

УДК 005:621.311.1

**Ачкасов Ігор Анатолійович**Кандидат технічних наук, доцент кафедри управління проектами, [orcid.org/0000-0002-7049-0530](https://orcid.org/0000-0002-7049-0530)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РИНКІВ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ПОРТФЕЛІВ ПРОЄКТІВ РОЗВИТКУ

***Анотація.** Розглянуто ринок енергопостачання з точки зору втрат та портфелів проєктів розвитку. Запропоновано портфельне управління розвитком систем енергопостачання, яке базується на пріоритетах проєктів максимізації надійності енергопостачання та мінімізації втрат у мережах енергопостачання. Проведені дослідження визначають слабкі місця систем енергопостачання та складають основу пріоритетів у формуванні портфелів проєктів розвитку систем енергопостачання. Досліджено тенденції розвитку систем енергопостачання в Україні. Виокремлено вісім ключових тенденцій, які впливають на формування портфелів проєктів розвитку. Запропоновано перехід до впровадження “розумних” мереж у системах енергопостачання. Досліджено кращу світову практику та ряд Європейських стандартів щодо переходу на “розумні” мережі. Наведено задачу оптимізації портфеля проєктів щодо переходу енергопостачальних компаній на технології “розумних” мереж.*

***Ключові слова:** система енергопостачання; портфель проєктів; тренди розвитку електропостачання; втрати у системі енергопостачання; “розумні мережі”*

### Вступ

Еволюційні зміни суспільно-економічних відносин в світі і Україні відображаються у функціонуванні енергетичного комплексу, в змісті та організації відносин споживачів і виробників енергетичних ресурсів. Забезпечення сталого економічного розвитку всіх галузей України, зокрема електроенергетики, враховуючи потужний енергетичний потенціал країни – головне завдання існуючої системи державного регулювання соціально-економічного регіонального та міського розвитку. Як свідчить світова практика, ринкова економіка обумовлює відмову від централізованого управління електроенергетичною галуззю і реформування існуючої системи державного регулювання постачання споживачам електричної енергії, при цьому першочергового значення набуває економічний аспект цього процесу.

Сучасні тенденції та динаміка розвитку української економіки протягом останніх років визначає ряд негативних факторів, що впливають на розвиток енергетичного комплексу: старіння основних фондів за різкого зниження обсягів інвестицій у розвиток мереж та додаткового обладнання. Наявність істотного протиріччя між втратами у мережах, попитом, що формується споживачами, обсягами використання і цінами на електроенергію визначає актуальність дослідження питання сучасного стану світового та українського ринків енергопостачання, а також стратегії

реформування та розвитку електромереж задля забезпечення якості відповідних послуг і реальними можливостями енергопостачання.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанням розвитку українського ринку енергоресурсів та причин його дисбалансу, аналізу споживання та виробництва енергоресурсів, ролі енергетичних ресурсів у загальному розвитку України присвячені роботи [1 – 4] та інші.

Варто зазначити, що незважаючи на вагомий вклад наведених наукових робіт, залишається недостатньо опрацьованим питання сучасного стану світового та українського ринків енергопостачання, аналіз наявних можливостей задля усунення існуючого енергетичного дисбалансу в Україні.

Основні технології “розумних” мереж з'явилися як результат перших спроб використання електронного управління, вимірювання і моніторингу. У 1980 р. автоматичне зчитування показань лічильників було використано для моніторингу споживання енергії великих клієнтів, а згодом перетворилося в інтелектуальний лічильник 1990-тих рр., який зберігає інформацію про те, як електроенергія використовувалася упродовж дня. Інтелектуальний лічильник знаходиться в безперервному зв'язку з виробником енергії, тобто моніторинг відбувається в режимі реального часу, і

може бути використаний в якості інтерфейсу для пристроїв швидкого реагування на попит і «розумні розетки». Ранні форми управління попитом були пристроями, які пасивно визначали навантаження на енергосистему, контролюючи зміни частоти джерела живлення. Такі пристрої, як промислові та побутові кондиціонери, холодильники та обігрівачі могли коригувати свій робочий цикл, щоб уникнути запуску під час пікового навантаження мережі. Починаючи з 2000 р., італійський проєкт Telegestore першим запровадив велику мережу (27000000) будинків з використанням смарт-лічильників з'єднаних через цифрову мережу і саму лінію електропередачі. В одних випадках були використані технології широкопasmового доступу по лінії електропередачі, в інших – бездротові технології, такі як Mesh-мережі для більш надійного підключення до різних пристроїв у будинку, а також підтримки обліку інших комунальних послуг, таких як газ і вода.

Революція моніторингу та синхронізації глобальних мереж сталася на початку 1990-тих рр., коли американське агентство Bonneville Power Administration розширило дослідження “розумних” мереж датчиками, здатними проводити дуже швидкий аналіз аномалій якості електроенергії в дуже великих географічних масштабах. Кульмінацією цієї роботи стала перша система вимірювань на широких площах (WAMS) в 2000 р.

### Мета статті

Метою дослідження є проведення аналізу ринку енергопостачання в Україні задля визначення стратегії розвитку на основі “розумних” мереж при формуванні портфелів проєктів та програм. У процесі дослідження виконується аналіз особливостей функціонування ринку енергопостачання в провідних країнах світу для запровадження кращої світової практики й оцінки можливостей її застосування в українських умовах.

