

МОДЕЛІ ТА СЦЕНАРІЇ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ «РОЗУМНИХ» ГРОМАД НА ПРИКЛАДІ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ ФОРМУВАННЯ МЕРЕЖЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Д. І. Олійник

У статті в логічній послідовності розкрито й проаналізовано моделі та сценарії інноваційного розвитку «розумних» громад на прикладі міжнародного досвіду формування мережевої інфраструктури. Визначено, що ключовими факторами економіки нового, четвертого технологічного укладу, стають інформаційні технології та послуги, а також представлені в цифровому вигляді об'ємні багатогалузеві дані, обробка та аналіз яких дозволяє порівняно з традиційними формами господарювання істотно підвищити ефективність і якість виробництва та споживання товарів, робіт і послуг.

Окреслено завдання стратегічної важливості розробки інноваційної програми розвитку територіальних громад нового покоління на довгострокову перспективу, яке стає надкритичним у контексті соціально-економічного благополуччя спільнот та як умова збереження суверенітету в глобальному технологічному укладі. Доведено, що цифрова економіка, де основними стратегічними ресурсами виступають знання та інформація, є природним еволюційним етапом розвитку сучасного суспільства, на якому повсюдне проникнення інформаційних технологій і цифровізації економічних процесів змінює структуру споживання та створює основу для формування нових ринків, а також нових підходів до аналітики, прогнозування та прийняття управлінських рішень щодо інноваційного розвитку «розумних» спільнот.

Великі дані, які формуються в результаті модернізації економіки, стають одними з провідних цифрових активів держави, бізнесу, громадянського суспільства та територіальних громад. При цьому відсутність фізичних кордонів у цифровому просторі відкриває доступ до масиву таких даних численних учасників глобального економічного простору, де інформаційну основу розвитку цифрової економіки та суспільства представляють структуровані дані про об'єкти, відомості на основі цифрових активів. Ці дані використовуються в різних моделях (моделі управління за показниками, моделі проектного управління, географічні моделі тощо) завдяки насиченню фізичного світу електронно-цифровими пристроями, засобами, системами та налагодженню інформаційно-комунікаційного обміну між ними. Така нова матриця в контексті концентрації простору потребує кардинальної трансформації політичного менеджменту, інституційних та організаційних змін, що зумовлює потребу в концентрації ресурсів на основних прогнозних моделях та сценаріях, які матимуть системний довгостроковий вплив на сталий та інноваційний розвиток. Ця матриця повинна відображати фундаментальне переосмислення інтеграції територіальних громад у задекларований світовою спільнотою екосистемний простір.

Наведено низку практичних рекомендацій органам місцевого самоврядування, які спрямовані на реформування енергетичного сектору та розгортання мережевої інфраструктури на прикладі штату Нью-Йорк (США). Там зміни відбуваються відповідно до ініціативи «Реформування енергетичного бачення». Вона базується на власній директиві щодо створення стандарту чистої енергетики. Це передбачає сприяння в агрегуванні вибору територіальною громадою енергопостачальної компанії згідно із програмою цифрової трансформації, яка дає можливість муніципалітетам об'єднуватися для отримання переваг для оплати електроенергії, обрати провайдера тощо.

Олійник
Даниїла Іллівна –
доктор економічних наук,
професор, головний
науковий співробітник
відділу регіональної
політики Національного
інституту стратегічних
досліджень

Досліджено стан і проблемні питання технічного регулювання розгортання «розумних» мереж із застосуванням систем управління на основі технології міжнародної стандартизації та особливостей упровадження цих мереж в Україні.

Обґрунтовано ключові завдання вдосконалення нормативного забезпечення з'єднання розподілених мереж з енергетичними системами та підключення мікромереж територіальних громад. Запропоновано практичні рекомендації щодо вирішення низки проблемних питань для успішного розгортання мережевої інфраструктури в Україні.

Ключові слова: енергетичний ринок, енергетичні спільноти, мережева інфраструктура, мікромережі, «розумні» громади, «розумні» мережі, система управління, стандартизація, технічне регулювання.

Danyila Oliinyk

MODELS AND SCENARIOS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF “SMART” POPULATION BY THE EXAMPLE OF THE INTERNATIONAL EXPERIENCE OF FORMATION OF NETWORK INFRASTRUCTURE

In the article in a logical sequence the models and scenarios of innovative development of “smart” communities are revealed and analyzed on the example of the international experience of network infrastructure formation. It has been determined that the key factors of the economy of the new fourth technological process are information technologies and services, as well as digital, multidisciplinary data, processing and analysis of which, in comparison with traditional forms of management, can significantly improve the efficiency and quality of production and consumption of goods, works and services.

The task of strategic importance of developing an innovative program of development of the new generation of territorial communities for the long-term perspective, which becomes supercritical not only in the context of socio-economic well-being of communities, but also as conditions for the preservation of sovereignty in the global technological way, is outlined. Thus, it is proved that the digital economy, where knowledge and information are the main strategic resources, is a natural evolutionary stage in the development of modern society, in which the widespread penetration of information technologies and the digitization of economic processes changes the structure of consumption and forms the basis for the formation of new markets as well as new approaches to analytics, forecasting and making managerial decisions on innovative development of “smart” communities.

The large data generated as a result of modernization of the economy become one of the leading digital assets of the state, business, civil society and territorial communities. At the same time, the lack of physical boundaries in the digital space opens up access to an array of such data of numerous participants in the global economic space, where the information basis for the development of the digital economy and society is represented by structured data about objects, information based on digital assets used in different models (management models according to indicators, model of project management, geographic models, etc.) due to the saturation of the physical world by electronic-digital devices, means, systems and debugging have an information and communication exchange between them. Obviously, such a new matrix in the context of concentration of space requires a radical transformation of political management, institutional and organizational change, which necessitates the concentration of resources on key forecasting models and scenarios that will have a systemic long-term impact on sustainable and innovative development and should reflect a fundamental rethinking Integration of territorial communities into ecosystem space declared by the international community.

A number of practical recommendations for local government bodies aimed at reforming the energy sector and deploying network infrastructure on the example of the state of New York (USA) are given. These changes take place in accordance with the initiative “Reforming the energy vision”. It is based on its own directive on the establishment of a clean energy standard. This involves assisting in the aggregation of the choice of the territorial community of the energy supply company in accordance with the digital transformation program, which enables municipalities to unite for preferences to pay for electricity, to choose a provider, etc.

The state and problem issues of technical regulation of the deployment of “smart” networks with the use of control systems based on the technology of international standardization and the peculiarities of the implementation of these networks in Ukraine are investigated.

The key tasks of improving the regulatory support of the connection of distributed networks with power systems and connecting micro-networks of territorial communities are substantiated. Practical recommendations for solving a number of problematic issues for successful deployment of network infrastructure in Ukraine are offered.

