

УДК 005.3:0048:620.9(477)

DOI: 10.35432/tisb332025330148

Сергій Бугазіянус*аспірант кафедри менеджменту, фінансів і бізнес-технологій**Навчально-наукового інституту публічної служби та управління**Національного університету «Одеська політехніка»**<https://orcid.org/0009-0009-3324-4697>**e-mail: zeo.sergey@stud.op.edu.ua*

SMART GRID АНАЛІЗ ТА ЙОГО МОЖЛИВОСТІ У СТВОРЕННІ СУЧАСНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПРАВОВИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

Актуальні проблеми запровадження та майбутні перспективи формування національної системи енергетичної безпеки в Україні відкривають значний спектр викликів, що ставлять під сумнів ефективність її функціонування. До цих структурних проблем додаються обмеження, пов'язані з фінансово-ресурсною недостатністю й дефіцитом технологічних можливостей, що стримують прогрес у сфері енергетичної безпеки. Окрім згаданих внутрішніх факторів, значний тиск на українську енергетичну безпеку чинять зовнішні геополітичні впливи та вразливість критичної інфраструктури до сучасних загроз, включаючи кібератаки та фізичні пошкодження. Ефективна відповідь на ці виклики вимагає не лише внутрішніх перетворень, але й посилення міжнародної співпраці та інтеграції до європейських енергетичних структур. Для подолання зазначених викликів необхідно сконцентрувати зусилля на досягненні політичного консенсусу, посиленні інституційної стабільності та раціональному мобілізуванні наявних ресурсів. Досягнення політичного консенсусу передбачає вироблення єдиної державної стратегії енергетичної безпеки, яка б підтримувалася усіма гілками влади та політичними силами. Посилення інституційної стабільності, своєю чергою, вимагає вдосконалення законодавчої бази та чіткого розподілу функцій між відповідальними органами. Незважаючи на згадані перешкоди, оптимістичний прогноз залишається актуальним, оскільки Україна демонструє потенціал досягнення енергетичної незалежності, стійкості та довгострокового розвитку у зазначеній сфері. Забезпечення енергетичної безпеки набуває ключового значення для національного прогресу, особливо з огляду на геополітичне положення України як однієї з найбільших держав Європи, яка стикається із масштабними викликами у цьому напрямі. У даному дослідженні розглянуто концептуалізацію SMART GRID аналізу для створення та трансформування організаційно-правових механізмів існуючих у Україні крізь призму можливостей публічного адміністрування. Основною метою формулювання цього процесу є створення ефективної, стійкої системи, що допоможе забезпечити належний рівень енергетичної безпеки країни. У цьому контексті пропонувані механізми мають враховувати три ключові аспекти: ідентифікацію основних загроз і ризиків, формування багаторівневої системи управління та залучення громадянського суспільства до процесів реалізації стратегічних завдань.

Ключові слова: публічні механізми, енергетична безпека, SMART GRID аналіз, відновлювальні джерела, національна безпека, міжнародне співробітництво, організаційно-правові механізми, штучний інтелект, Україна, модернізація енергетичних мереж, інноваційні технології.

Serhiy Bugazianus*PhD student of the Department of Management, Finance, and Business Technology**ESI of Public Service and Administration, Odesa Polytechnic National University**<https://orcid.org/0009-0009-3324-4697>**e-mail: zeo.sergey@stud.op.edu.ua*

SMART GRID ANALYSIS AND ITS CAPABILITIES FOR CREATING MODERN ORGANIZATIONAL AND LEGAL MECHANISMS FOR THE ENERGY SECURITY SYSTEM OF UKRAINE

Current problems of implementation and future prospects for the formation of a national energy security system in Ukraine open up a significant range of challenges that call into question the effectiveness of its functioning. These structural problems are compounded by limitations related to financial and resource insufficiency and the lack of technological capabilities that hinder progress in the field of energy security. The ongoing geopolitical tensions and military aggression against Ukraine further underscore the critical need to enhance the resilience and autonomy of its energy infrastructure against external disruption and hybrid threats. Addressing these vulnerabilities is paramount for maintaining not only economic stability but also social cohesion and national defense capabilities. To overcome these challenges, it is necessary to focus efforts on achieving political consensus, strengthening institutional stability and rational mobilization of available resources. Despite the aforementioned obstacles, the optimistic forecast remains relevant, since Ukraine demonstrates the potential to achieve energy independence, sustainability and long-term development in this area. The importance of ensuring energy security is of key importance for national progress, especially given the geopolitical position of Ukraine as one of the largest countries in Europe, which faces large-scale challenges in this area. This study considers the conceptualization of SMART GRID analysis for the creation and transformation of organizational and legal mechanisms existing in Ukraine through the prism of public administration capabilities. The main goal of formulating this process is to create an effective, sustainable system that will help ensure the proper level of energy security of the country. In this context, the proposed mechanisms should take into account three key aspects: identification of the main threats and risks, formation of a multi-level management system and involvement of civil society in the processes of implementing strategic objectives.

The main objective of the article is to identify key problems in the field of energy security and develop effective methods for their solution using SMART GRID analysis in the context of public administration. The issue of ensuring sustainable development, energy independence and financial sustainability is currently gaining critical importance for both Ukraine and other states. The article focuses on the prospects for the development and implementation of SMART GRID analysis technologies, which can be extremely important for strengthening Ukraine's energy security in the face of modern challenges. Growing requirements for the stability and efficiency of energy systems dictate the need to apply innovative solutions, among which digital technologies, artificial intelligence and automated management systems play a key role. SMART GRID opens up great opportunities for optimizing energy supply management processes, reducing losses and ensuring a prompt response to crisis situations. SMART GRID technologies can enable faster detection and isolation of network faults or attacks, significantly reducing downtime and increasing system robustness. The use of artificial intelligence allows for accurate consumption forecasting, deep data analysis, and automation of management processes. The practice of implementing such technologies in countries such as the USA, Germany, and Japan demonstrates their effectiveness in forming sustainable energy systems and strengthening energy security. For Ukraine, the key areas of development should be improving the regulatory framework and stimulating the use of SMART GRID analysis and its capabilities. It is important to ensure favorable conditions for attracting investment, developing scientific research, and training highly qualified personnel. The integration of such solutions into the national energy infrastructure will be a powerful impetus for its modernization and will lay the foundation for the country's sustainable economic progress.

