Схід*. 2018. № 1. С. 23–29. doi: [https://doi.org/10.21847/1728-9343.2018.1\(153\).127160](https://doi.org/10.21847/1728-9343.2018.1(153).127160)
4. Небрат В.В. Оптимізація енергетичних потоків національного господарства шляхом розвитку інформаційно-мережевих систем. *Інформаційні технології в економіці, менеджменті та бізнесі. Проблеми науки, практики і освіти: матеріали XXIV міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 20 листопада 2018 р.)*. Київ: вид-во Європейського університету, 2018. С. 84–87.
5. Лір В.Е., Биконя О.С. Цифровий моніторинг енергетичних потоків як напрям інноваційного розвитку системи енергозабезпечення. *Стратегічні напрями інноваційного розвитку економіки країни: перспективи та ефективність*: збірник тез наукових робіт учасників міжнародної науково-практичної конференції для студентів, аспірантів та молодих учених (м. Київ, 22 грудня 2018 р.). Київ: Аналітичний центр "Нова Економіка", 2018. С. 19–22.
6. Лір В. Е. Імперативи та детермінанти енергетичної політики сталого розвитку: монографія / НАН України, ДУ "Ін-т екон. та прогнозів. НАН України". Київ, 2018. С. 26, 81.
7. Филюк Г. Проблеми розвитку української електроенергетики та шляхи їх розв'язання. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Економіка*. 2016. № 4 (181). С. 6–11. doi: <https://doi.org/10.17721/1728-2667.2016/181-4/1>



8. Писар Н., Дергачова В., Кивлюк О., Свириденко Д. Стратегії розвитку енергетичного ринку України в умовах геополітичних викликів. *Науковий вісник НГУ*. 2018. № 5. С. 148–154. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-5/20>
9. Лір В.Е. Енергетична політика сталого розвитку як вектор інтеграції України – ЄС. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 2016. № 4. С. 158–176.
10. Бараннік В.О. Стратегія енергетичної безпеки ЄС, як відповідь на сучасні гібридні загрози: висновки для України. Аналітична записка / Національний інститут стратегічних досліджень. 2018. URL: <http://old2.niss.gov.ua/articles/2935/>
11. Ляшенко В.І., Вишневецький О.С. Цифрова модернізація економіки України як можливість проривного розвитку / НАН України, Ін-т економіки пром-ті. Київ, 2018.
12. Праховник А.В., Тесик Ю.Ф., Жаркін А.Ф., Новський В.О., Гриб О.Г. Автоматизовані системи обліку та якості електричної енергії в оптовому ринку: монографія. Харків: Ранок-НТ, 2012.
13. Праховник А.В., Денисюк С.П., Коцар О.В. Принципи організації взаємодії компонент smart мереж. *Техн. електродинаміка*. 2012. № 3. С. 51–62.
14. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення. *Техн. електродинаміка*. 2010. № 6. С. 44–50.
15. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В., Денисюк С.П. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні. *Техн. електродинаміка*. 2012. № 5. С. 52–67.
16. Смертенко П., Чернишев Л., Білан І., Солонін Ю., Гороховатська М., Кульчицький І., Кот О., Бойко Н. Кластери і технологічні платформи як механізми розвитку економіки України. *Вісник НАН України*. 2014. № 3. С. 67–76.
17. Зелінська А.М. Технологічні платформи як ефективний інструмент інноваційного розвитку біоенергетики. *Інноваційна економіка*. 2012. № 4 (30). С. 36–41.
18. Федірко О.А. Європейські технологічні платформи як механізм секторального інноваційного розвитку ЄС. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент*. 2015. Вип. 14. С. 34–38.
19. Єрмакова О.А. Технологічні платформи як важливий інструмент формування інноваційного середовища в регіоні. *Економіка розвитку*. 2015. № 4. С. 5–13.
20. Стативко О.О., Чорна Т.М. Технологічні платформи та їх роль у економічному зростанні країни: європейський досвід та Україна. *Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку*: матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конференції викладачів, аспірантів та студентів (м. Ірпінь, 7–15 листопада 2016 р.). Ірпінь: УДФСУ, 2016. С. 190–193.
21. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Цифровизация экономики угольной промышленности России – от "Индустрии 4.0" до "Общества 5.0". *Mining Industry Journal*. doi: <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-4-140-22-30>