Keywords: energy market, energy communities, network infrastructure, micro-networks, smart communities, smart networks, management system, standardization, technical regulation

Постановка проблеми. Задекларована в Україні реформа місцевого самоврядування й територіальної організації влади на засадах децентралізації спрямована на інноваційний розвиток територіальних громад, які консолідуються як мережеве громадянське суспільства. Мета реформи зумовлює її складність і масштабність та вимагає системного підходу до процесу інтеграції територіальних громад у задекларований світовою спільнотою екосистемний розвиток у тих галузях, де існує потенціал для створення нових ринків на основі Інтернету речей (*Internet of Things, IoT*). У децентралізованій цифровій системі управління *IoT* функціонує як нове економічне геополітичне формування інтеграції різноманітних складних технологій, об'єднаних у національні інноваційні системи (*National System of Innovation, NSI*). Світовий досвід переконує, що ці системи будуть об'єднуватись у планетарному масштабі в мережеву інфраструктуру на основі цифрових активів, зв'язуватися одна з одною в режимі реального часу та зможуть вибудувати «розумні» виробництва без участі людини, ключовими драйверами яких є хмарні технології, технології розподілених даних (*blockchain*), штучний інтелект та ін.

Інноваційні чинники стають ключовими факторами забезпечення конкурентоспроможності національної економіки на основі розгортання мережевої інфраструктури та інтегрованих функцій управління комунікаціями (водо-, газо-, електро- та тепlopостачання), які сьогодні формуються як «розумна» енергія (*Smart Energy*), «розумні» мережі (*Smart Grids*) та «розумні» міста (*Smart Cities*) і спрямовані на забезпечення безперервного економічного ефективного управління електроенергією в «розумних» містах та «розумних» спільнотах (*Smart Cities & Smart Communities, SC&C*). Оцифрування та швидкий розвиток інтернет-розрахунків дають змогу промисловості, підприємствам, домашнім господарствам створювати та зберігати електроенергію в *SC&C*, а також управляти попитом. Інтелектуальна мережева інфраструктура займає особливе місце, оскільки вона служить системним інтерфейсом між розподільною мережею, з одного боку, та вимірюванням, автоматизацією будівель, електронною мобільністю, розподіленими енергетичними ресурсами територіальних громад – з іншого. Взаємосумісні зв'язки між усіма компонентами є основною метою комунікацій з інтелектуальною мережею, а отже, зв'язок базується на загальній семантиці (моделі даних), загально-

му синтаксисі (протоколи) і концепції загальної мережі та потребує моделювання й розробки ймовірних сценаріїв інноваційного розвитку територіальних громад.

Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій. Моделі, які розпочали свій відлік з 2002 р. та були побудовані на основі методів планування, як-от: *5-Forces Model*, модель ціннісного ланцюга (*Porter and Millar, 1985*), модель мережі стратегічних можливостей (*Strategic Opportunity Grid*), модель ланцюга постачання замкнутого циклу (*Closed-loop Supply Chain, CSLC (Ives and Learmonth, 1984)*) та модель стратегічних переваг (*Rackoff et al., 1985*), в основному спрямовувалися на використання стратегічного конкурентного потенціалу інформаційних технологій. На відміну від традиційних методів, таких як інформаційне проектування або планування бізнес-систем, ці моделі не передбачали конкретних процедур і розглядалися як евристичні підходи.

Однак учені почали визнавати очевидний розрив між дослідженнями й практикою та усвідомлювати потребу в зміні стратегії інформаційних систем з орієнтацією на інформаційне проектування на основі планування стратегічних інформаційних систем (*Strategic Information Systems Planning, SISP (Cavaye and Cragg, 1993)*).

Уперше відомості про технології хмарних обчислень (*Cloud Computing*), сервісно орієнтованої архітектури (*Service Oriented Architecture*), програмне забезпечення як сервіс *Web 2.0 (Software as a Web 2.0 Service)* та тенденції їх застосування (наприклад, управління взаємовідносинами з клієнтами, соціальне програмне забезпечення, бізнес-аналітика) почали публікуватися в журналі *CIO.com* як частина бізнес-публікацій міжнародної групи даних (*International Data Group*) за таким напрямом: *IT* архітектура, визначення та впровадження стандартів для систем; *IT* додатки та процеси, пов'язані з *IT* (наприклад, введення стандартів для управління *IT* проектами або *IT* операції), *IT* джерела та *IT* організації (у т. ч. координація між бізнесом та організацією *IT*).

Термін «цифрова бізнес-модель» [1] виник у наукових колах на основі аналізу ролі *IT* як системної дисципліни з урахуванням умов навколишнього середовища, що часто інтерпретувалася як частина змін в економіці та суспільстві, котрі пов'язані з формуванням інформацій-

ного суспільства і складалася з технологічної стратегії (як?), інформаційної стратегії (що?), стратегії обслуговування (хто?) і відносин, які існують між ними (як?) [2]. Модель стратегічних рамок цифровізації інформаційних систем, запропонована в 2013 р. Robert D. Galliers, пропонує перейти від деталізації до змісту, а формування стратегій здійснювати відповідно до проблемних сфер та дисциплін, а саме: експлуатації системи, аналізу та управління змінами, які охоплюють усю екосистему (природний капітал). Наприклад, у Європі така система отримала назву Інформаційна система з біорізноманіття для Європи (*Biodiversity Information System for Europe, BISE*), яка має вирішальне значення для певних екосистемних послуг, зокрема регулювання клімату, захисту від повеней, родючості ґрунтів, запилення та виробництва продуктів харчування, палива, волокна та ліків.

Провідними вченими, які першими розпочали дослідження способів постачання та споживання послуг електроенергії з розподіленими технологіями (*blockchain*), у т. ч. гнучкого попиту, розподіленого виробництва та зберігання енергії у різних частинах світу з різними регуляторними режимами, зокрема у США та Європі, а також здійснювали моделювання довгострокового розвитку на інноваційній основі, були І. Перес-Арріага (*Ignacio J. Perez-Arriaga*, Інститут дослідних технологій Папського університету Комільяс, Іспанія) та Крістофер Кніттель (*Christopher R. Knittel*, Енергетична ініціатива Массачусетського технологічного інституту, США) та ін. [3].

Моделі та сценарії довгострокового розвитку енергетики на інноваційній основі, запропоновані вченими як модульні системи SC&C, лягли в основу побудови цінової індукованої моделі енергетичної системи (*Price-Induced Market Equilibrium System, PRIMES*) [4]. PRIMES створювалася з метою вивчення ринкових механізмів, які впливають на формування цінової політики при моделюванні структурних змін в енергетичних системах, та кількісної оцінки прогнозування SC&C. Модель PRIMES формується із суб-моделей попиту на електроенергію та постачання, кожна з них відображає взаємодію покупців та/або постачальників у рамках набору енергетичних послуг, які можуть регулюватись і визначати ціни на електроенергію та забезпечувати рівновагу між попитом і пропозицією на всіх європейських ринках енергетики та навколишнього середовища (і Східної Європи включно).