Keywords: public mechanisms, energy security, SMART GRID analysis, renewable sources, national security, international cooperation, organizational and legal mechanisms, artificial intelligence, Ukraine, modernization of energy networks, innovative technologies.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Енергетична безпека України стикається з комплексом багатограних викликів, які набувають особливої важливості в умовах сучасного геополітичного напруження та військової агресії. Серед основних чинників варто виділити значну залежність від викопних джерел енергії, обмеженість доступних природних ресурсів, а також руйнівний вплив енергетичного сектору на довкілля, зношеність та моральна застарілість техніки, що використовується зараз. Враховуючи ці загрози, питання забезпечення енергетичної незалежності, стійкості енергетичної інфраструктури та її здатності функціонувати в кризових умовах стає стратегічним імперативом для національної безпеки та сталого розвитку країни. Енергетична стійкість є ключовим елементом функціонування економіки та життєдіяльності України, проте застаріла інфраструктура із значним рівнем зносу устаткування ставить під загрозу стабільність електропостачання. Аварії через дисбаланс в електромережах негативно впливають на повсякденне життя та продуктивність бізнесу. Одним із стратегічних рішень цих проблем є впровадження «розумних» мереж (SMART GRID), які автоматизують управління енергосистемами й забезпечують постійний моніторинг та контроль. Камеральний аналіз великих обсягів даних за допомогою штучного інтелекту дозволяє прогнозувати навантаження, запобігати аваріям і оперативно адаптувати мережі, підвищуючи їхню стабільність і ефективність. Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) гарантує точніше балансування потоків енергії, мінімізацію втрат і покращення благонадійності системи, створюючи фундамент для сталого розвитку країни. Інвестиції в SMART GRID не лише забезпечать довготривалу функціональність, але й адаптують енергетичну інфраструктуру до викликів сучасності. Роль SMART-GRID аналізу: застосування концепції SMART-GRID являє собою принципово новий підхід до підвищення ефективності і стійкості, безпеки енергетичних систем. Ця методика базується на інтеграції цифрових технологій для моніторингу, управління та оптимізації виробництва і споживання енергії. Впровадження SMART-GRID технологій створює передумови для розробки сучасних організаційно-правових механізмів, що забезпечують адаптивність і гнучкість енергетичної системи України. Основні складові SMART-GRID аналізу:

1. Технологічний компонент – запровадження інтелектуальних мереж спрямоване на оптимізацію управління енергоспоживанням, ефективніше використання ресурсів та зниження втрат енергії, це включає інтеграцію датчиків і систем зворотного зв'язку для реального часу.

2. Організаційний компонент – формування єдиної технічної та інформаційно-комунікаційної платформи для виробників і споживачів енергії дозволить гармонійно інтегрувати різні джерела енергопостачання, включно з відновлювальними.

3. Економічний компонент – стимулювання інвестицій у розвиток відновлюваних джерел енергії та впровадження енергоефективних технологій сприятиме не лише зменшенню витрат на енергозабезпечення, але й активізації надходження капіталу з міжнародних джерел. Врахування національного контексту при застосуванні SMART-GRID аналізу дозволить Україні забезпечити не тільки посилення енергетичної безпеки, але й досягнути сталого економічного розвитку, сприяючи інтеграції в європейський енергетичний простір.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор. Проблеми злиття інформаційних, комунікаційних, енергетичних, економічних технологій та впровадження інтелектуальних енергосистем в своїх працях розглядали такі вчені, як В.Ю. Лободзинський, М.З. Згуровський, Б.Б. Кобець, В.В. Каплун, О.В. Поліщук та інші. Підсумовуючи, концепція Smart Grid має величезний потенціал для підвищення ефективності енергетичних систем, зменшення їх впливу на довкілля та створення нових можливостей для економічного розвитку. Однак для повноцінної реалізації цієї ідеї необхідно вирішити низку економічних, соціальних,

екологічних і технічних викликів. Лише комплексний підхід і співпраця між різними стейкхолдерами дозволять максимально реалізувати переваги інтелектуальних енергосистем у майбутньому.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Основною метою статті є ідентифікація ключових проблем у сфері енергетичної безпеки та розробка ефективних методів їх вирішення за допомогою SMART GRID аналізу в контексті публічного управління. Проблематика забезпечення сталого розвитку, енергетичної незалежності та фінансової стійкості наразі набуває критичного значення як для України, так і для інших держав. У статті акцентовано увагу на перспективах розвитку та впровадження технологій SMART GRID аналізу що може бути надзвичайно важливим для посилення енергетичної безпеки України в умовах сучасних викликів. Зростаючі вимоги до стабільності та ефективності енергетичних систем диктують необхідність застосування інноваційних рішень, серед яких ключову роль відіграють цифрові технології, штучний інтелект і автоматизовані системи управління. SMART GRID відкриває великі можливості для оптимізації управлінських процесів постачання енергії, скорочення втрат і забезпечення оперативної реакції на кризові ситуації. Використання штучного інтелекту дає змогу здійснювати точне прогнозування споживання, проводити глибокий аналіз даних і автоматизувати процеси управління. Практика впровадження подібних технологій у таких країнах, як США, Німеччина та Японія, демонструє їхню ефективність у формуванні стійких енергетичних систем і зміцненні енергетичної безпеки. Для України ключовими напрямками розвитку мають стати вдосконалення нормативно-правової бази та стимулювання використання SMART GRID аналізу і його можливостей. Важливо забезпечити сприятливі умови для залучення інвестицій, розвиток наукових досліджень і підготовку висококваліфікованих кадрів. Інтеграція таких рішень у національну енергетичну інфраструктуру стане потужним поштовхом для її модернізації та закладе основу сталого економічного прогресу країни.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Розумна енергосистема (SMART-GRID) являє собою інтегровану технологічну інфраструктуру, що забезпечує не тільки двостороннє інформаційне обміння, але й включає ряд ключових характеристик. Зокрема, дана система відзначається своєю доступністю, підвищеною ефективністю, точністю управління процесами, економічною доцільністю, адаптивністю у використанні, а також функціональною сумісністю з іншими технологічними системами. Важливими аспектами є і можливість ремонту та технічного обслуговування, контрольованість параметрів, оптимізація операцій, значна надійність та стійкість до зовнішніх впливів. До того ж, вона сприяє забезпеченню стабільності функціонування системи, захисту даних і безпеки користувачів, а також демонструє здатність до масштабування відповідно до зростаючих енергетичних потреб споживачів. Вони набувають останнім часом великого розповсюдження та використання, це пов'язано з тим, що такі системи обіцяють революційні зміни в ефективності, надійності, стійкості та гнучкості енергобезопасності, енергопостачанні, але їхнє впровадження породжує цілий комплекс взаємопов'язаних викликів, які досліджуються вченими з різних галузей.