22. Нікітенко Є.В., Риндич Є.В. Інструментальний засіб віддаленого спостереження за показниками датчиків. *Математичні машини і системи*. 2018. № 1. С. 51–58.
23. Top 10 nations for smart grid investment. *General Electric*. URL: <https://www.reliableplant.com/Read/27393/Nations-smart-grid-investment>
24. Implementing Agreement for a Co-Operative Programme on Smart Grids: Annual Report 2018. *International Smart Grid Action Network*. 2018. URL: https://www.iea-isgan.org/wp-content/uploads/2019/07/ISGAN-Annual-Report_2018_Web.pdf
25. Xin Yaozhong, Shi Junjie, Zhou Jingyang. Technology Development Trends of Smart Grid Dispatching and Control Systems. *Automation of Electric Power Systems*. 2015. № 39 (1). С. 2–8. doi: <https://doi.org/10.7500/AEPS20141008024>
26. Rod Walton. 13 Years After: The Northeast Blackout of 2003 Changed Grid Industry, Still Causes Fear for Future. *Power grid International*. 2016. URL: <https://www.elp.com/Electric-Light-Power-Newsletter/articles/2016/08/13-years-after-the-northeast-black-of-2003-changed-grid-industry-still-causes-fear-for-future.html>
27. Акт про енергетичну незалежність і безпеку : публічний акт 110–140 від 19 грудня 2007 року 110-го Конгресу США. H.R. 6, 110 Congress. 2007. URL: <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf>
28. Звіт щодо розвитку інтелектуальних мереж: звіт Департаменту енергії США для Конгресу США щодо розвитку інтелектуальних мереж за 2018 рік. *United States Department of Energy*. 2018. С. 4. URL: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/02/f59/Smart%20Grid%20System%20Report%20November%202018_1.pdf
29. Директива 2012/27/EU Європейського Парламенту та Ради від 25 жовтня 2012 р. про енергоефективність, що вносить зміни до Директив 2009/125/EC та 2010/30/EU та скасовує Директиви 2004/8/EC та 2006/32/EC. *Official Journal of the European Union*. 2012. L 315/1. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/27/oj>
30. Директива про загальні правила внутрішнього ринку електроенергії : директива 2009/72/EC Європейського Парламенту та Ради від 13 липня 2009 р. щодо загальних правил внутрішнього ринку електроенергії та скасування Директиви 2003/54/EC. *Official Journal of the European Union*. 2009. L 211/55. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/72/oj>
31. Комеліна О. В., Фідря В. В. Організаційно-економічні засади створення галузевих технологічних платформ: європейський досвід. *Економіка і регіон*. 2017. № 6. С. 85–90.
32. Development of Technology Platforms (February 2005). URL: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/etp/docs/etp4threport_en.pdf
33. Third STATUS REPORT: At the Launch of FP7 (March 2007). URL: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/etp/docs/etp2ndreport_en.pdf



34. Strategic Research Agenda for Europe's Electricity Networks of the Future / Office for Official Publications of the European Communities. URL: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fe6d8afe-ed43-404a-b6c5-1c61da261cfc>

Надійшла до редакції 09.09.2019 р.

Прорецензовано 21.10.2019 р.

Підписано до друку 28.10.2019 р.