### Виклад основного матеріалу дослідження

#### Аналіз сучасного стану ринків енергопостачання

Ринок енергопостачання – механізм взаємостосунків виробників електричної і теплової енергії і послуг із забезпечення енергопостачання – з одного боку і споживачів енергії і послуг – з іншого; сфера купівлі-продажу енергії і послуг, здійснюваної його суб'єктами [8].

Енергетична галузь є важливою складовою економіки країни. Реформування в Україні галузі

енергопостачання привело до утворення такого специфічного товару, як електроенергія. Даний товар не володіє такими основними властивостями, як накопичення і можливість задоволення зростаючого попиту запасами. Все це приводить до утворення певного ринку електроенергії, що враховує особливості електроенергії як товару.

Розвиток світової економіки супроводжується рядом особливостей функціонування ринку енергопостачання. Наразі можна спостерігати такі основні тенденції:

Уповільнення темпів зростання пропозиції енергії.

Велика частина і зростаючі обсяги споживання органічного палива.

Розвиток відновлюваних джерел енергії.

Високі темпи зростання енергоспоживання.

Посилення конкуренції за обмежені ресурси.

Зростання обсягів міжнародної торгівлі енергоносіями та розвиток інфраструктурної складової постачань енергоресурсів.

Проблеми забезпечення інвестицій в розвиток енергетичного сектору.

Посилення значення державного регулювання енергопостачання.

Розглянемо кожну з цих тенденцій.

*Перша тенденція.* Уповільнення темпів зростання пропозиції енергії обумовлено відносним скороченням поля докладання зусиль і інвестицій з нарощування виробництва енергоносіїв, вичерпання їх запасів, а також геополітичної напруженості в регіонах, багатих на вуглеводні. Динаміку виробництва електроенергії в Україні за 2010–2015 рр. подано на рис. 1.



Рисунки 1 – Виробництво електроенергії в Україні

За період з 2010 р. до 2015 р. виробництво електроенергії скоротилося майже на 13%. З січня по вересень 2016 р. електростанціями України було вироблено 117,7 млрд кВт год., при цьому темп зниження до відповідного періоду 2015 р. склав 98,8%, переважно за рахунок зниження вироблених обсягів електроенергії атомними та вітровими електростанціями. Енергопостачання світової економіки базується здебільшого на органічних

паливах, також слід враховувати, що у порівнянні із середньосвітовою структурою генерації електроенергії, в країнах Євросоюзу помітно більша частина атомних електростанцій (майже 30%), а також альтернативних джерел енергії – вітру, біомаси та ін. (близько 8%). Найбільша питома вага в обсязі виробництва електроенергії припадає на електроенергію, вироблену тепловими (45%) та атомними електростанціями (49%). При цьому більш ніж 60% усієї виробленої електроенергії припадає на п'ять областей: Запорізька, Донецька, Рівненська, Миколаївська та Хмельницька (рис. 2).

Крім того, аналіз потужності електростанцій у регіональному розрізі та обсягів виробництва свідчить про недовикористання наявного потенціалу у Дніпропетровській та Харківській областях.

*Друга тенденція.* Велика частина і зростаючі обсяги споживання органічного палива. Незважаючи на численні зусилля, структура споживання енергії в світі за останні роки істотно не змінилася. Нафта, як і раніше залишається домінуючим енергоносієм в світовому енергетичному балансі. Крім того, відповідно до світової структури електропостачання близько 50% припадає на вугільні та газові електростанції. Відповідно до структури розподілу джерел енергії, в загальному постачанні первинної енергії для українських електростанцій [9] найбільша питома вага припадає на природний газ (42%), вугілля та торф (28%), а також сиру нафту та нафтопродукти (9%). В цілому газова галузь має найкращі перспективи серед галузей паливної

енергетики. Однак, слід враховувати, що споживання вуглеводнів на сьогодні не має серйозної альтернативи, що створює загрозу їх дефіциту з урахуванням прискореного зростання енергоспоживання.

*Третя тенденція.* Розвиток відновлюваних джерел енергії. Згідно з прогнозом Світової енергетичної ради [10] завдяки переважному розвитку відновлюваної енергетики та зростанню енергоефективності до 2050 р. частина відновлюваної енергетики досягне 50% у виробництві електроенергії (загальне збільшення енергопостачання складе близько 20%). Загалом на сьогодні відновлювані джерела енергії забезпечують близько 19% кінцевого енергоспоживання у світі. При цьому найбільша частина припадає на гідроенергію, також вагомими у світовому електропостачанні є вітроенергія та біомаса, понад 70% яких використовують у своєму виробництві США, Німеччина, Італія, Іспанія, Японія та Індія. Згідно даних енергетичного балансу України за 2014 р. [9], частина ВДЕ у загальному постачанні первинної енергії становить лише 2,6%. При цьому згідно з національним планом дій з відновлюваної енергетики до 2020 р. у 2020 р. планується, що частина ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні складе 11%. Дана тенденція також пов'язана з усвідомленням необхідності впровадження енергоефективних заходів та підвищенням рівня енергобезпеки.