Технологічні виклики: 1. Інтероперабельність – забезпечення сумісності обладнання та програмного забезпечення від різних виробників. 2. Інтеграція: Безшовне поєднання нових технологій (датчики, комунікації, ВДЕ, накопичувачі енергії) з існуючою енергетичною інфраструктурою. 3. Масштабованість: Розробка рішень, здатних працювати в масштабах великих енергосистем.

Управління даними та аналітика: 1. Обробка величезних обсягів даних (Big Data) від мільйонів пристроїв (смарт-лічильники, сенсори). 2. Розробка алгоритмів для прогнозування попиту, оптимізації потоків енергії, виявлення аварій. 3. Забезпечення якості та достовірності даних.

Кібербезпека та приватність: 1. Захист критичної інфраструктури від кібератак, які стають

більш ймовірними через зростання кількості підключених пристроїв. 2. Забезпечення конфіденційності та захисту персональних даних споживачів.

Нормативно-правове регулювання: 1. Адаптація існуючого законодавства (часто розробленого для традиційних, централізованих систем) до нових реалій (децентралізована генерація, активні споживачі-проз'юмери, нові ринкові моделі). 2. Розробка нових правил ринку, стандартів, технічних регламентів.

Економічні аспекти: 1. Високі початкові інвестиції у модернізацію мереж та впровадження нових технологій. 2. Розробка економічно обґрунтованих бізнес-моделей та тарифних структур, що стимулюють інвестиції та ефективне використання енергії. 3. Оцінка економічних вигод від впровадження інтелектуальних систем.

Організаційні та управлінські виклики: 1. Необхідність трансформації бізнес-процесів енергетичних компаній. 2. Потреба у нових компетенціях персоналу. 3. Координація дій між численними стейкхолдерами (уряд, регулятор, оператори мереж, виробники, споживачі).

Соціальні аспекти: 1. Забезпечення громадського сприйняття нових технологій. 2. Активне залучення та навчання споживачів для використання нових можливостей (управління попитом, участь у ринку). 3. Вирішення питань "енергетичної бідності" та рівного доступу до переваг нових технологій.

Екологічний аспекти: 1. Ресурсоефективність виробництва, зростання попиту на компоненти SMART Grid і зв'язані технології. 2. Вплив на ландшафт та біорізноманіття, екологічне планування та оцінка впливу на довкілля. 3. Екологічний слід виробництва, системи збору, утилізації та переробки обладнання.

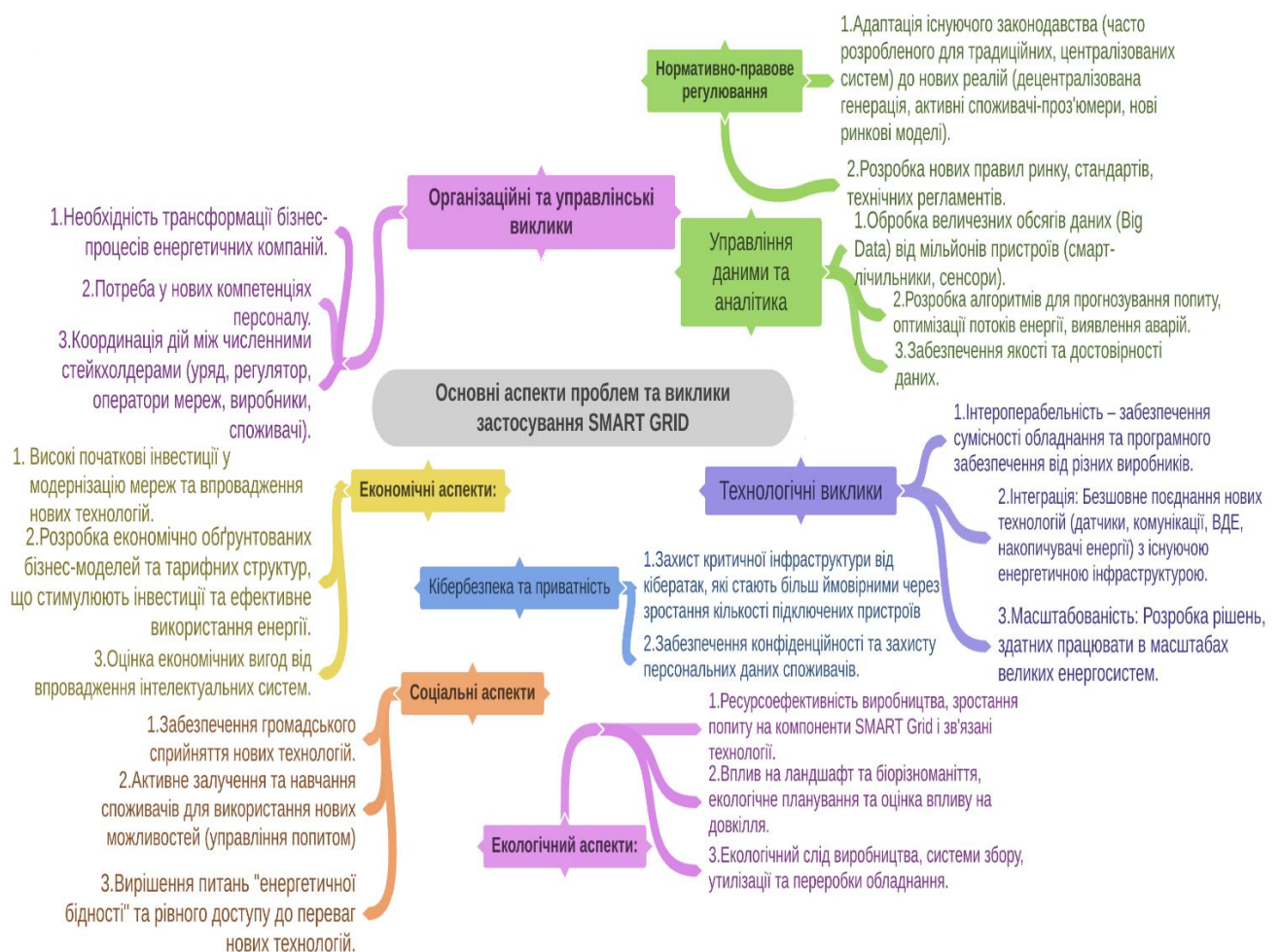


Рис.1 Основні аспекти та виклики.

Джерело: сформовано автором

Саме ці проблеми – на перетині техніки, економіки, права, соціології та публічного управління – і є предметом досліджень багатьох науковців, праці яких допомагають формувати стратегії, розробляти ефективні організаційно-правові механізми та знаходити оптимальні шляхи для впровадження інтелектуальних енергетичних систем в Україні та світі. Також багато цих викликів, проблем перетинаються з формуванням та створення сучасних організаційно-правових механізмів.