За результатами досліджень, що проводилися спільно з генеральними директоратами з питань навколишнього середовища (*Directorate-General for Environment, DG ENV*), енергетики та транспорту (*Directorate-General Transport and Energy, DG TREN*), клімату (*Directorate-General for Climate Action, DG CLIMA*) та Європейської Комісії (*Directorate-General of the European Commission*), сформована Енергетична дорожня карта до 2050 року (*Energy Roadmap 2050*) відповідно до еталонного сценарію [5].

Показовим прикладом у цьому аспекті є модель реформування енергетичного сектору та розгортання мережевої інфраструктури штату Нью-Йорк (США), де зміни відбуваються відповідно до ініціативи «Реформування енергетичного бачення» (*Reforming the Energy Vision, REV*), яка базується на власній директиві щодо створення стандарту чистої енергетики. Стандартом «Чиста енергія» до 2030 р. регламентовано надходження 50 % електроенергії з поновлюваних джерел енергії (*Renewable Energy Sources, RES*), що сприятиме дерегуляції енергетичного ринку та відокремленню елементів енергетичної галузі, а саме: генерації (процес генерації електроенергії на електростанції); передачі (переміщення виробленої електричної енергії з електростанції на підстанцію); постачання (перенесення електроенергії з підстанції до споживачів). Фінансування RES та енергоефективності здійснюється через оцінку активів чистої енергії (*Property Assessed Clean Energy, PACE*). Одним із важливих аспектів REV є затвердження Комісією з державної служби (*Public Service Commission New York State, PSC NYS*) стандарту чистого енергопостачання, що передбачає сприяння в агрегуванні вибору громади (*Community Choice Aggregation, CCA*) згідно із цифровою програмою, яка дає можливість муніципалітетам об'єднуватися для отримання преференцій щодо плати за електроенергію, обирати провайдера (*Cryptographic Service Provider, CSP*) та ін., тобто формувати інфраструктуру управління привілеями на основі відкритих ключів (*Public Key Infrastructure, PKI*) з використанням методів, що уможливають поєднання сертифікатів PKI з наданням будь-яких привілеїв та повноважень.

Першим пілотним проектом з агрегації вибору територіальної громади в 2015 р., який підтримало 40 громад Нью-Йорка, став округ Вестчестер (*Westchester*). Відповідно до запровадженої ініціативи муніципалітети об'єднуються на умовах конкурсного відбору шляхом укла-

дання угод для управління процесом переміщення більшості споживачів на постачання електроенергії від енергопостачальних компаній (*Energy Supply Companies, ESCOs*) [6]. Таким чином, з метою забезпечення діяльності *SC&C* створюється комплекс взаємопов'язаних обслуговуючих структур (підприємств, установ, систем управління, зв'язку тощо), що забезпечують інфраструктуру управління привілеями у виробничій, соціальній, інженерній, інформаційній, ринковій, інноваційній та інших сферах.

Інфраструктура відкритих ключів розглядається як інфраструктура безпеки управління сертифікатами *PKI* для формування майбутньої нової фінансової моделі екологічно чистої енергетичної економіки. Так, у 2016 р. Федеральний центр житлового будівництва (*Federal Housing Authority, FHA*) та Департамент у справах ветеранів США (*U. S. Department of Veterans Affairs, VA*) оприлюднили керівні принципи для ринку житлового кредитування, зазначаючи, що обидві установи будуть продовжувати страхувати іпотечні кредити, пов'язані з приватними житловими будівлями, які отримали кредити на фінансування енергозбереження під *PACE* [7]. Окрім того, банки уклали довготривалі угоди на інвестування екологічно чистої енергетичної економіки США для забезпечення вільного руху енергетичних ресурсів та послуг.

Отже, нові системи та новітні технології в децентралізованій цифровій системі управління *SC&C* (Інтернет речей, у т. ч. індустріальний Інтернет, енергія речей, економіка речей тощо) функціонують як нові цифрові економічні геополітичні формування в електромережах на основі формування *NSI* згідно із довгостроковими контрактами державно-приватного партнерства (*Public-Private Partnership, PPP*) [8] із створенням інвестиційних фондів, спрямованих на вирішення соціальних проблем із передбаченими міжнародними схемами фінансової підтримки.

Варто наголосити на тому, що нестабільний стан економіки України та постійна трансформація вітчизняної фінансово-економічної системи зумовлюють необхідність всебічного наукового дослідження у цій сфері, що акцентує увагу на актуальності обраної тематики. Задекларований світовою спільнотою екосистемний розвиток полягає у просуванні спільного (інклюзивного) зростання країн та стабіліза-

ційного розвитку суспільства на основі *5G PPP* у мережах радіодоступу гармонізованого глобального спектру *C-Band* (діапазон частот 3300–4200 МГц). Це свідчить про те, що управління електроенергією в різних секторах економіки у всьому світі сприятиме збереженню 62 ексаджоулів енергії¹ до 2030 р. та економії приблизно 600 млрд дол. США і запобіганню 6500 млн метричних тонн викидів CO_2 [9].

У США, наприклад, для впровадження передових технологій цифрової інформаційної енергосистеми *Smart Grid* для комунальних підприємств і регіональних демонстраційних проектів у міських, приміських та сільських районах заплановане фінансування наукових досліджень [10], обов'язковою умовою яких є їх реалізація спільно з електричною компанією, яка володіє мережевими об'єктами в зоні контролю електроенергії, у якій здійснюється демонстраційний проект. При цьому жодна зі сторін не має права на отримання гранту в рамках цього демонстраційного проекту, а частка вартості технологічних інвестицій повинна становити не більше 50 % від вартості інноваційних енергозберігальних технологій, здійснених електричною компанією, яка реалізує проект. Інтегроване інвестування, що становить інші 50 % кваліфікованих інвестицій *Smart Grid*, здійснюється фондом відповідності інвестиційних витрат на інтелектуальну мережу. Відповідальність за координацію розробки системи, яка включає в себе протоколи й стандартні моделі управління інформацією для досягнення взаємодії пристроїв і систем інтелектуальної мережі, покладається на Національний інститут стандартів і технологій США (*National Institute of Standards and Technology, NIST*) з метою забезпечення функціональної сумісності *Smart Grid* та їх взаємодії при передачі електроенергії між регіональними та оптовими ринками електроенергії.

У контексті підключення енергетичних об'єктів критичним завданням є зниження витрат у поновлюваній енергетиці та наближення її до мережевого паритету, коли приведена вартість електроенергії *RES* є меншою або дорівнює приведеній вартості традиційної енергетики. Рівень конкурентоспроможності *RES* оцінюється в порівнянні із традиційними технологіями за показником питомих дисконтованих витрат виробництва електроенергії, що враховує капітальні витрати, фіксовані й змінні операційні

¹ Довідково: 1 ексаджоуль = 10^{18} джоулів.