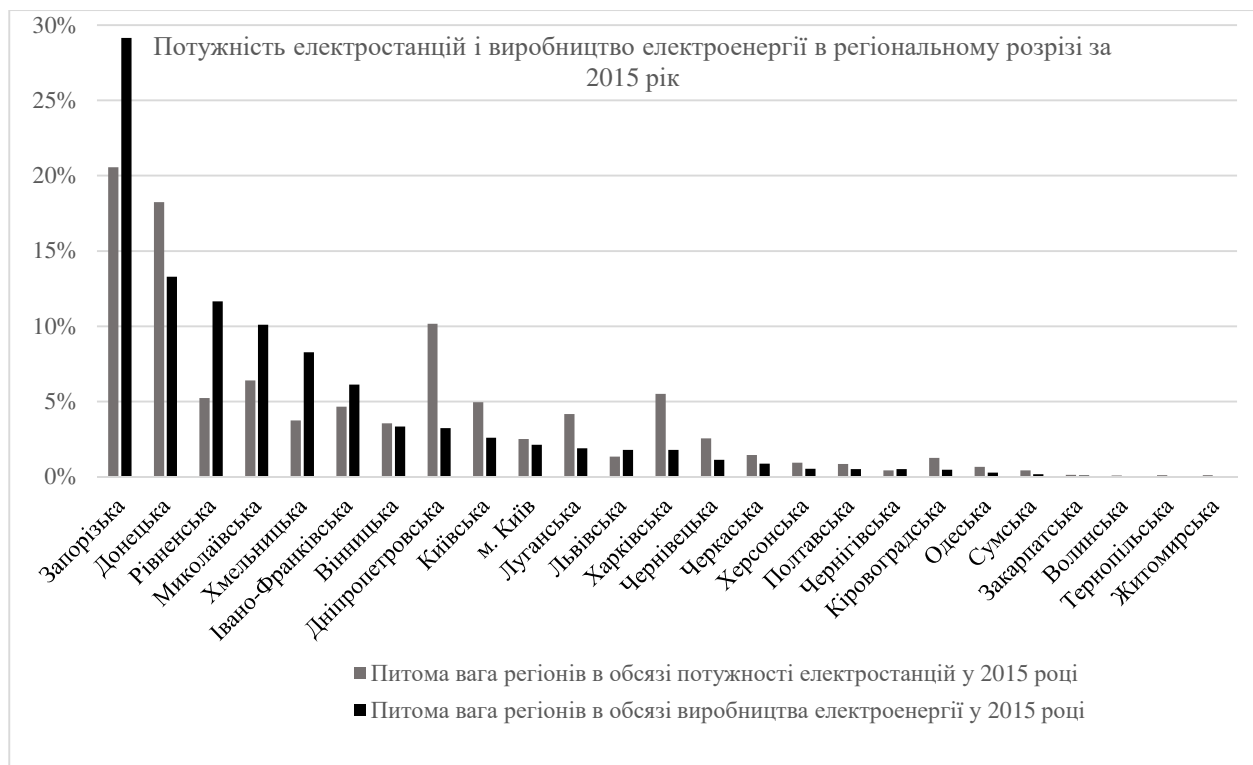


Рисунок 2 – Потужність електростанцій і виробництво електроенергії в Україні в регіональному розрізі

*Четверта тенденція.* Високі темпи зростання енергоспоживання. Згідно з дослідженням Міжнародного енергетичного агентства [11] до 2040 р. споживання енергії в світі виросте приблизно на третину (перш за все завдяки Індії, Китаю, країнам Південно-Східної Азії, Близького Сходу і Африки) за винятком ЄС, де незначне зниження буде відбуватися в зв'язку з пріоритетною політикою щодо розвитку енергоефективних технологій. Збільшення обсягів енергоспоживання в світі пояснюється необхідністю задоволення зростаючих соціально-економічних потреб суспільства.

Поліпшення якості життя населення в країнах світу, що розвиваються, призведе як до абсолютного, так і відносного зростання енергоспоживання, яке в найближчі десятиліття за темпами зростання буде мало поступатися зростанню ВВП. Згідно даних рейтингу країн світу за рівнем споживання електроенергії на душу населення (розраховується як кількість спожитої електричної енергії, вираженої в кіловатах, на одну людину в країні) Україна посідає 56 місце при значенні споживання електроенергії 3550 кВт.год на людину (таблиця). Максимальний рівень споживання має місце в Ісландії і становить понад 51 тисячу кВт.год на людину.

Слід зазначити, що споживання енергії в розрахунку на душу населення істотно відрізняється по країнах. Триваючий економічний ріст азіатських країн, швидке збільшення чисельності їх населення і надзвичайно висока енергоємність національних економік призводять до зростання їх потреби в енергоресурсах. В цілому ж, енергоспоживання на

душу населення залежить від галузевої структури господарства, темпів зростання економіки, приросту чисельності населення, кліматичних умов, технологічного рівня розвитку, структури енергобалансу, рівня автомобілізації населення, ступеня енергоефективності економіки. І якщо розвинуті країни докладають значні фінансові і технологічні зусилля для раціоналізації та стримування темпів зростання свого енергоспоживання, то відстаючі докладають не менші зусилля для розвитку своєї енергетики.

У найближчому майбутньому лінійна залежність між зростанням ВВП і (енергоспоживання може порушитися – енергоспоживання за темпами почне відставати від зростання ВВП) переважно в результаті енергозбереження, при чому не тільки в промислових розвинених країнах Заходу, але поступово і в країнах, що розвиваються, в тому числі і Україні.

*П'ята тенденція.* Посилення конкуренції за обмежені енергоресурси. Світова нерівномірність розподілу паливно-енергетичних ресурсів безпосередньо впливає на суспільне життя людини. Наявні фактори міжнародного політичного характеру, спільних та суперечливих інтересів країн, окремих агентів економічного життя ілюструє тенденцію до зростання глобальної взаємозалежності в сучасному світі. Суспільно-політичні процеси, рішення органів виконавчої влади на рівні окремих країн і регіонів безпосередньо впливають на стан світового ринку енергопостачання, на особливості та парадигму міжнародного розвитку.