Тімченко А.Н., канд. екон. наук, ведучий научний співробітник

e-mail: timchenko1952@gmail.com

Небрат В.В., д-р екон. наук, завідувача відділом економічної історії

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5419-3181>

e-mail: victoria_nebrat@ukr.net

Лір В.Е., канд. екон. наук, ведучий научний співробітник

e-mail: liehr@ukr.net

Биконя А.С., научний співробітник

e-mail: alexbikonya@ukr.net

Дубас Ю.В., молодший научний співробітник

e-mail: yuriy.v.dubas@gmail.com

ГУ "Інститут економіки і прогнозування НАН України"

ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УКРАИНЕ

Проанализированы существующие национальные практики и опыт международного сотрудничества в сфере цифровизации энергетики. Определено, что цифровизация энергетики является современной тенденцией развития энергетических систем ведущих стран мира, хотя предпосылки, причины и мотивы ее реализации могут значительно различаться в зависимости от национальных особенностей. Доказано, что прогресс в формировании интеллектуальной системы энергообеспечения национального хозяйства зависит от ряда факторов организационно-экономического характера. Проведен секторный анализ особенностей процесса цифровых преобразований в решении отдельных задач развития энергетики страны. Определена необходимость введения нового механизма эффективного развития перспективных отраслей экономики. Проанализирован европейский опыт формирования и развития технологических платформ как базового инструмента реализации инновационной политики, экономического роста стратегически важных отраслей и технологического развития стран Европейского Союза. Предложено рассматривать технологическую платформу как бизнес-модель цифрового развития инфраструктурных отраслей экономики, в частности цифровизации энергетической инфраструктуры. Разработана структура и представлены возможности технологической платформы введения интеллектуальной энергетической системы в Украине.



Внесены предложения по реализации концепции интеллектуальной энергетической сети в рамках цифровой трансформации экономики Украины.

Ключевые слова: цифровая энергетика, конвергенция технологий, интеллектуальная энергетическая система, информационно-коммуникационные технологии, технологическая платформа

O. Timchenko, PhD in Economics, Leading Researcher

e-mail: timchenko1952@gmail.com

V. Nebrat, Doctor of Economics, Head, Department of Economic History

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5419-3181>

e-mail: victoria_nebrat@ukr.net

V. Liehr, PhD in Economics, Leading Researcher

e-mail: liehr@ukr.net

O. Vykonja, Researcher

e-mail: alexbikonya@ukr.net

Y. Dubas, Junior Researcher

e-mail: yuriy.v.dubas@gmail.com

Institute for Economics and Forecasting, NAS of Ukraine

ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC DETERMINANTS OF DIGITAL ENERGY DEVELOPMENT IN UKRAINE

This article concerns digitalization of the energy industry in Ukraine. The authors review the evolutionary aspect of the gradual convergence of ITC and energy technologies and identify the key features and trends in digital transformation of Ukrainian economy. The international experience and the emerging global cooperation in energy digitalization are analyzed. Overall, the energy digitization is discovered to be a universal trend among the most prominent economies despite different prerequisites, interests, and factors concerned. It is shown that the progress in the formation of the intelligent energy supply systems depends on a number of factors. Unique features of specific subtasks that arise during digital transformation of energy industry are analyzed.

The article proposes consideration of the technological platform as a business model for digital development of infrastructure industries. The authors analyze the European experience in the formation and development of technology platforms as a basic tool for implementing innovation policy, economic growth of strategically important industries and technological development of the European Union countries. The potential and role of technological platforms in the process of digitalization of energy are determined. A structure of technological platform suited for the formation and development of the intelligent energy system in Ukraine is proposed. The main tasks and priorities of functioning of the domestic technological platform in the process of digitalization of domestic energy are determined. An organiza-



tional and economic mechanism for the formation of the intellectual energy system of Ukraine is developed.

Key words: *digital energy, technological convergence, smart energy systems, ICT, technological platforms*