витрати, податкову ставку, доступність та ефективність технології. Нині оцінювання приведеної вартості електроенергії здійснюють такі організації: *BNEF (Bloomberg New Energy Finance)* та *Lazard*. Окрім того, Національна лабораторія з досліджень в галузі поновлюваних джерел енергії США (*National Renewable Energy Laboratory, NREL*) представляє відкриту базу даних щодо розрахунків нормованої вартості електроенергії, де наведено оцінки різних експертів за необхідний проміжок часу. При формуванні приведеної вартості електроенергії враховуються капітальні та операційні витрати, а розподіл часток – у різних видів джерел.

Метою статті є аналіз сучасних тенденцій розгортання енергетичної інфраструктури майбутнього, визначення ролі й значення інтегрування енергетичного ринку України у європейський ринок та обґрунтування моделі реформування вітчизняного енергетичного сектору. Розгортання енергетичної інфраструктури майбутнього має вирішальне значення для інтегрування національного енергетичного ринку у європейський та реалізації сталого розвитку *SC&C*, тому її інфраструктура та управління нею повинні ставати все більш «розумними», щоб забезпечити розподіл енергії, отриманої з різних джерел енергії, у т. ч. поновлюваних. Інтелектуальні мережі, відомі як *Smart Grid*, покликані вирішити ці проблеми, а також забезпечувати передачу даних і доступ до Інтернету.

Виклад основного матеріалу. Сучасна фундаментальна наука розглядає розвиток енергетики в рамках системного підходу як цілісної та відкритої системи, що має складну ієрархічну структуру й розвивається під дією детермінованих та невизначених факторів. Під час експлуатації енергетичні мережі стикаються з низкою викликів через постійно зростаючий попит на енергію, потребу в розширенні мережевих потужностей, поліпшенні доступності та усунення відмов, мінімізації витрат на технічне обслуговування. Однак повсюдне впровадження інноваційних технологій у розширеному цифровому просторі через запровадження стандартів мобільного зв'язку від *GSM* через *UMTS* та *LTE* до *5G* сприяє розумінню переходу до децентралізованої системи та відкриває нові можливості щодо вирішення завдань як технологічно, так і регуляторно на основі горизонтальної стандартизації економіки (*Economy of Everything*).

З огляду на сучасні світові тенденції та поглиблення економічної поляризації, *Україна зобов'язана сформуванати та впровадити таку економічну модель державно-приватного партнерства, реалізація якої дасть змогу органічно інтегруватись у новий глобально-цивілізаційний світогосподарський порядок на основі інфраструктури 5G PPP (5G Public-Private Partnership), ініційованої Комісією ЄС, виробниками, телекомунікаційними операторами, постачальниками послуг, підприємствами та вченими з метою прийняття рішень у ключових стратегічних сферах для впровадження комунікаційної інфраструктури наступного покоління, включаючи стандартизацію, спектр частот, науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи (НДДКР), співпрацю з іншими стратегічними галузями промисловості.*

З метою вирішення цієї проблематики Правлінням з питань стандартизації Міжнародної електротехнічної комісії (*Standardization Management Board International Electrotechnical Commission, SMBIEC*) у співпраці з міжурядовими органами ООН *UN/CEFACT (United Nations Centre for Trade Facilitation and Electronic Business)* та *UN/EDIFACT (United Nations Rules for Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport)* у 2008 р. було прийняте рішення про створення стратегічної групи *Smart Grid*, яка отримала назву *IEC SG3*. Концепція *Smart Grid* передбачає: підвищення надійності електропостачання та безвідмовності роботи системи; підвищення енергетичної ефективності та збереження навколишнього середовища.

З концептуальної точки зору *IEC SG3* розглядає *Smart Grid* як модернізацію електромережі, яка окреслює бачення побудови майбутньої енергетичної системи через інтеграцію електричних та інформаційних технологій між будь-якою точкою генерації та споживання вищого рівня синтаксичного та семантичного характеру на основі стандартизації сумісності різних продуктів, рішень і систем, що формують енергосистему. Модернізація мережі полягає в трансформації та управлінні електричними розподільними системами з ручних бізнес-процесів до електронних, комп'ютерних рішень, у центрі яких є система управління розподілом (*Distribution Management System, DMS*), що забезпечує оптимальний рівень продуктивності в операційному середовищі.

В межах *SMBIEC* група експертів *IEC SG3* взяла на себе зобов'язання координувати роботу із стандартизації *Smart Grid* з урахуванням колекції стандартів щодо *Smart Grid*, що вже існують у США, розроблених відповідно до Закону про енергетичну незалежність та безпеку [11] і дорожньої карти *NIST*. На першому етапі формування *Smart Grid* експерти прийняли за основу місцеві та регіональні стандарти *NIST* щодо розвиненої інфраструктури вимірювання (*Advanced Metering Infrastructure, AMI*) та розподілених енергетичних ресурсів (*Distributed Energy Resource, DER*) і розробили керівні принципи найкращої практики, гармонізовані глобальні стандарти, що підтримують вимоги до системи *Smart Grid*.

Дослідження, проведені *IEC SG3*, визначили потребу в розробці значної кількості стандартів і стандартних частин для *Smart Grid*. Деякі із чинних стандартів були прийняті як основні стандарти для реалізації *Smart Grid* у майбутньому, наприклад: *IEC/TR 62357* структура стандартів автоматизації електроенергії та опис сервіс-орієнтованої архітектури (*Service-Oriented Architecture, SOA*); *IEC 61850* – Автоматизація підстанцій; *IEC 61970* – Система управління енергією; *IEC 61968* – Система управління розподілом; *IEC 62351* – Безпека та ін.

З метою формування єдиного підходу до стандартизації *Smart Grid* на наступному етапі основна увага *IEC SG3* була приділена новим видам діяльності, у т. ч. й тим, які традиційно не відносились до компетенції *IEC*, таким як: *AMI*, наприклад, *IEC 62051-62059*; *IEC/TR 61334*; *DER*, наприклад, *DER IEC 61850-7-410:-420* та електричні транспортні засоби *EV (Electric Road Vehicles)*, наприклад, *IEC 61851*. Системи управління мережею із стандартним форматом даних на основі **стандартизованої загальної інформаційної моделі** (*Common Information Model, CIM*) відповідно до *IEC 61970* призначені забезпечити уніфікований спосіб об'єднання великої кількості автономних *IT*-систем в однорідний *IT*-ландшафт та управління ними.

Запропонована *IEC SG3* стандартизована модель даних *CIM* та сервіс-орієнтована архітектура (*Service-Oriented Architecture, SOA*) визначають уніфіковану мову моделювання даних (*Unified Modeling Language, UML*) з метою спрощення обміну інформацією між системами та додатками в розподільчих системах і пропонують вигоди для постачальників та виробників не лише електроенергії, а й води та газу

на основі електромагнітної сумісності (*Electromagnetic Compatibility, EMC*) з використанням технології *Plug and Play* (включай і працюй), що надзвичайно актуально для *SC&C*. Концепція *CIM* і *SOA* є відкритою і гнучкою для адаптації технічних та бізнес-процесів в енергетичному ланцюзі й складається з таких пакетів: базові елементи, топологія, генерація, модель навантаження, вимірювання та захист.