*Таблиця – Рейтинг країн світу за рівнем споживання електроенергії та валового національного доходу на душу населення*

Назва країни	Рейтинг країн світу за рівнем споживання електроенергії [12]		Рейтинг країн світу за рівнем валового національного доходу на душу населення [13]	
	Місце з 135	Споживання (кВт.год на чол.)	Місце з 187	Дохід (\$)
Ісландія	1	51439.909	18	46 350
Норвегія	2	25175.221	2	103 630
Кувейт	3	18319.660	15	49 300
Люксембург	4	16833.908	6	75 990
Фінляндія	5	16482.789	16	48 420
Канада	6	15137.424	13	51 630
США	9	13393.901	10	55 200
Японія	16	8394.124	24	42 000
Франція	22	7728.553	23	42 960
Німеччина	23	7215.421	17	47 640
Росія	28	6430.623	57	13 220
Великобританія	36	5733.136	22	43 430
Казахстан	43	4727.602	60	11 850
Білорусь	55	3563.857	81	7 340
Україна	56	3549.848	118	3 560
Грузія	79	1742.948	116	3 560

*Шоста тенденція.* Зростання обсягів міжнародної торгівлі енергоносіями та розвиток інфраструктурної складової постачань енергоресурсів. Світовий ринок енергопостачання знаходиться на етапі якісних змін: він стає інтегрованим і глобальним. Зростання міжнародної торгівлі енергоносіями вимагає ефективного розвитку інфраструктури, однак існує низка складнощів:

- зростання капіталомісткості інфраструктурних проєктів;
- окремі шляхи транспортування досягли межі пропускної здатності;
- збільшення числа транзитних країн і транзитних конфліктів призводить до необхідності регулювання взаємовідносин між постачальниками і транзитерами;
- віддаленість видобувних регіонів від ринків збуту потребує спорудження все більш протяжних, а отже дорожчих трубопроводів.

*Сьома тенденція.* Проблеми забезпечення інвестицій в розвиток енергетичного сектору. Україна є державою з недостатнім забезпеченням власними енергоресурсами, а отже потребує пошуку ефективних методів для їх збільшення. Сталий розвиток системи енергопостачання потребує значних інвестиційних ресурсів, як наслідок – сьогодні в Україні відсутні формальні критерії оцінки ефективності регулювання ринку енергопостачання і цілеспрямована робота щодо систематичного проведення таких оцінок на місцевому та регіональному рівнях.

*Восьма тенденція.* Посилення значення державного регулювання енергопостачання. Закономірність розвитку системи державного регулювання ринку енергопостачання полягає в досягненні високого рівня розвитку ринку енергопостачання в Україні, що стає можливим при поєднанні економічної ефективності комплексу електроенергетики, соціальної справедливості інтересів виробників і споживачів енергії, екологічної і технологічної безпеки функціонування суб'єктів ринку енергопостачання, а також створення умов для реалізації процесів реформування галузі.

Зарубіжний досвід реформування ринків енергопостачання може бути адаптований до українських реалій за умови, що дана галузь стане фінансово стійкою, економічно ефективною та динамічно розвиненою, буде відповідати екологічним стандартам, оснащена передовими технологіями і висококваліфікованими кадрами. Для довгострокового стабільного забезпечення економіки і населення країни всіма видами енергії необхідна науково обґрунтована довгострокова енергетична політика, що буде відповідати очікуванням суспільства і інститутам державної

влади. Відповідати вимогам нового часу може тільки енергетична політика, метою якої стане максимально ефективне використання природних паливно-енергетичних ресурсів і потенціалу енергетичного сектору для зростання економіки і підвищення якості життя населення країни.

З метою усунення існуючого дисбалансу на українському ринку енергопостачання можуть бути запропоновані наступні рекомендації:

- удосконалення державного управління енергетичним сектором економіки шляхом лібералізації ринку енергопостачання;
- державна підтримка науково-дослідних розробок, що пов'язані з енергоефективністю, використанням відновлюваних видів енергії;
- зменшення частини енергомістких галузей економіки у ВВП та заміна їх на наукомісткі;
- використання відновлюваних джерел енергії;
- розроблення дієвих механізмів залучення приватних інвестицій в енергетичний сектор України;
- удосконалення інфраструктурної складової ринку. Розширення обсягів транспортування енергоресурсів завдяки географічному та геополітичному положенню України;
- модернізація українських систем енергопостачання згідно з міжнародними стандартами та розроблення стратегії розвитку міжнародного співробітництва, пошук потенційних партнерів щодо постачання енергоресурсів.

#### **Принципи формування портфелів проєктів та програм розвитку систем енергопостачання на основі Smart Grid**

На думку Європейської Комісії, що займається питаннями розвитку технологічної платформи в області енергетики, Smart Grid можна описати такими аспектами функціонування:

1. *Гнучкість.* Мережа повинна підлаштовуватися під потреби споживачів електроенергії.

2. *Доступність.* Мережа повинна бути доступна для нових користувачів, причому в якості нових підключень до глобальної мережі можуть виступати призначені для користувача генеруючі джерела, в тому числі BEI з нульовим або зниженим викидом CO<sub>2</sub>.

3. *Надійність.* Мережа повинна гарантувати захищеність і якість постачання електроенергії відповідно до вимог цифрового століття.

4. *Економічність.* Найбільшу цінність мають представляти інноваційні технології в побудові Smart Grid спільно з ефективним управлінням і регулюванням функціонування мережі.