References

1. Schwab, K. (2016). *Fourth Industrial Revolution*. Moscow: Eksmo. Retrieved from http://www.eurasiancommission.org/ru/act/dmi/workgroup/materials/Pages_2016.pdf [in Russian].
2. Egorov, I.Yu. (Ed.) (2018). *Digital Technologies in the Innovative Transformation of economy of Ukraine*. Institute for Economics and Forecasting, NAS of Ukraine. Kyiv [in Ukrainian].
3. Timchenko, O.M., Lir, V.E. (2018). Digital Monitoring as Mechanism for Developing Energy Balance of National Economy. *Skhid – East*, 1, 23-29. doi: [https://doi.org/10.21847/1728-9343.2018.1\(153\).127160](https://doi.org/10.21847/1728-9343.2018.1(153).127160) [in Ukrainian].
4. Nebrat, V.V. (2018). Optimization of energy flows in the national economy by applying information and network systems. *Informatsiini tekhnolohii v ekonomitsi, menedzhmenti ta biznesi. Problemy nauky, praktyky i osvity – Information technology in economics, management and business. Problems of science, practice and education*, p. 84-87. Kyiv: Ed. of the European University [in Ukrainian].
5. Lir, V.E., Bykonja, O.S. (2018). Digital Monitoring of Energy Flows as a Priority of the Innovative Development of Energy Supply Systems. *Stratehichni napriamy innovatsiinoho rozvytku ekonomiky krainy: perspektyvy ta efektyvnist – Strategic Priorities of Innovative Development of a Country: Prospects and Efficiency*, p. 19-22. Kyiv: Analytical Center New Economics [in Ukrainian].
6. Lir, V.E. (2018). Imperatives and Determinants of Sustainable Growth. Institute for Economics and Forecasting, NAS of Ukraine. Kyiv [in Ukrainian].
7. Fyliuk, H. (2016). Problems and Decisions Regarding the Development of Ukrainian Energy Industry. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. Tarasa Shevchenka. Ekonomika – Bulletin of the Kyiv National University. Taras Shevchenko. Economy*, 4 (181), 6-11. doi: <https://doi.org/10.17721/1728-2667.2016/181-4/1> [in Ukrainian].
8. Pysar, N., Derhachova, V., Kyvliuk, O., Svyrydenko, D. (2018). Strategies for Development of Energy Market in Ukraine with the Geopolitical Issues Considered. *Naukovyi visnyk NHU – Scientific Bulletin of the National Mining University*, 5, 148-154. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-5/20> [in Ukrainian].
9. Lir, V.E. (2016). Strategies for Sustainable Development as an Integration Priority in Ukraine-EU Relations. *Naukovyi visnyk Odeskoho natsionalnoho ekonomichnoho universytetu – Scientific Bulletin of the Odessa National Economic University*, 4, 158-176 [in Ukrainian].
10. Barannik, V.O. (2018). EU's Strategy for Energy Security as an Answer to Modern Hybrid Threats. National Institute for Strategic Studies. Retrieved from <http://old2.niss.gov.ua/articles/2935/> [in Ukrainian].