Відповідно до досліджень О. Кравченка, механізм державного управління представляє собою складний комплекс різноманітних форм, засобів і методів, які включають правові, організаційні, адміністративні та мотиваційні заходи. Ці компоненти взаємодіють між собою з метою концентрування зусиль на підтримці й стимулюванні динамічного розвитку суспільства. Внаслідок цього, держава використовує ці інструменти для досягнення гармонійного та стійкого прогресу в соціальному, економічному та політичному контекстах суспільного життя [9]. За Л. Приходченко “Організаційно-правовий механізм з теоретичної точки зору являє собою систему знань про сутність, закономірності дій та правила застосування організаційно-правових методів та засобів цілеспрямованого систематичного регулюючого впливу суб'єкта управління на об'єкт управління з метою переведення його в якісно новий стан” [14]. Відтак, поняття «організаційно-правові механізми взаємодії органів публічної влади та бізнесу» може бути інтерпретовано як багаторівнева система управлінських механізмів – організаційних та правових, інтеграція яких сприяє посиленню організаційного потенціалу суб'єктів взаємодії, забезпечує функціонування належного законодавчого, нормативно-правового підґрунтя шляхом прийняття актуальних правових рішень, їх оформлення, організації, контролю та оцінки виконання, що забезпечують формування належних інституційних форм взаємодії між усіма учасниками комунікації – органами публічної влади.

Організаційно-правовий механізм можна охарактеризувати як інтегровану систему правових норм, процедур, методів і інструментів, що спрямовані на досягнення визначених управлінських цілей. Його ключове завдання полягає в забезпеченні систематичного регулювання функціонування об'єкта управління, що сприяє переходу цього об'єкта до нового якісного стану. Цей механізм відіграє фундаментальну роль у процесі управління, адже слугує базисом для ухвалення стратегічних рішень, їх впровадження в практику й аналізу отриманих результатів. Завдяки організаційно-правовому механізму суб'єкт управління ефективно впливає на об'єкт управління в межах правового поля, забезпечуючи дотримання встановлених стандартів і регламентів. Окреслимо ключові та надзвичайно важливі напрямки застосування штучного інтелекту (ШІ) для аналізу SMART Grid та управління системами. Використання ШІ дійсно відкриває нові горизонти для підвищення точності, ефективності, надійності та безпеки функціонування багатьох мереж. Розглянемо трансформаційний потенціал ШІ в енергетиці:

Прогнозування навантаження: це одна з найбільш розвинених сфер застосування ШІ. Точні прогнози дозволяють оптимізувати генерацію (особливо важливо при інтеграції ВДЕ), зменшити потребу в дорогих пікових резервах та ефективніше управляти мережею.

Оптимізація розподілу енергії: ШІ може в реальному часі аналізувати мільйони точок даних (потоки енергії, стан обладнання, ціни на ринку, прогнози погоди та навантаження) для знаходження оптимальних шляхів розподілу, мінімізації втрат та інтеграції різних ресурсів (включаючи накопичувачі та керований попит).

Виявлення та діагностика несправностей: алгоритми ШІ можуть аналізувати дані з датчиків (вібрації, температури, струму тощо) для виявлення аномалій, що передують відмові обладнання (предиктивне обслуговування), або для швидкої локалізації та діагностики вже існуючих аварій, скорочуючи час на їх усунення.

Інтеграція ВДЕ: ШІ допомагає вирішувати проблему мінливості та непередбачуваності генерації з ВДЕ, точно прогнозуючи їхню виробку та оптимізуючи

роботу мережі (включаючи управління накопичувачами та гнучким попитом) для компенсації цих коливань. Це критично для досягнення цілей декарбонізації (ЦСР 7, ЦСР 13). (ЦСР – цілі сталого розвитку).

Кібербезпека: в умовах зростаючої цифровізації та кількості підключених пристроїв, ІІІ стає незамінним інструментом для моніторингу мережевого трафіку, виявлення аномальної поведінки, що може свідчити про кібератаку, та автоматичного реагування на загрози в реальному часі. Це безпосередньо пов'язано із стійкістю критичної інфраструктури (ЦСР 9, ЦСР 11, ЦСР 16). Чи є можливим зв'язок та як можна використати ІІІ та SMART Grid аналіз у формуванні сучасного та ефективного організаційно-правового механізму у публічному управлінні? Ефективне впровадження цих можливостей ІІІ вимагає відповідного середовища, формування якого є завданням публічного управління та потребує розробки адекватних організаційно-правових механізмів:

- Доступ до даних: необхідні чіткі правила та протоколи щодо збору, обробки, зберігання та обміну даними в енергосистемі, забезпечуючи при цьому їхню якість, безпеку та конфіденційність.

- Регуляторні стимули: Регулятор (НКРЕКП) має створювати стимули для інвестицій енергетичних компаній у рішення на базі ІІІ та модернізацію інфраструктури.

- Стандартизація: розробка та впровадження стандартів для алгоритмів ІІІ, протоколів обміну даними та вимог до кібербезпеки ІІІ-систем.

- Етика та прозорість: Вирішення питань щодо прозорості роботи алгоритмів ІІІ (особливо в частині прийняття рішень, що впливають на споживачів чи ринок) та відповідальності за можливі помилки.

- Розбудова потенціалу: підготовка фахівців як в енергетичних компаніях, так і в органах публічного управління, здатних працювати з новими технологіями та даними.

- Стратегічне планування: органи публічного управління мають розробляти національні стратегії використання ІІІ в енергетиці, враховуючи цілі енергетичної безпеки, декарбонізації та сталого розвитку (ЦСР).

Отже, використання ІІІ та SMART Grid аналізу – це не лише технологічне питання, але й комплексне завдання, що вимагає скоординованих зусиль у сфері права, регулювання, економіки та публічного управління для повної реалізації його переваг. Розглянемо спробу сформулювати організаційно-правових механізмів у системі енергетичної безпеки України з використанням методології аналізу SMART Grid необхідно враховувати такі основні імперативи.

Інтеграція цифрових технологій: використання передових цифрових технологій для моніторингу та управління постачанням електроенергії. Це включає автоматизацію процесів, розвиток інтелектуальних мереж (SMART Grids) та застосування штучного інтелекту для ефективного управління потоками енергії.

Системний аналіз: збір та аналіз статистичних даних, огляд літератури та політичних документів у сфері енергетики, а також дослідження міжнародних та національних організацій для розуміння основних викликів та тенденцій, що впливають на енергетичну безпеку.