Визначимо *принципи формування портфеля* проектів Smart Grid, які відповідають міжнародним стандартам:

- а) розгляд позитивних і негативних вигод для організації;
- б) оцінка позитивного або негативного впливу на організацію як внутрішнього, так і зовнішнього;
- с) готовність до реалізації.

При цьому враховуються можливості та обмеження при формуванні портфеля. Можливості портфеля – це здатність організації використовувати ресурси для досягнення стратегічних цілей. Обмеження портфеля може утримувати портфель від досягнення уявних стратегічних цілей або бути причиною для змін стратегічних цілей.

Принципи, що стосуються *впровадження проектів портфеля*, визначаються так:

- а) обрані компоненти портфеля підтримують організацію в досягненні своїх стратегічних цілей і в отриманні конкретних вигод;
- б) доступний метод оцінки, в якій мірі портфель знаходиться у відповідності з допустимими ризиками та можливостями;
- с) підтримується збалансованість портфелю;
- д) для оцінки і узгодження сукупності компонентів портфеля використовується структурований і послідовний метод в;
- е) у менеджера портфеля проектів існує можливість порівняння портфельних компонентів різних типів.

Перехід до технологій розумних мереж пов'язано із запровадженням стандартів обміну даними приладів обліку. Прикладом однієї з перших успішних спроб стандартизації інформаційного обміну для промислових контролерів є протокол ModBus, розроблений компанією Modicon в 1979 р. На сьогодні протокол існує в трьох варіантах: ModBus ASCII, ModBus RTU і ModBus TCP; його розвитком займається некомерційна організація ModBus-IDA. Незважаючи на те, що ModBus належить до протоколів прикладного рівня мережевої моделі OSI і регламентує функції читання і запису реєстрів, відповідність реєстрів типам вимірювань і вимірювальним каналам не регламентовано. На практиці це призводить до несумісності протоколів лічильників різних типів, навіть одного виробника, і необхідності підтримки великої кількості протоколів і їх модифікацій вбудованим програмним забезпеченням (при дворівневій моделі опитування – ПО сервера збору) з обмеженою можливістю повторного використання програмного коду. З огляду на вибіркоче застосування стандартів виробниками (використання нерегламентованих алгоритмів підрахунку контрольної суми, зміна порядку проходження байтів і т.п.), ситуація ускладнюється ще більше. На

сьогодні факт того, що ModBus не здатний вирішити проблему протокольної роз'єднаності вимірювального і контрольного обладнання для енергосистем, очевидний. Специфікація DLMS / COSEM (Device Language Message Specification), розроблена Асоціацією користувачів DLMS (DLMS User Association) переросла в сімейство стандартів IEC 62056. Вона покликана забезпечити, як зазначено на офіційному сайті асоціації, "інтероперабельність для структурного моделювання та обміну даними з лічильником". Специфікація розділяє логічну модель і фізичне уявлення вимірювального обладнання, а також визначає найважливіші концепції (реєстр, профіль, розклад і т.п.) і операції над ними. Основним є стандарт IEC 62056-21, який замінив другу редакцію IEC 61107.

Незважаючи на більш детальне, порівняно з ModBus, опрацювання моделі представлення пристрою і його функціонування, проблема повноти і "чистоти" реалізації стандарту, на жаль, збереглася. На практиці опитування лічильника із заявленою підтримкою DLMS одного виробника програмою опитування іншого виробника або обмежений основними параметрами, або просто неможливий.

Слід зазначити, що специфікація DLMS, на відміну від протоколу ModBus, виявилася вкрай непопулярною серед вітчизняних виробників приладів обліку, насамперед через більшу складність протоколу, а також додаткових накладних витрат на установку з'єднання та отримання конфігурації пристрою.

Повнота підтримки наявних стандартів виробниками вимірювального і контрольного обладнання недостатня для подолання внутрісистемної інформаційної роз'єднаності. Заявлена виробником підтримка того чи іншого стандартизованого протоколу, як правило, не означає повну його підтримку і відсутність привнесених змін.

#### **Запровадження портфельного управління у розвитку енергетичних мереж**

Оптимізаційна модель дозволяє з декількох альтернативних варіантів вибрати найкращий варіант за будь-яким критерієм. Математична модель оптимізаційної задачі переходу компаній до "розумних" мереж містить цільову функцію, обмеження та граничні умови [14].

Цільова функція виражає критерій оптимальності, у якості якого найчастіше береться економічний критерій, що являє собою мінімум витрат (фінансових, енергетичних, сировинних, трудових) на реалізацію поставленої задачі. В електроенергетиці залежно від умов задачі можуть прийматися і інші критерії оптимальності, а саме: а) критерій надійності електропостачання; б) критерій якості електроенергії; в) критерій

найменшої негативної дії на навколишнє середовище (екологічний критерій).

Оптимізаційну задачу формування портфеля проектів при переході до технологій “розумних” мереж можна сформулювати в загальному вигляді: знайти змінні  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , що задовольняють системі нерівностей (рівнянь)

$$\varphi_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

і звертають в максимум цінності (або мінімум втрат) цільову функцію щодо формування портфеля проектів розвитку електромереж, тобто

$$Z = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \rightarrow \max(\min).$$

Вирішивши подібну задачу формування портфеля проектів необхідно зробити можливим безперервне узгодження портфеля з готовністю організації до ризику і ресурсними можливостями. Менеджер портфеля повинен:

а) визначати рівень готовності організації до ризику;

б) оцінювати наскільки портфель узгоджений з демонстрованим рівнем готовності до ризику;

в) узгоджувати ризик портфеля з готовністю організації до ризику;

г) підтримувати узгодженість накопиченого ризику портфеля зі значенням, отриманим з успішного досягнення стратегічних цілей;

е) визначати, що існує достатній обсяг ресурсів для управління портфелем в межах рівня готовності до ризику.