Наприклад, у США Північноамериканською радою з питань надійності передбачена *CIM* для обміну даними з електропостачання. Утворення невеликих (ємність яких зазвичай не перевищує 10 МВт) «розумних» та автономних електричних мереж, які об'єднують кілька локальних споживачів і джерел енергії та здатні надійно забезпечувати енергією офісні центри, квартири, промислові об'єкти, а також цілі житлові квартали отримало назву мікромереж (*MicroGrids*). Перевагою таких *MicroGrids* є зниження втрат енергії, ефективність та доступність надійного і якісного енергопостачання, оскільки мікромережеві технології орієнтовані на використання місцевих *RES*, унаслідок чого немає необхідності транспортувати енергію на великі відстані, що й зменшує її втрати. Так, необхідність у впровадженні *MicroGrids* у Нью-Йорку виникла після урагану «Сенді» (жовтень 2012 р.), який спричинив тривалий блекаут в одному з міських округів – Нижньому Манхеттені. Особливістю проекту *Brooklyn MicroGrid* стало використання смарт-контрактів *Ethereum*² і технології блокчейн, що робить процес управління місцевими *RES* більш прозорим та захищеним.

З'являються регіонально об'єднані електронні гроші (біткоїн, енерджікоїн, класичний ефір та ін.). Інвестиційний банк «*Goldman Sachs*» запатентував власну криптовалюту *SETLcoin* з метою регулювання цінних паперів на фінансових ринках з використанням децентралізованої пірінгової (*P2P*) мережі. Бельгійські блокчейн-дослідники розробили також «розумну» енергетичну систему *Scaneergy*, у рамках якої учасники одночасно є і виробниками, і споживачами енергії. Як тільки в учасника мережі з'являється надлишок енергії, він підключається до «розумної» мікромережі й за кожну кіло-

² *Ethereum Classic* – криптовалюта блокчейн децентралізованих додатків на базі смарт-контрактів з відкритим вихідним кодом, яка може виконувати програми на публічних вузлах мережі і використовуватися для оплати обчислень. Валютою визнано т.зв. класичний ефір – *ETC (Classic Ether)*.

ват/годину отримує одиницю внутрішньомережевої валюти *NRGcoin*.

Таким чином, оцифрування та швидкий розвиток інтернет-розрахунків дають можливість промисловості, підприємствам та домашнім господарствам створювати й зберігати електроенергію, а також управляти попитом, забезпечувати споживачів електроенергією навіть у разі надзвичайних ситуацій і раптових відключень та функціонувати паралельно основній мережі. Цільова модель інтелектуальних *MicroGrids* майбутнього з використанням цифрових технологій обробки та передачі даних передбачає мінімальне втручання людини й дозволяє більш ніж удвічі підвищити надійність електропостачання для споживачів та зменшити витрати на експлуатацію більше як на 30 % порівняно із звичайними мережами.

Така геополітична децентралізація призводить до зміни державного ландшафту з єдиним економічним ринком цифрових споживачів, поглиблення публічно-приватного партнерства з превалюванням фінансування територіальних громад, яке отримало назву краудфандинг (*Crowdfunding*). Уже нині новий закон США – *JOBS Act (Jumpstart Our Business Startups Act)* дозволяє стартап-компаніям отримувати до 1 млн дол. США методом краудфандингу. Про наміри тестування та запровадження міжнародної розрахунково-платіжної цифрової одиниці, яка дозволить позбавити світ від валютних воєн, спекуляцій, уникнути перекосів у торгових відносинах, а також знизити волатильність на ринках, свідчить міжнародний досвід США, Японії, Китаю, Казахстану та інших країн.

Для *SC&C* з'єднання розподілених мереж з енергетичними системами та підключення *MicroGrids* є однією з цілей розробки *Smart Grid* і передбачає розробку:

- дизайну стандарту *MicroGrid* (обладнання, схеми захисту та інформаційні системи в *MicroGrid* тощо);
- стандарту управління енергією (регулювання напруги та частоти, стабільність, захист, навантаження, контроль і зв'язок, якість електроенергії, установка й тестування тощо);
- стандарту підключення *MicroGrids* з мережею (режим доступу, режим ізоляції, трансформатор з'єднання, режим заземлення,

запобігання електромагнітним завадам, витривалість напруги та струму, ємність тощо).

У США серія стандартів *IEEE 1547* офіційно підтверджена як одна із перших серій стандартів формування *Smart Grid* щодо з'єднаних розподілених ресурсів з енергетичними системами (*Electric Power Systems, EPS*), а *IEEE 1547.4* є стандартом для з'єднання *MicroGrid*, де особлива роль відведена якості електроенергії щодо електромагнітної сумісності (*Electromagnetic Compatibility, EMC*) (серія стандартів *EN 61000* [12]), стандартних напруг (*IEC 60038*), стандартизованих характеристик електроенергії (*IEC/TR 62510*) та інших параметрів.

Згідно із статистичними даними на будівлі припадає до 40 % від загального енергоспоживання. Для комунальних підприємств у *MicroGrids*, які володіють значним потенціалом для його зниження, важливим є формування системи підключення мереж будинкових площ (*Home Area Network, HAN*) із семантикою, необхідною для сумісності із сегментованою мережею зв'язку на основі широкосмужової мережі (*Wide Area Network, WAN*). Підвищення операційної та ділової ефективності розглядається як ключове сприяння у зростанні кількості комунальних послуг на основі встановлених вимог до стандартних інтерфейсів *DMS* та архітектури мережі. Усі дані, які використовуються для обчислення (імпедансу) або порівняння (диференціації) повинні бути узгодженими в часі, що вимагає, у свою чергу, синхронізації різних джерел даних інтелектуальних електронних пристроїв (*Intelligent Electronic Device, IED*), пов'язаних один з одним. *DER* та місцеві навантаження об'єднані в логічний пристрій електричного підключення до будь-якої електроенергетичної системи (*Electrical Power System, EPS*), де вони взаємопов'язані з енергосистемою комунального господарства. *EPS* між місцевою енергосистемою *DER* та енергосистемою комунальної енергетики описана в стандарті *IEEE 1547* [13] і визначається як точка спільного з'єднання (*Point of Common Connection, PCC*) оператора конфігурації мережі, потужності та способу експлуатації установки, а також інтересу інвестора.

З урахуванням технологічних інновацій у *SC&C* використовується також низка стандартів з регіональними відмінностями щодо: системи автоматизації та управління будівлями (*ISO 16484-5*); архітектури домашньої елект-

ронної системи (*Home Electronic System HES*) згідно із стандартом *ISO/IEC 14543-3*; відкритої передачі даних у автоматизації будівель та побудови домашніх електронних систем (*Home and Building Electronic Systems, HBES*) – серії *EN 13321* та *EN 50090*; систем автоматизації та управління будівництва (*Building Automation and Control Systems, BACS*) тощо.