Стратегічне планування: розробка Енергетичної стратегії України та Плану енергетичної стійкості на рівні центрального органу виконавчої влади, відповідального за формування політики у сфері енергетичної безпеки, з періодичним переглядом. Ці документи повинні враховувати цілі енергетичної безпеки та сприяти адаптації до соціально-політичної та безпекової ситуації.

Законодавче забезпечення: необхідність законодавчого закріплення ряду механізмів та інструментів забезпечення енергетичної безпеки. Законодавство повинно встановлювати основні напрями діяльності та пріоритети забезпечення енергетичної безпеки у стратегічних та політичних документах.

Технічні та технологічні аспекти: розвиток енергетичної інфраструктури з урахуванням стандартизації, кібербезпеки, інтеграції систем управління та моніторингу. Впровадження новітніх технологій, таких як SMART Grids та Інтернет речей, для підвищення ефективності та надійності енергетичних систем.

Міжнародне співробітництво: розвиток співпраці з іншими країнами та регіонами за програмою "Єдині мережі", спрямованою на об'єднання та синхронізацію енергетичних мереж, що сприятиме створенню єдиного ринку енергії та впровадженню нових технологій.

Механізми управління: впровадження механізмів та інструментів управління у сфері енергетичної безпеки, таких як енергетичний баланс України для узгодження ресурсної та технологічної бази системи енергозабезпечення.

Аналіз ризиків: систематичний та періодичний процес оцінки загроз та формування реєстру ризиків у сфері енергетичної безпеки.

Оцінка ефективності: прив'язка математичних моделей до стратегічних завдань реалізації політики у сфері енергетичної безпеки для оцінки ефективності управлінських рішень.

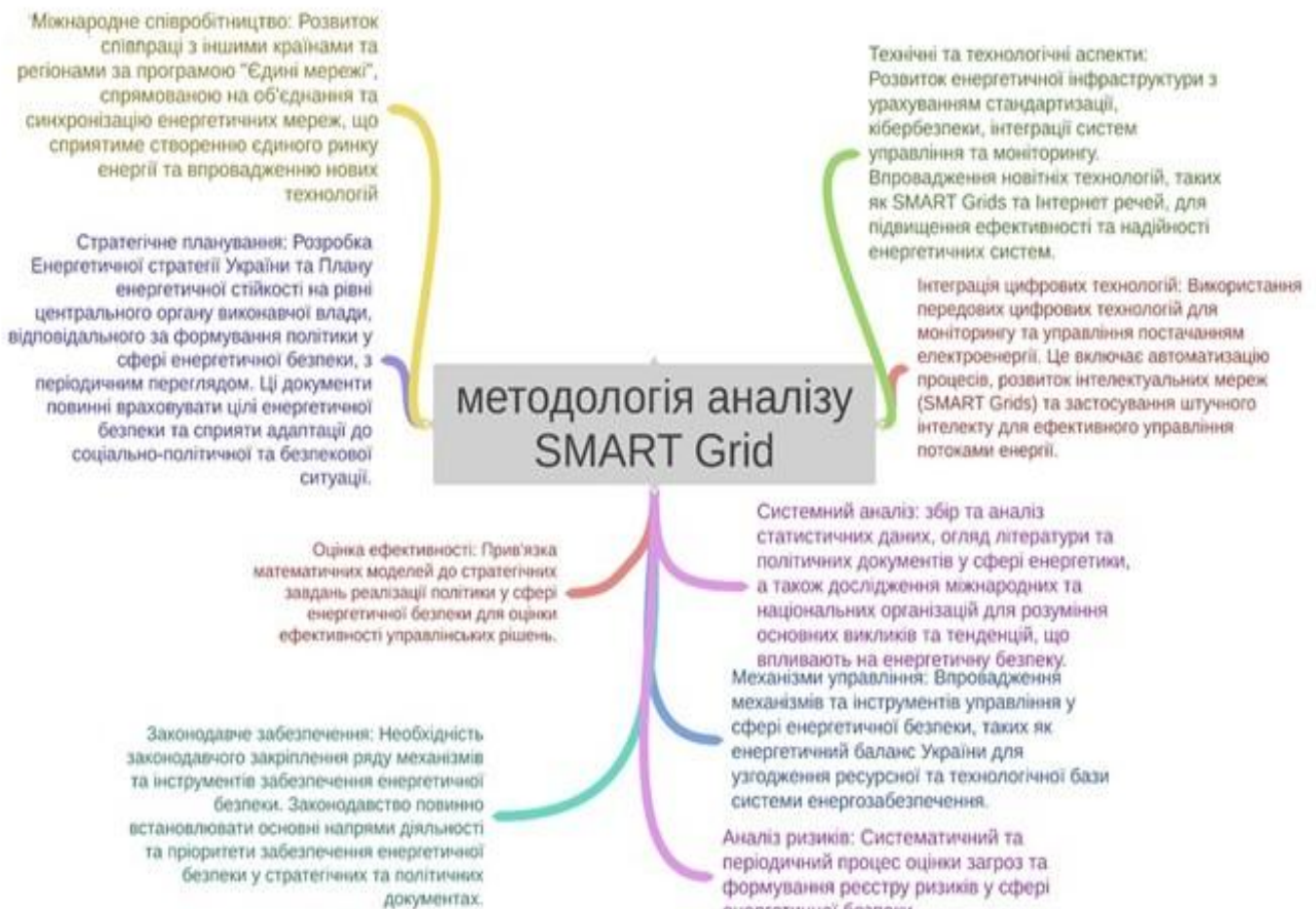


Рис.2 Схема методології аналізу.

Джерело: сформовано автором

З огляду на наведені вище імперативи, можна дійти висновку, що методологія розробки організаційно-правових механізмів на основі SMART Grid аналізу має охоплювати наступне:



Рис.3 Схема імперативів для ОПМ на основі SMART Grid аналізу.

Джерело: сформовано автором

Визначення цілей та завдань: чітке формулювання цілей та завдань енергетичної безпеки з урахуванням національних інтересів та міжнародних зобов'язань. *Приклад:* Ціль: підвищити індекс стійкості енергосистеми до кібератак на 40% до 2028 року через впровадження сертифікованих SMART Grid компонентів та систем моніторингу.

Розробка нормативно-правової бази: створення законодавчих та нормативних актів, що регулюють впровадження та використання SMART Grid технологій. *Приклад:* прийняття змін до Закону України "Про ринок електричної енергії", що легалізують та стимулюють участь споживачів у програмах управління попитом (Demand Response) та діяльність агрегаторів чи розробка та імплементація секторальних стандартів кібербезпеки для операторів систем передачі та розподілу, адаптованих до використання SMART Grid технологій (на основі міжнародних стандартів, наприклад, IEC 62443).