У результаті дослідження визначено, що на основі розробленого ГІС проекту встановлені суттєві втрати електроенергії від 15,89 до 19,53% (червоний) у Закарпатській та Чернівецькій області. Значні

втрати електроенергії спостерігаються у Львівській, Житомирській, Вінницькій, Одеській, Хмельницькій, Херсонській, Автономній Республіці Крим, Київській, Чернігівській областях, де втрати варіюються від 13,11 до 15,88%. Помірні втрати електроенергії визначають функціонування Івано-Франківської, Тернопільської, Рівненської, Луцької, Черкаської, Миколаївської, Сумської, Харківської областей (рис. 3).

На низькому рівні втрати електроенергії спостерігаються у Запорізькій, Кіровоградській, Луганській, Донецькій областях. Найнижчі втрати характеризують функціонування Дніпропетровської області на рівні 3,96%.

### Підсумки дослідження

Отже, у більшості областей України спостерігаються значні або суттєві втрати електроенергії, що негативно впливає на енергозабезпечення держави. Тому, запропоновано дії щодо зростання ефективності енергозабезпечення та зниження втрат електроенергії:

– оптимізація експлуатації електричних мереж;

– реалізація напрямів з будівництва, реконструкції, технічного переозброєння і розвитку електричних мереж, введення в роботу енергозберігаючого обладнання;

– вдосконалення розрахункового і технічного обліку, метрологічного забезпечення вимірювань електроенергії;

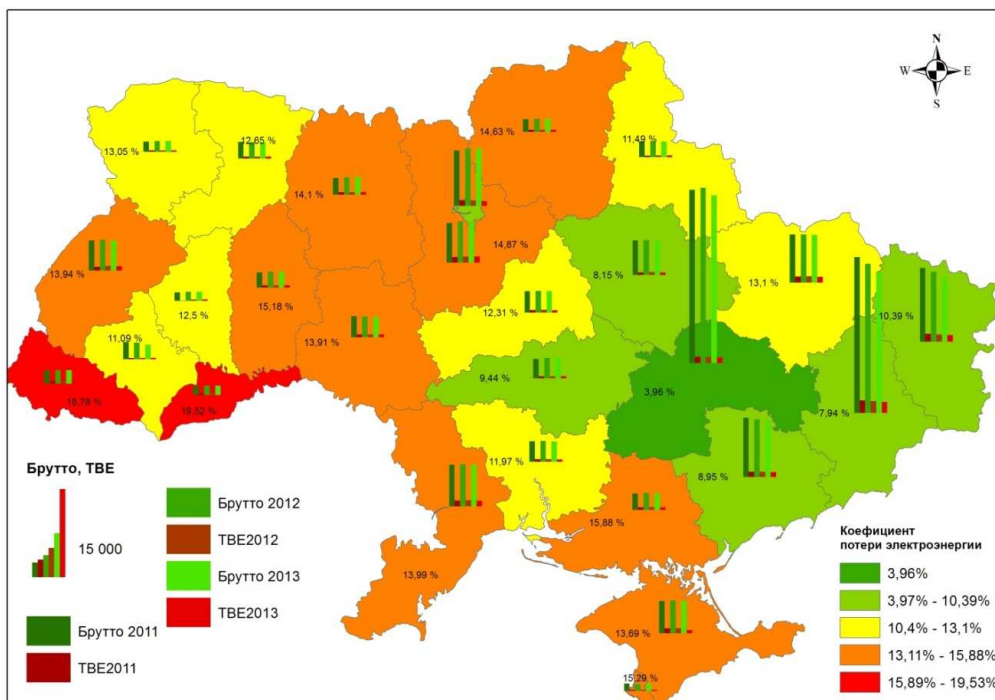


Рисунок 3 – Геоінформаційна карта втрат у електромережах України



- реалізація обґрунтованої тарифної політики;
- диверсифікація постачання енергетичних ресурсів;
- зниження втрат та крадіжок електроенергії;
- зростання кваліфікації та ефективності використання персоналу;
- застосування сучасних технологій для виробництва та транспортування електроенергії.

Крім того, для забезпечення перспектив подальших досліджень запропоновано використовувати геоінформаційне моделювання для реалізації проектів у сфері побудови “розумних” мереж енергопостачання, та енергозбереження та забезпечення енергоефективності.

Поетапне впровадження Європейських стандартів здатне скоротити витрати як на розробку технічних рішень, так і на їх впровадження за рахунок подолання несумісності і спрощення інтеграційних механізмів. В якості першого етапу допустимо використання на рівні електричних підстанцій апаратно-програмних шлюзів зі зведенням протокольної різноманітності приладів обліку і автоматики до одного зі стандартних протоколів з обов'язковим дотриманням вимог до темпу поставки і повноті інформації, що подається.