11. Liashenko, V.I. & Vyshnevskiy, O.S. (2018). Digital Modernization of Ukrainian Economy as a Growth Opportunity. Institute of Industrial Economics, NAS of Ukraine. Kyiv [in Ukrainian].
12. Prakhovnyk, A.V., Tesyk, Yu.F., Zharkin, A.F., Novskiy, V.O., Hryb, O.H. (2012). Automatic Meter Systems in Wholesale Market. Kharkiv: Ranok-NT [in Ukrainian].
13. Prakhovnyk, A.V., Denysiuk, S.P., Kotsar, O.V. (2012). Principles for Coordination of Components in Smart Networks. *Tekhnichna elektrodynamika – Technical Electrodynamics*, 3, 51-62 [in Ukrainian].
14. Stohnii, B.S., Kyrylenko, O.V., Denysiuk, S.P. (2010). Smart Energy Networks and Their Technical Infrastructure. *Tekhnichna elektrodynamika – Technical Electrodynamics*, 6, 44-50 [in Ukrainian].
15. Stohnii, B.S., Kyrylenko, O.V., Prakhovnyk, A.V., Denysiuk, S.P. (2012). Evolution of Smart Energy Networks and Their Prospects in Ukraine. *Tekhnichna elektrodynamika – Technical Electrodynamics*, 5, 52-67 [in Ukrainian].
16. Smertenko, P., Chernyshev, L., Bilan, I., Solonin, Yu., Horokhovatska, M., Kulchytskyi, I., Kot, O., Boiko, N. (2014). Clusters and Technological Platforms as a Mechanism for Development of Ukrainian Economy. *Visnyk NAN Ukrainy – Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 3, 67-76 [in Ukrainian].
17. Zelinska, A.M. (2012). Technological Platforms as an Efficient Instrument of Innovative Development of Bioenergy. *Innovatsiina ekonomika – Innovative economy*, 4 (30), 36-41 [in Ukrainian].
18. Fedirko, O.A. (2015). European Technological Platforms as a Mechanism for Sectoral Development in EU. *Naukovyi visnyk Mizhnarodnoho humanitarnoho universytetu. Seriya: Ekonomika i menedzhment – Scientific Bulletin of the International Humanities University. Series: Economics and Management*, 14, 34-38 [in Ukrainian].
19. Yermakova, O.A. (2015). Technological Platforms as an Important Instrument for Development of Innovative Environment in Regions. *Ekonomika rozvytku – Economics of development*, 4, 5-13 [in Ukrainian].
20. Statyvko, O.O. & Chorna, T.M. (2016). Technological Platforms and Their Role in National Economic Growth: Experience in EU and Ukraine. *Technical and Ecological Security of Ukraine*, 190-193. Irpin: UDFSU [in Ukrainian].
21. Plakitkin, Ju.A., Plakitkina, L.S. (2018). Digitalization of Economy in Coal Industry of Russia: from Industry 4.0 to Society 5.0. *Mining Industry Journal*, 4 (140), 22. doi: <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-4-140-22-30> [in Russian].
22. Nikitenko, Ye.V., Ryndych, Ye.V. (2018). Instruments for Remote Monitoring of Sensor Data. *Matematychni mashyny i systemy – Mathematical Machines and Systems*, 1, 51-58 [in Ukrainian].
23. General Electric (2010). Top 10 nations for smart grid investment. Retrieved from <https://www.reliableplant.com/Read/27393/Nations-smart-grid-investment>
24. International Smart Grid Action Network (2019). Implementing Agreement for a Co-Operative Programme on Smart Grids: Annual Report 2018. Retrieved from https://www.iea-iscgan.org/wp-content/uploads/2019/07/ISGAN-Annual-Report_2018_Web.pdf



25. Yaozhong, Xin, Junjie, Shi, Jingyang, Zhou (2015). Technology Development Trends of Smart Grid Dispatching and Control Systems. *Automation of Electric Power Systems*, 39 (1), 2-8. doi: <https://doi.org/10.7500/AEPS20141008024>
26. Walton, R. (2016). 13 Years After: The Northeast Blackout of 2003 Changed Grid Industry, Still Causes Fear for Future. *Powergrid International*. Retrieved from <https://www.elp.com/Electric-Light-Power-Newsletter/articles/2016/08/13-years-after-the-northeast-black-of-2003-changed-grid-industry-still-causes-fear-for-future.html>
27. United States Congress (2007). Energy Independence and Security Act of 2007. United States Government Publishing Office. Retrieved from <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf>
28. United States Department of Energy. (2018). Smart Grid System Report: 2018 Report to Congress. United States Department of Energy. Retrieved from https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/02/f59/Smart%20Grid%20System%20Report%20November%202018_1.pdf
29. European Union. (2012). Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. *Official Journal of the European Union*, L 315/1. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/27/oj>
30. European Union. (2009). Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC (Text with EEA relevance). *Official Journal of the European Union*, L 211/55. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/72/oj>
31. Komelina, O.V., Fidria, V.V. (2017). Organizational and Economic Basis for Development of Industry-Wide Technological Platforms: European Perspective. *Ekonomika i rehion – Economy and region*, 6, 85-90 [in Ukrainian].
32. Development of Technology Platforms (2005, February). Retrieved from ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/etp/docs/etp4threport_en.pdf
33. Third STATUS REPORT: At the Launch of FP7 (2007, March). Retrieved from http://www.eurosfair.prd.fr/7pc/doc/1176391945_etp3rd_report_en.pdf
34. Strategic Research Agenda for Europe's Electricity Networks of the Future (2007). Office for Official Publications of the European Communities. Retrieved from <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fe6d8afe-ed43-404a-b6c5-1c61da261cfc>