Як приклад упровадження світового досвіду в галузі інноваційних технологій управління мережевою інфраструктурою в «розумних» будинках (*Smart Home*) існує міжнародний стандарт з відкритим протоколом *KNX*, який отримав всесвітнє визнання та схвалення [14]. Дослідження науковців Інституту з енергетичних систем та систем для управління будівлею при Університеті прикладних наук у м. Біберачу (Німеччина) (*Technische Universität Braunschweig Institut für Energie und Systemverfahrenstechnik*) засвідчили, що застосування систем управління будівлями на основі технології міжнародного стандарту *KNX* дозволяє знизити енергоспоживання до 50 % на основі нових способів підвищення комфорту, безпеки та економії енергії в квартирі чи будинку. Відповідні елементи керування для систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря та холодильних установок визначені за допомогою автоматизованого проектування в протоколі передачі даних стандарту США *ANSI/ASHRAE 135 BACnet* [15].

«Розумний» будинок та автоматизація будівлі в *SC&C* включають домашню автоматику (*HBES*) та системи автоматизації й управління (*BACS*). Відповідно до стандарту *ISO 16484-2* система автоматизації та управління будівлею (*HBES/BACS*) – це система, яка складається з усіх продуктів та послуг, необхідних для автоматичного управління, включаючи логічні функції, управління, моніторинг, оптимізацію, експлуатацію для забезпечення енергоефективності, економічного та надійного функціонування будівель. Окрім того, системною вимогою до *BACS* є оптимізація загальних витрат енергії за рахунок функції оптимізації енергії (для зменшення споживання кВт-год) з урахуванням кращого тарифу на енергію та обмеження договірних відносин за допомогою функції управління навантаженням (для зменшення вартості кВт/год). Таким чином, будівлі стають активними елементами енергетичної *Smart Grid*, оскільки *HBES/BACS* контролює всі технічні установки в будівлі, а також ресурси місцевої енергетичної мережі та з'єднується із *DEMS* через *AMI*, яка виконує функцію шлюзу між

DEMS та *HBES/BACS* щодо перетворення потоків даних між двома системами на синтаксичному рівні. Комунікації та взаємні з'єднання є ключовими для функціонування енергозбереження в рамках *Smart Grid* (включно й *HBES/BACS*), тому для різних форм енергозбереження (енергоощадності) протоколи, моделі даних та моделі семантичної інформації повинні бути доступними для використання потенційних вигод від зберегання енергії.

Порівняно із традиційним поколінням електроенергії (теплова потужність, гідроенергетика, ядерне виробництво тощо) виробництво *RES* (енергія вітру, сонця тощо) є більш невизначеним, тому важливим завданням *Smart Grids* є надання динамічної платформи для вільного та безпечного взаємозв'язку виробництва енергії з *RES*, де *EMC* є обов'язковою умовою для всіх програм та продуктів експлуатації системи *Smart Grid* відповідно до вимог, викладених у стандартах сумісності *EMC 61000-2-2 (LV)* та *61000-2-12 (MB)*. Окрім того, при проектуванні *Smart Grids* (у т. ч. й *MicroGrids*), у яких використовується обладнання в діапазоні частот від 9 кГц до 400 ГГц, користувачі повинні відповідати граничним вимогам щодо радіозавад [16] або вимогам щодо електромагнітної емісії [17], а *IT* обладнання – вимогам емісії завад у житловому та торговому середовищах та у виробничих зонах з малим енергоспоживанням [18], оскільки зазначені стандартні вимоги широко використовуються в мережевих системах для ідентифікації та класифікації постачальниками електроенергії. Нормативно-правові акти таких проектних архітектур вимагають диференційованих підходів до забезпечення безпеки як надійної методології проектування.

В *ISO* та *IEC*, а також інших міжнародних організаціях, які співпрацюють у сферах, що становлять взаємний інтерес із розгортання *Smart Grids* та побудови *SC&C*, створена спеціалізована система стандартизації щодо дотримання вимог принципів Світової організації торгівлі (*World Trade Organization, WTO*), що визначені в Угоді про технічні бар'єри в торгівлі. Існуючі системи, що з'єднуються між собою, створюють системи нового вищого порядку моделювання довгострокового розвитку на інноваційній основі. Саме міжнародний процес стандартизації виступає нині фундаментальною основою для різних технологій розгортання мережевої інфраструктури з урахуванням їх інтеграції та взаємодії з про-

мисловістю SC&C. Упровадження у виробництво новітніх рішень здійснюється виключно за допомогою стандартизації.

Однак в Україні технічне регулювання цифрової мережевої інфраструктури як системи згідно з міжнародними вимогами нині відсутнє, а диференційований підхід щодо забезпечення безпеки мережевої інфраструктури не впорядкований і базується на різній систематизації нормативних документів, сферах діяльності та завданнях. Законодавством України стандартизація не віднесена до ключових факторів, які впливають на створення інтелектуальних інтегрованих інформаційно-керуючих систем SC&C для прийняття рішень і управління.

Широка варіативність існуючих стандартів та нормативно-правових актів може призвести до проблем з їх узгодженістю, застосуванням і реалізацією. Для досягнення максимального мультиплікативного ефекту від створення електроенергетичної системи з інтелектуальною мережею необхідна інтелектуалізація всіх суб'єктів електроенергетики на основі єдиних критеріїв. Об'єднання цих зусиль потрібно розпочати вже зараз із формування єдиного набору стандартів та створення універсальних процесів *Smart Grids*, які б відповідали встановленим сучасним вимогам повнофункціональної електромережі XXI ст. Окрім того, важливим є започаткування діалогу для вирішення технічних питань з урахуванням прав інтелектуальної власності [19] як із вищезазначеними європейськими інституціями, так і з установами та організаціями США, як-от: Федеральна комісія з енергорегулювання (*Federal Energy Regulatory Commission, FERC*), Національна асоціація мережевих компаній (*National Association of Regulatory Utility Commissioners, NARUC*) та ін.

Висновки та напрями подальших досліджень. Проведений аналіз уможливає зробити висновок про потребу активізації розгортання та управління мережевою інфраструктурою із стандартним форматом даних на основі загальної інформаційної моделі та сервіс-орієнтованої архітектури з метою забезпечення уніфікованого способу об'єднання великої кількості автономних IT систем в однорідний IT ландшафт та управління ними.

У зв'язку з цим виникає необхідність політичної волі та системного підходу до законодавчої ініціативи, яка б заохочувала впровадження

стандартизованої технологічної основи *Smart Grid*. З точки зору розгортання мережевої інфраструктури цей підхід повинен містити такі ключові сегменти стандартизації:

- облік енергоресурсів;
- автоматизація розподільних мереж;
- управління та моніторинг стану електро-технічного обладнання;
- автоматизація системи передачі та регулювання перетоків;
- електричні мережі й установки споживачів тощо.