Інституційна підтримка: формування органів та структур, відповідальних за реалізацію політики у сфері енергетичної безпеки та впровадження SMART Grid технологій. *Приклад:* створення Координаційного центру з впровадження SMART Grid при Кабінеті Міністрів або Міненерго для узгодження дій різних органів влади, регулятора та операторів мереж. Чітке визначення відповідальності НКРЕКП за затвердження інвестиційних програм ОСР у частині впровадження SMART Grid компонентів та контроль за їх виконанням.

Фінансування та інвестиції: залучення фінансових ресурсів та інвестицій для розвитку енергетичної інфраструктури та впровадження інноваційних технологій. *Приклад:* надання інформаційної та консультаційної підтримки потенційним інвесторам у "зелену" генерацію та SMART Grid технології. *Приклад:* включення проектів з розбудови SMART Grid інфраструктури до переліку пріоритетних для залучення коштів міжнародних фінансових організацій (ЄІБ, ЄБРР, Світовий Банк) в рамках програм відновлення України.

Моніторинг та оцінка: постійний моніторинг та оцінка ефективності впроваджених заходів з метою коригування та вдосконалення політики у сфері енергетичної безпеки. *Приклад:* розробка та публікація НКРЕКП національного індексу готовності до SMART Grid (Smart Grid Index), що оцінює прогрес країни за ключовими напрямками. *Приклад:* проведення незалежного аудиту реалізованих пілотних проектів SMART Grid для оцінки їхньої техніко-економічної ефективності та можливості масштабування.

Навчання та підвищення кваліфікації: підготовка кадрів та підвищення кваліфікації фахівців у сфері енергетики та SMART Grid технологій. *Приклад:* створення короткострокових сертифікаційних програм для інженерів-енергетиків з питань експлуатації та обслуговування обладнання SMART Grid.

Приклад: проведення регулярних семінарів та тренінгів для співробітників НКРЕКП, Міненерго, Держенергонагляду щодо новітніх технологій, регуляторних практик та міжнародного досвіду в сфері SMART Grid. Ці приклади ілюструють, як кожен етап методології може бути наповнений конкретними діями для побудови ефективного організаційно-правового механізму підтримки енергетичної безпеки через впровадження SMART Grid аналізу.

SMART Grid аналіз представляє собою сучасний підхід, спрямований на покращення функціонування енергетичних систем шляхом інтеграції цифрових технологій. Його основна мета — забезпечити вищу ефективність, надійність, гнучкість і адаптивність енергосистем завдяки оптимізації процесів виробництва та споживання енергії. Впровадження SMART Grid технологій допомагає для формування баз на основі, яких створення прогресивних механізмів управління, необхідних для модернізації енергетичної інфраструктури України. Ключові аспекти використання SMART-GRID аналізу можна розділити на кілька напрямів:

1. Технологічний аспект □ інтелектуальні мережі забезпечують автоматизацію енергетичних процесів, оптимізуючи управління споживанням, надання точних даних, розподілом та накопиченням ресурсів. Це включає інтеграцію відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), систем збереження енергії та управління попитом.

2. Організаційний аспект - формується єдина інфраструктура, яка поєднує виробників, операторів, споживачів та нових учасників ринку, як-от проз'юмери (Термін "проз'юмер" є поєднанням слів "producer" (виробник) та "consumer" (споживач). Це активний споживач електричної енергії (домогосподарство, підприємство, громада), який не тільки споживає електроенергію з мережі, але й сам виробляє її для власних потреб, а надлишки може віддавати назад у мережу) та агрегатори (Агрегатор – це суб'єкт (компанія), який діє як посередник, що об'єднує (агрегує) невеликі обсяги електричної енергії або гнучкості (здатності змінювати споживання/генерацію) від багатьох дрібних учасників ринку (споживачів, проз'юмерів, власників малих генеруючих установок чи систем зберігання енергії). Визначаються стандарти взаємодії між усіма учасниками ринку для інтеграції різноманітних джерел енергії та забезпечення загальної гнучкості системи.

3. Економічний аспект - залучення інвестицій у відновлювані джерела енергії, модернізацію мереж та енергоефективні технології сприяє довгостроковому зменшенню витрат на енергозабезпечення. Запровадження нових моделей ринку та розробка тарифів стимулюють ефективність, водночас підтримуючи сталий розвиток енергетичного сектору.

4. Правовий і регуляторний аспект - розробляється нормативна база для регулювання впровадження SMART Grid, що охоплює:

- Законодавче закріплення діяльності нових учасників ринку та моделі їхньої роботи.
- Правила доступу до даних, їх захист і конфіденційність.
- Встановлення стандартів для обладнання та протоколів передачі інформації.
- Забезпечення кібербезпеки систем розумних мереж.
- Адаптація тарифної політики для підтримки інвестицій у систему.
- Визначення обов'язків регулятора (НКРЕКП) та інших органів у рамках впровадження технологій.

Підсумовуючи, використання SMART-GRID аналізу разом із технологічними та регуляторними змінами відкриває нові перспективи для України. Цей підхід сприяє не лише підвищенню енергетичної безпеки країни, але й значно наближає її до інтеграції у європейський енергетичний простір, підтримуючи сталий соціально-економічний розвиток. Використовуючи сучасні підходи та основні аспекти SMART-GRID аналізу, ми чітко підкреслюємо його інноваційний характер та потенціал для підвищення ефективності, надійності й гнучкості енергетичної системи України, а також його роль у формуванні сучасних організаційно-правових механізмів.

В контексті модернізації енергетичного сектору та посилення енергетичної безпеки

України, аналіз на основі концепції SMART Grid постає не лише як інструмент оцінки функціонування існуючих інтелектуальних мереж, але й як комплексний інноваційний підхід.

SMART GRID аналіз слугує інструментом для діагностики поточного стану енергетичної інфраструктури України. Він дозволяє виявити системні вразливості, оцінити ефективність функціонування та рівень надійності існуючих мереж. Проектування майбутньої архітектури енергосистеми передбачає інтеграцію передових цифрових технологій, що сприяють модернізації та оптимізації процесів генерації, передачі й споживання енергії. Крім того, SMART GRID аналіз формує інформаційно-аналітичну базу для розробки організаційно-правових механізмів (ОПМ), які регулюють управління енергетичною безпекою. Цей підхід використовує методологію та технологічний інструментарій SMART Grid для системної діагностики, проектування та оптимізації національної енергетичної системи. Ключовими функціями SMART GRID аналізу є:

Діагностика поточного стану: глибокий аналіз ефективності функціонування, рівня надійності, показників стійкості та ідентифікація системних вразливостей енергетичної інфраструктури та системи управління нею.