### Висновки та подальші дослідження

У роботі на теоретичному та методичному рівнях розкрито важливе для економіки України питання ефективного функціонування ринку енергопостачання. Енергетична галузь – важлива складова економіки України, що забезпечує економічний розвиток. На сучасному етапі розвитку енергетичної галузі першочерговим є завдання її

відновлення, що потребує застосування комплексного підходу. Енергоресурси відіграють визначальну роль у розвитку світового суспільства, тому надзвичайно актуальним є планування енергопостачання та використання енергоресурсів. Сучасний ринок енергопостачання характеризується прискореним економічним розвитком країн світу, нерівномірним розподілом енергоресурсів, дисбалансом їх виробництва та споживання, значним енергетичним навантаженням на природу. Серед основних недоліків розвитку українського ринку енергопостачання варто відзначити обмеженість у власних енергоресурсах; відсутність джерел для виробництва енергії; незадовільний технічний стан інфраструктури галузі, в тому числі систем транспортування енергетичних продуктів.

Визначена одна з математичних моделей формування портфеля проектів розвитку електромереж, яка дозволяє формувати портфель проектів на основі максимізації цінності або зниження втрат при переході до “розумних” мереж.

Виконання запропонованих у роботі рекомендацій щодо вдосконалення енергопостачання сприятиме створенню умов сталого розвитку економіки України, підвищенню ефективності використання енергоресурсів, а також забезпечить високий рівень економічної безпеки України.

Процес передачі електроенергії від виробника до споживача супроводжується втратами, однією з найпоширеніших проблем в енергетичній галузі є високі втрати енергії у процесі постачання, тому актуальними для подальших досліджень є питання обліку електричної енергії на кожному етапі її перерозподілу, аналіз логістичних потоків в енергопостачанні.

### Список літератури

1. Коробко Б. Концепція довгострокового розвитку паливно-енергетичного комплексу України / Б. Коробко // *Розбудова держави*. – 1998. – № 11 – 12. – С. 89-99.
2. Мельничук Л. Паливно-енергетичний комплекс України / Л. Мельничук // *Колега*. – 2009. – № 4-5. – С. 2 – 9
3. Пендзин О. Аналіз сучасного стану паливно-енергетичного комплексу України / О. Пендзин // *Євроатлантикінформ*. – 2006. – № 2. – С. 17-26.
4. Семенов Г. Трансформація економіки та енергетичний потенціал України в період кризи / Г. Семенов // *Економіка. Фінанси. Право*. – 2000. – № 1. – С. 3-7.
5. Cameron L., Cramton P. The role of the ISO in U.S. Electricity Markets: A Review of restructuring in California and PJM. *Electricity Journal*, 1999, 12 (3): P. 71 – 81.
6. Green R., Newbery D. Competition in the British electricity spot market. *Journal of Political Economy*, 1992, 100 (5). P. 929 – 953.
7. Pollitt, M. *Electricity Reform in Chile [Electronic resource]: Lessons for Developing Countries* / M. Pollitt; Massachusetts Institute of Technology; Center for Energy and Environmental Policy Research; A Joint Center of Department of Economics; Laboratory for Energy and the Environment; Sloan School of Management. – Massachusetts: MIT, 2004. – 42 p.
8. Амоша А.И. Развитие угольной промышленности в контексте энергетической стратегии Украины / А.И. Амоша, Ю.П. Яценко, А.И. Чиликин и др. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2002. – 238 с.
9. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>



10. *World Energy Scenarios. Composing energy futures to 2050. Prepared by World Energy Council, 2013. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.worldenergy.org/publications/2013/world-energy-scenarios-composing-energy-futures-to-2050\\_Full-report.pdf](https://www.worldenergy.org/publications/2013/world-energy-scenarios-composing-energy-futures-to-2050_Full-report.pdf).*

11. *World Energy Outlook 2015 (WEO-2015) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.worldenergyoutlook.org/weo2015/>*

12. *Рейтинг стран мира по уровню потребления электроэнергии // Центр гуманитарных технологий, 2006–2016 (последняя редакция: 30.10.2016). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gtmarket.ru/ratings/electric-power-consumption/info>*

13. *Рейтинг стран мира по уровню валового национального дохода на душу населения. // Центр гуманитарных технологий, 2006 – 2016 (последняя редакция: 30.10.2016). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gtmarket.ru/ratings/rating-countries-gni/rating-countries-gni-info>*

14. *Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики. – Львів: Вища школа, 1989. – 464 с.*

15. *Ачкасов І.А. Ентропійні моделі оцінки рівня спостережуваності споживачів в електричних мережах при формуванні портфелів проектів зниження втрат [Текст] / І.А. Ачкасов // Управління розвитком складних систем. – 2017. – № 29. – С. 6 – 11.*

16. *Ачкасов І.А. Аналіз непродуктивних втрат в електричних мережах та вплив на них [Текст] / І.А. Ачкасов // Управління розвитком складних систем. – 2017. – № 30. – С. 26 – 30.*

17. *Ачкасов І.А. Управление портфелем проектов уменьшения технологических потерь электроэнергии в энергоснабжающей компании [Текст] / И.А. Ачкасов // Управление развитием сложных систем. – 2017. – № 31. – С. 13 – 19.*

Стаття надійшла до редколегії 03.10.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.Д. Бушуєв, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

#### **Ачкасов Игорь Анатольевич**

Кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры управления проектами, [orcid.org/0000-0002-7049-0530](https://orcid.org/0000-0002-7049-0530)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

### **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РЫНКОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЕЙ ПРОЕКТОВ РАЗВИТИЯ**

**Аннотация.** Рассмотрен рынок энергоснабжения с точки зрения потерь и портфелей проектов развития. Предложено портфельное управление развитием систем энергоснабжения, основанное на приоритетах проектов максимизации надежности энергоснабжения и минимизации потерь в сетях энергоснабжения. Проведенные исследования определяют слабые места систем энергоснабжения и составляют основу приоритетов в формировании портфелей проектов развития систем энергоснабжения. Исследованы тенденции развития систем энергоснабжения в Украине. Выделены восемь ключевых тенденций, влияющих на формирование портфелей проектов развития. Предложен переход к внедрению «умных» сетей в системах энергоснабжения. Исследована лучшая мировая практика и ряд Европейских стандартов перехода на «умные» сети. Приведена задача оптимизации портфеля проектов по переходу энергоснабжающих компаний на технологии «умных» сетей.