Водночас потребують подальшого наукового дослідження інноваційні технології для різних систем *Smart Grids*, зокрема: автоматизованого обліку та інформаційні системи споживачів; інфраструктури систем зв'язку для енергетичних об'єктів; моніторингу й управління електротехнічним устаткуванням; автоматизації для підвищення надійності та безвідмовності електропостачання; системи управління даними та ін.

Саме цифровий перехід нині визначено як новий формат управління роботою електроенергетичних систем, що забезпечує оптимізацію технологічних та бізнес-процесів для досягнення стійкого стану електроенергетики. Економічний ефект при цьому досягається за рахунок економії енергії відносно теоретичного максимуму, що розраховується як економічний і технічний потенціал підвищення енергоефективності із розширенням можливостей економії, операційної ефективності та повторного використання. Так, відповідно до аналізу, який було проведено в 2016 р. робочою групою з енергоменеджменту (*Energy Management Working Group, EMWG*) та G20, заходи з енергоефективності дозволять накопичити сумарну економію первинної енергії приблизно на 105 екземплярів, заощадити близько 700 млрд дол. США та скоротити викиди парникових газів на рівні 6500 Мт.

Інтенсивні рухи в переході до цифрової трансформації електроенергетики, які здійснюються за активної підтримки держави у Європі, США, Японії, Кореї, залишають Україні дуже вузький часовий простір можливостей для реалізації свого унікального національного проекту в цій сфері, створення відповідних технологічних компетенцій та забезпечення їх глобальної конкурентоспроможності. Зростаюча глобали-

зація енергетичних ринків та прогресивна інтернаціоналізація бізнесу на основі нового покоління інформаційних технологій спричиняють ускладнення управління енергетичною мережевою інфраструктурою, тому виникає необхідність у визначенні оптимальної структури вітчизняної енергетичної мережі та формуванні єдиної цифрової платформи на базі національного проекту. У проміжному звіті Світового економічного форуму щодо *DTI* стверджується, що цифрова трансформація «впродовж наступного десятиліття може забезпечити бізнес та суспільство в сумі 100 трильйонів доларів» [20].

Хоча процес реформування в енергетичній сфері України розпочався з формування законодавчої та нормативно-правової бази, впровадження ринків газу та електроенергії, досягнення цілей Енергетичної стратегії України на період до 2035 року та виконання Плану заходів з реалізації етапу «Реформування енергетичного сектору (до 2020 року)» та ін., однак трансформація від традиційної організації енергосистеми до нових інноваційних технологій та світових практик, які є драйверами технологічних досягнень та сучасних методів і моделей управління великими системами, відбувається вкрай повільно. Нині електроенергетика України перетворилася на стримуючий фактор розвитку економіки, що знижує її конкурентоспроможність, а також ефективність вітчизняного соціально-економічного розвитку. Постійне зростання тарифів на електроенергію та тепlopостачання супроводжується виживанням економічного сектору вітчизняної економіки в умовах неадекватної системи ціноутворення на оптовому ринку електричної енергії. Найголовніше завдання держави полягає в тому, щоб розгорнути вектор ринкових реформ на забезпечення власної енергетичної незалежності та розвитку енергетичної інфраструктури для інтеграції енергетичної системи України у європейський енергетичний простір.

Цей підхід потребує прийняття альтернативної парадигми ринкових відносин та побудови архітектури взаємин між суб'єктами ринків електроенергії та потужності, функціонування і розвитку, що мають бути підпорядковані інтересам споживачів при їх активній мотиваційній поведінці на ринку цифрових енергоресурсів. Це означає, що необхідно якомога швидше, використовуючи всі доступні матеріальні, інтелектуальні й технічні можливості, здійснити перехід від екстенсивного

розвитку енергетики до її інтенсивного розвитку за рахунок засобів і способів її інтелектуалізації та відійти від неефективної, надвитратної системи економічних відносин, у якій практично ігноруються економічні інтереси й законні права споживачів.

У ЄС планування європейських електричних магістралей для забезпечення надійного постачання джерел енергії та загальноєвропейської інтеграції ринків здійснюється відповідно до десятирічних планів розвитку мережі (*Ten-Year Network Development Plan, TYNDP*) згідно із модульним планом довгострокового розвитку загальноєвропейської системи передачі електроенергії з 2020 до 2050 рр. (*e-Highway 2050*). Він запропонований Інформаційною службою досліджень та розвитку громад Європейської Комісії (*Community Research and Development Information Service, CORDIS*). Цей план передбачає єдину методологію реалізації майбутніх сценаріїв «зверху донизу» та локалізації з'єднання енергії в кожному із кластерів, що охоплюють зону *ENTSO-E* та демонструють прогнози стосовно розвитку енергетичної галузі та її користувачів на довгострокову перспективу щодо декарбонізації, а також дають змогу здійснити оцінювання мережі для задоволення найбільш імовірних майбутніх потреб. Так, наприклад, прогнозні сценарії ЄС на 2030 і 2040 рр. (т. зв. «*EUCO27*» та «*EUCO30*») базуються на діяльності системних операторів передачі електроенергії (*Transmission System Operator, TSO*), які моделюють мережі й регламентують:

- стійкий перехід (*Sustainable Transition, ST*) до скорочення викидів CO₂ із заміною вугілля на газ у енергетичному секторі;
- розподілену генерацію (*Distributed Generation, DG*) з упровадженням розумних технологій та пристроїв, таких, наприклад, як гібридні теплові насоси;
- глобальну політику щодо клімату (*Global Climate Action, GCA*), пришвидшення декарбонізації та широкомасштабне впровадження поновлюваних джерел енергії як в електроенергетиці, так і в газових секторах.

Глобальний перехід до економіки з низьким рівнем викидів вуглецю відповідно до європейської стратегії низьких емісій підтримується низкою тенденцій, як-от цифровізація та нові технології, і передбачає скорочення викидів до 2030 р. (у відношенні до показників 2005 р.) для транспорту на 18–19 %, для житло-

вих будівель – на 38–43 %, для промисловості – на 35–37 % та 29–35 % – для секторів, не пов'язаних із CO₂ (в основному сільське господарство та відходи).

Десятирічний план розвитку європейської мережі має на меті завершити інфраструктуру електроенергетики ЄС протягом наступних десятиріч шляхом упровадження проєктів, які є предметом спільної заінтересованості (*Projects of Common Interest, PCIs*).

У Регламенті ЄС щодо керівних принципів транс'європейської енергетичної інфраструктури зазначається, що *PCIs* вибирають із запропонованого списку планових проєктів передачі та зберігання електроенергії «і повинні бути частиною останнього доступного 10-річного плану розвитку мережі для електроенергії, розробленого *ENTSO*». Завершена в лютому 2018 р. карта Європи «Енергетична система – 2040» представляє комплексний аналіз інфраструктури, якої Європа потребуватиме в 2040 р. для підтримки безпечної системи електроенергії в декарбонізованому світі, де визначення потреби енергетичної системи в реальному часі (регулювання напруги та частоти) є одним із найактуальніших питань.