Проектування майбутньої архітектури: розробка науково обґрунтованих стратегій та дорожніх карт модернізації енергосистеми шляхом цілеспрямованої інтеграції передових цифрових, комунікаційних та управляючих технологій.

Оптимізація енергетичних процесів: ідентифікація та обґрунтування оптимальних рішень для моніторингу в реальному часі, інтелектуального управління та оптимізації процесів генерації, передачі, розподілу та кінцевого споживання енергії.

Формування інформаційно-аналітичної бази для ОПМ: створення необхідних передумов та надання обґрунтованих даних для розробки, адаптації та вдосконалення сучасних організаційно-правових механізмів (ОПМ) управління сферою енергетичної безпеки.

Відповідно, основна мета SMART GRID аналізу полягає у сприянні формуванню та підтримці функціонування ефективної, стійкої до зовнішніх та внутрішніх загроз, економічно доцільної, гнучкої та адаптивної національної енергетичної системи, що є невід'ємною складовою енергетичної безпеки України.

Технології Штучного Інтелекту (ШІ) виступають як невід'ємний інструментальний компонент, що уможливорює як проведення глибокого SMART GRID аналізу, так і ефективне функціонування інтелектуальних енергетичних систем. Ключові можливості ШІ включають: Інтелектуальну обробку та аналіз великих масивів даних (Big Data), що генеруються системою.

Предиктивне моделювання та високоточне прогнозування рівнів енергоспоживання та генерації ВДЕ. Розробку та застосування оптимізаційних алгоритмів для управління енергетичними потоками та роботою мережі в режимі реального часу. Діагностику аномалій, раннє виявлення несправностей та прогнозування відмов обладнання (предиктивне обслуговування). Ідентифікацію та проактивну нейтралізацію кіберзагроз шляхом аналізу патернів мережевої активності. Таким чином, ШІ забезпечує трансформацію первинних даних на операційну інформацію, аналітичні висновки та автоматизовані управлінські рішення, що є основою функціонування SMART Grid.

Діалектичний взаємозв'язок SMART GRID аналізу та організаційно-правових механізмів (ОПМ). Зв'язок між SMART GRID аналізом та ОПМ енергетичної безпеки носить характер двосторонньої детермінації:

SMART GRID аналіз ↔ ОПМ: результати комплексного аналізу (діагностика проблем, оцінка технологічних потреб, моделювання сценаріїв) слугують інформаційною та аналітичною основою, що інформує, обґрунтовує та спрямовує процес розробки, адаптації та вдосконалення конкретних ОПМ. Аналіз дозволяє виявити, які саме правові норми,

інституційні зміни чи регуляторні інструменти є необхідними. Наприклад, аналіз показує необхідність інтеграції ВДЕ – це вимагає розробки ОПМ для спрощеного приєднання, правил балансування, можливо, нових тарифів. Аналіз виявляє кіберзагрози – потрібен ОПМ у вигляді стандартів кібербезпеки та відповідальності.

ОПМ → SMART GRID аналіз/впровадження: наявність адекватної та ефективної системи ОПМ (чітке законодавство, дієві інституції, стимули) є необхідною передумовою та каталізатором як для проведення подальшого поглибленого аналізу, так і для успішної практичної імплементації технологій SMART Grid та реалізації їх потенціалу. Без відповідних правових рамок та інституційної підтримки впровадження інновацій залишатиметься фрагментарним та неефективним. Роль публічного управління тут є центральною: саме органи влади та регулятор мають ініціювати та скеровувати процес SMART Grid аналізу в національному масштабі, розробляти стратегії, створювати сприятливу нормативно-правову базу (ОПМ), стимулювати інвестиції, координувати дії стейкхолдерів та забезпечувати підготовку кадрів і суспільне сприйняття

У цьому контексті ключова роль належить публічному управлінню, яке має виступати ініціатором проведення системного SMART GRID аналізу на національному рівні, а також забезпечувати розробку, впровадження та контроль за дотриманням відповідних ОПМ, координуючи зусилля всіх зацікавлених сторін задля зміцнення енергетичної безпеки України.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Застосування SMART GRID аналізу є ключовим інноваційним підходом для формування адекватних сучасним викликам організаційно-правових механізмів (ОПМ) управління сферою енергетичної безпеки України. У сучасних умовах геополітичної напруженості і нестабільності, військової агресії, зношеності інфраструктури та необхідності євроінтеграції, цей аналіз, що інтегрує технологічні, організаційні, економічні та правові аспекти, стає необхідною передумовою для модернізації енергосектору та забезпечення його стійкості, ефективності й гнучкості. Проведене дослідження виявило наявність як позитивних так і негативних сторін.

Позитивні сторони: SMART GRID аналіз надає обґрунтовану інформаційну базу для розробки ОПМ, дозволяючи перейти від фрагментарних рішень до системного підходу. Це сприяє підвищенню ефективності використання ресурсів, оптимізації управління енергопотоками (в т.ч. за допомогою ШІ), надійності системи, інтеграції ВДЕ та посиленню кібербезпеки. Як наслідок, створюються умови для зміцнення енергетичної незалежності, сталого розвитку (досягнення ЦСР) та інтеграції в європейський енергетичний простір.

Негативні сторони (виклики): впровадження рішень, обґрунтованих SMART GRID аналізом, потребує значних інвестицій на тлі фінансово-ресурсних обмежень. Існують технологічні складнощі (інтеграція, інтероперабельність), ризики кібербезпеки та проблеми управління великими даними й забезпечення їхньої приватності. Необхідна глибока трансформація існуючої нормативно-правової бази та організаційних структур, а також подолання можливих соціальних бар'єрів (сприйняття, доступ).

Формування та імплементація ОПМ на основі SMART GRID аналізу є невід'ємною частиною сучасного публічного управління та менеджменту в енергетичній сфері. Це вимагає від держави стратегічного планування, координації, створення сприятливого регуляторного та інвестиційного клімату. Подальші дослідження мають бути зосереджені на розробці: конкретних норм для регулювання нових технологій та учасників ринку (ШІ, агрегатори, проз'юмери, системи накопичення); моделей ефективної інституційної взаємодії; механізмів залучення фінансування для модернізації в умовах обмежених ресурсів та післявоєнного відновлення; стандартів кібербезпеки ОПМ; шляхів підвищення інституційної спроможності ОПУ та підготовки кадрів. Комплексне вивчення цих аспектів дозволить максимально реалізувати потенціал SMART Grid для енергетичної безпеки та сталого розвитку України.