**Ключевые слова:** система энергоснабжения; портфель проектов; тренды развития электроснабжения; потери в системе энергоснабжения; «умные сети»

#### **Achkasov Igor Anatolievich**

PhD, Associate professor of the project management department, [orcid.org/0000-0002-7049-0530](https://orcid.org/0000-0002-7049-0530)

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

### **ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF ENERGY SUPPLY MARKETS AND FORMATION OF PORTFOLIOS OF DEVELOPMENT PROJECTS**

**Abstract.** The energy supply market in terms of losses and portfolios of development projects is considered. The portfolio management of the development of energy supply systems based on the priorities of projects to maximize the reliability of energy supply and minimize losses in energy supply networks is proposed. The conducted researches define weak points of power supply systems and make a basis of priorities in formation of portfolios of projects of development of power supply systems. The tendencies of development of power supply systems in Ukraine are investigated. Eight key trends have been identified that affect the formation of portfolios of development projects. The transition to the introduction of "smart" networks in energy supply systems is proposed. The best world practice and a number of European standards of transition to "smart" networks were studied. The task is to optimize the portfolio of projects for the transition of power supply companies to smart grid technologies.

**Key words:** power supply system; portfolio of projects; trends in the development of electricity supply; losses in the power supply system; "smart networks"

## References

1. Korobko, B. (1998). *Concept of long-term development of fuel and energy complex of Ukraine. State building*, 11-12, 89-99.
2. Mel'ny`chuk, L. (2009). *Fuel and energy complex of Ukraine. Colleague*, 4-5, 2-9.
3. Pendzy`n, O. (2006). *An analysis of the current state of the fuel and energy complex of Ukraine. Euroatlanticinform*, 2, 17-26.
4. Semenov, G. (2000). *Transformation of economy and energy potential of Ukraine during the crisis. Economy. Finances. Right*, 1, 3-7.
5. Cameron, L., Cramton, P. (1999). *The role of the ISO in U.S. Electricity Markets: A Review of restructuring in California and PJM. Electricity Journal*, 12 (3), 71-81.
6. Green, R., Newbery, D. (1992). *Competition in the British electricity spot market. Journal of Political Economy*, 100 (5), 929-953.
7. Pollitt, M. (2004). *Electricity Reform in Chile [Electronic resource]: Lessons for Developing Countries / M. Pollitt; Massachusetts Institute of Technology; Center for Energy and Environmental Policy Research; A Joint Center of Department of Economics; Laboratory for Energy and the Environment; Sloan School of Management. Massachusetts: MIT*, 42.
8. Amosha, A.I., Yaschenko, Yu.P., Chilikin, A.I. and etc. (2002). *Development of the coal industry in the context of Ukraine's energy strategy. Donetsk: IEP NAN of Ukraine*, 238.
9. *The State Statistics Service of Ukraine [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.*
10. *World Energy Scenarios. Composing energy futures to 2050. Prepared by World Energy Council, 2013. [Електронний ресурс]. – Access mode: [https://www.worldenergy.org/publications/2013/world-energy-scenarios-composing-energy-futures-to-2050\\_Full-report.pdf](https://www.worldenergy.org/publications/2013/world-energy-scenarios-composing-energy-futures-to-2050_Full-report.pdf).*
11. *World Energy Outlook 2015 (WEO-2015) [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.worldenergyoutlook.org/weo2015/>*
12. *Rating of countries in the world in terms of electricity consumption. Center for Humanitarian Technologies, 2006 – 2016 (last revised: 30.10.2016). [Electronic resource]. – Access mode: <http://gtmarket.ru/ratings/electric-power-consumption/info>*
13. *Rating of countries in the world by the level of gross national income per capita. Center for Humanitarian Technologies, 2006 – 2016 (last revised: 30.10.2016). [Electronic resource]. – Access mode: <http://gtmarket.ru/ratings/rating-countries-gni/rating-countries-gni-info>*
14. Perxach, V.S. (1989). *Mathematical problems of electric power. Lviv: Higher school*, 464.
15. Achkasov, I.A. (2016). *Entropy model observability consumer assessment in electric networks in the formation of portfolio losses reduction projects. Management of Development of Complex Systems*, 29, 6-11.
16. Achkasov, I.A. (2016). *Analysis unproductive losses in electric networks and the impact on them. Management of Development of Complex Systems*, 30, 26-30.
17. Achkasov, I.A. (2017). *Portfolio management projects decreasing technological loss of electricity in energy supply company. Management of Development of Complex Systems*, 31, 13-19.

## Ссылка на публикацию

- APA Achkasov, I.A. (2018). *Analysis of the current state of energy supply markets and formation of portfolios of development projects. Management of Development of Complex Systems*, 33, 6-15.
- ДСТУ Ачкасов І.А. Аналіз сучасного стану ринків енергопостачання та формування портфелів проектів розвитку [Текст] / І.А. Ачкасов // *Управління розвитком складних систем*. – 2018. – № 33. – С. 6 – 15.