Список використаних джерел

1. Міжнародний пенсійний вісник [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.uaib.com.ua/files/articles/1014/43/newsletter_issue3_march2009_ua.pdf
2. Adoption of a new Regulatory Asset Base continues in the Electric Grid Complex [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.fsk-tts.ru/eng/public-relations/news/elementid=8546>
3. EU and US longer-term Energy (incl Electricity) System Evolution [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.SmartGrids.ch/beag/KeySmartGridsLiterature.html>
4. PRIMES MODEL 2013–2014 Detailed model description E3MLab/ICCS at National Technical University of Athens [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/PRIMES%20Manual/The%20PRIMES%20MODEL%202013-2014.pdf>
5. Previous EU Reference Scenario: Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030/docs/eu_trends_2050_en.pdf
6. Westchester Community Choice Aggregation (CCA) Pilot [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.goodenergy.com/Blog/westchester-community-choice-aggregation-cca-pilot>
7. New York State's Energy Marketplace Heading Into 2016 Q4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cuddyfeder.com/new-york-state-energy-marketplace/#kii7p2Hd0wcfKWd8.99>
8. Public-private-partnership in infrastructure resource center [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/overview/what-are-public-private-partnerships>
9. With energy one of the most critical challenges facing the international community, the revision of ISO 50001 on energy management systems was given a major boost at the recently concluded Clean Energy Ministerial (CEM8), a high-level global forum working to advance clean energy globally [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iso.org/news/ref2193.html>
10. Public Law 110–140–DEC. 19, 2007 ENERGY INDEPENDENCE AND SECURITY ACT OF 2007 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf>
11. Energy Policy Act of 2005 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW109publ58/html/PLAW109publ58.htm>
12. IEC 61000-4-5:2014 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4–5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://webstore.iec.ch/publication/4223>
13. IEEE 1547 “Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1547-2003.html>
14. KNX approved as Chinese standard: GB/Z 20965 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.knx.org/knx-en/newsletters/chinese_standard.php
15. ANSI/ASHRAE 135 BACnet – A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.adp.ru/normativyi-standartyi-i-zakonodatelnyie-aktyi/ansi-ashrae-135.html>
16. CISPR 22:2006. (Ed. 5.2). Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.twirpx.com/file/1251394/>
17. Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Emission requirements CISPR 32:2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/electromagnetic-compatibility_en
18. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6–3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.intertek.com/uploadedFiles/Intertek/Divisions/Commercial_and_Electrical/Media/PDF/EMC_Testing/EMC-Trends.pdf
19. ISO Standards and Patents [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.iso.org/iso-standards-and-patents.html>
20. Smart Grid [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-10/ftp/grid/index.html>

References

1. Mizhnarodnyi pensiinyi visnyk [International Pension Newsletter]. (n. d.). *www.uaib.com.ua*. Retrieved from http://www.uaib.com.ua/files/articles/1014/43/newsletter_issue3_march2009_ua.pdf [in Ukrainian].
2. Adoption of a new Regulatory Asset Base continues in the Electric Grid Complex. (n. d.). *www.fsk-tts.ru*. Retrieved from <https://www.fsk-tts.ru/eng/public-relations/news/elementid=8546> [in English].
3. EU and US longer-term Energy (incl Electricity) System Evolution. (n. d.). *www.smartgrids.ch*. Retrieved from <http://www.smartgrids.ch/beag/KeySmartGridsLiterature.html> [in English].
4. PRIMES MODEL 2013–2014 Detailed model description E3MLab/ICCS at National Technical University of Athens. (n. d.). *www.e3mlab.ntua.gr*. Retrieved from <http://www.e3mlab.ntua.gr/e3mlab/PRIMES%20Manual/The%20PRIMES%20MODEL%202013-2014.pdf> [in English].
5. Previous EU Reference Scenario: Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050. (n. d.). *ec.europa.eu*. Retrieved from https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030/docs/eu_trends_2050_en.pdf [in English].
6. Westchester Community Choice Aggregation (CCA) Pilot. (n. d.). *www.goodenergy.com*. Retrieved from <http://www.goodenergy.com/Blog/westchester-community-choice-aggregation-cca-pilot> [in English].
7. New York State's Energy Marketplace Heading Into 2016 Q4. (n. d.). *www.cuddyfeder.com*. Retrieved from <https://www.cuddyfeder.com/new-york-state-energy-marketplace/#kii7p2Hd0wcfKWd8.99> [in English].
8. Public-private-partnership in infrastructure resource center. (n. d.). *ppp.worldbank.org*. Retrieved from <http://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/overview/what-are-public-private-partnerships> [in English].
9. With energy one of the most critical challenges facing the international community, the revision of ISO 50001 on energy management systems was given a major boost at the recently concluded Clean Energy Ministerial (CEM8), a high-level global forum working to advance clean energy globally. (n. d.). *www.iso.org*. Retrieved from <https://www.iso.org/news/ref2193.html> [in English].
10. Public Law 110-140-DEC. 19, 2007 ENERGY INDEPENDENCE AND SECURITY ACT OF 2007. (n. d.). *www.gpo.gov*. Retrieved from <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf> [in English].
11. Energy Policy Act of 2005. (n. d.). *www.gpo.gov*. Retrieved from <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-109publ58/html/PLAW109publ58.htm> [in English].
12. IEC 61000-4-5:2014 Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4–5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test. (n. d.). *webstore.iec.ch*. Retrieved from <https://webstore.iec.ch/publication/4223> [in English].
13. IEEE 1547 “Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems”. (n. d.). *standards.ieee.org*. Retrieved from <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1547-2003.html> [in English].
14. KNX approved as Chinese standard: GB/Z 20965. (n. d.). *knx.org*. Retrieved from https://www.knx.org/knx-en/newsletters/chinese_standard.php [in English].
15. ANSI/ASHRAE 135 BACnet – A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks. (n. d.). *www.adp.ru*. Retrieved from <http://www.adp.ru/normativyi-standarty-i-zakonodatelnyie-aktyi/ansi-ashrae-135.html> [in English].
16. CISPR 22:2006. (Ed. 5.2). Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement. (n. d.). *www.twirpx.com*. Retrieved from <http://www.twirpx.com/file/1251394/> [in English].
17. Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Emission requirements CISPR 32:2012. (n. d.). *ec.europa.eu*. Retrieved from http://ec.europa.eu/growth/single-market/european-standards/harmonised-standards/electromagnetic-compatibility_en [in English].
18. Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6–3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments. (n. d.). *www.intertek.com*. Retrieved from http://www.intertek.com/uploadedFiles/Intertek/Divisions/Commercial_and_Electrical/Media/PDF/EMC_Testing/EMC-Trends.pdf [in English].
19. ISO Standards and Patents. (n. d.). *www.iso.org*. Retrieved from <https://www.iso.org/iso-standards-and-patents.html> [in English].
20. Smart Grid. (n. d.). *www.cse.wustl.edu*. Retrieved from <http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-10/ftp/grid/index.html> [in English].