Список використаних джерел

1. Цифровізація енергетики: як технології Smart Grid допоможуть відбудувати українські енергомережі. URL: <https://mind.ua/publications/20273149-cifrovizaciya-energetiki-yak-tehnologiyi-smart-grid-dopomozhut-vidbuduvati-ukrayinski-energomerezhi> (дата звернення: 24.02.2025).
2. Пуцентейло П. Р. Концепція Smart Grid: технологічні, організаційні та економічні аспекти розвитку енергетичної сфери. 2021. URL: <https://inneco.org/index.php/inneco.ua/article/view/1025> (дата звернення: 14.03.2025).
3. Олійник Д. І. Міжнародний досвід високотехнологічного економічного розвитку на основі побудови Smart Grid. *Стратегічні пріоритети*. 2017. № 3. С. 87-96.
4. Про ринок електричної енергії : Закон України від 23.11.2018 р. № 2628-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19> (дата звернення: 24.03.2025).
5. Суходоля О. Енергетична безпека України: сучасні загрози та проблеми правового врегулювання. Нац. ін-т стратег. дослідж., 2018. URL: [https://niss.gov.ua/sites/default/files/2018-12/Sukhodolia%20\(1\).pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/2018-12/Sukhodolia%20(1).pdf) (дата звернення: 22.03.2025).
6. Енергетична безпека України: перспективна модель управління ризиками. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/202312/ad_mono_sukhodolia_do_druku_na_site_02_01_2024.pdf (дата звернення: 24.01.2025).
7. Лободзинський В. Ю. Вплив системи Smart Grid на національну енергетичну мережу. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/25a8a8c5-64b2-43a8-8dd1-ddaf434cc6e3/content> (дата звернення: 24.02.2025).
8. Grids 2030. A National Vision for Electricity's Second 100 years. Office of Electric Transmission and Distribution of USA Department of Energy, 2003.
9. Кравченко О. М. Теоретичні підходи до визначення поняття «механізм державного управління». *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2009. № 3. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=56> (дата звернення: 24.02.2025).
10. Шліхтенко Л. Науково-теоретичні підходи до визначення поняття «механізми державного управління». Матеріали конференцій МЦНД, (16.02.2024; Кременчук, Україна), 90–92. URL: <https://archive.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/article/view/1031> (дата звернення: 17.02.2025).
11. Єлісеєва О. К., Гільорме Т. В., Водоп'ян М. В. Аналіз і перспективи розвитку енергетичної платформи на засадах концепції Smart Grid. *Вісник Хмельницького національного університету*. Економічні науки. 2016. № 5(1). С. 70-73. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_ekon_2016_5\(1\)_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_ekon_2016_5(1)_16) (дата звернення: 24.01.2025).
12. Пікуля Т. О. Сучасний підхід до інтерпретації поняття «механізм держави». *Науковий вісник Львівського державного університету внутрішніх справ*. 2012. № 2.
13. Енциклопедія державного управління у 8 томах / Ю. В. Ковбасюк. 2011. URL: <https://duikt.edu.ua/ua/lib/1/category/1100/view/203> (дата звернення: 24.01.2025).
14. Приходченко Л. Л. Організаційно-правовий механізм забезпечення ефективності державного управління: теоретико-методологічні засади. *Теорія та практика державного управління*. 2009. № 1. С. 59-65. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpdu_2009_1_11 (дата звернення: 24.01.2025)

References

1. Digitalization of energy: How Smart Grid technologies will help rebuild Ukrainian energy networks. (2024). Retrieved from <https://mind.ua/publications/20273149-cifrovizaciya-energetiki-yak-tehnologiyi-smart-grid-dopomozhut-vidbuduvati-ukrayinski-energomerezhi> [in Ukrainian]
2. Putsenteilo, P. R. (2021). Concept of Smart Grid: Technological, organizational, and economic aspects of energy sector development. Retrieved from

<https://inneco.org/index.php/innecoua/article/view/1025> [in Ukrainian]

3. Oliinyk, D. I. (2017). International experience of high-tech economic development based on the construction of Smart Grid. *Strategic Priorities*, (3), 87-96. [in Ukrainian]

4. Law of Ukraine on the Electricity Market, No. 2628-VIII. (2018, November 23). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19> [in Ukrainian]

5. Sukhodolia, O. (2018). Energy security of Ukraine: Current threats and problems of legal regulation. National Institute for Strategic Studies. Retrieved from [https://niss.gov.ua/sites/default/files/2018-12/Sukhodolia%20\(1\).pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/2018-12/Sukhodolia%20(1).pdf) [in Ukrainian]

6. Energy security of Ukraine: Prospective risk management model. (2024). Retrieved from https://niss.gov.ua/sites/default/files/202312/ad_mono_sukhodolia_do_druku_na_site_02_01_2024.pdf [in Ukrainian]

7. Lobodzinskyi, V. Yu. (2022). Impact of the Smart Grid system on the national energy network. Retrieved from <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/25a8a8c5-64b2-43a8-8dd1-ddaf434cc6e3/content> [in Ukrainian]

8. Office of Electric Transmission and Distribution of USA Department of Energy. (2003). *Grids 2030: A national vision for electricity's second 100 years*. [in Ukrainian]

9. Kravchenko, O. M. (2009). Theoretical approaches to defining the concept of “state governance mechanism.” *Public Administration: Improvement and Development*, (3). Retrieved from <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=56> [in Ukrainian]

10. Shlikhtenko, L. (2024). Scientific and theoretical approaches to defining the concept of “state governance mechanisms.” *Materials of the MCND Conferences*, (16.02.2024; Kremenchuk, Ukraine), 90–92. Retrieved from <https://archive.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/article/view/1031> [in Ukrainian]

11. Yelisieieva, O. K., Hilyorme, T. V., & Vodopian, M. V. (2016). Analysis and prospects for the development of the energy platform based on the Smart Grid concept. *Bulletin of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*, (5(1)), 70-73. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_ekon_2016_5\(1\)__16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_ekon_2016_5(1)__16) [in Ukrainian]

12. Pikulia, T. O. (2012). Modern approach to interpreting the concept of “state mechanism.” *Scientific Bulletin of Lviv State University of Internal Affairs*, (2). [in Ukrainian]

13. Kovbasiuk, Y. V. (2011). *Encyclopedia of Public Administration in 8 volumes*. Retrieved from <https://duikt.edu.ua/ua/lib/1/category/1100/view/203> [in Ukrainian]

14. Prykhodchenko, L. L. (2009). Organizational and legal mechanism for ensuring the effectiveness of public administration: Theoretical and methodological foundations. *Theory and Practice of Public Administration*, (1), 59-65. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Tpdu_2009_1_11 [in Ukrainian]