ВІДГУК

офіційного опонента Дерев'янка Дениса Григоровича на дисертаційну роботу ЄВТУХОВОЇ ТЕТЯНИ ОЛЕКСАНДРІВНИ на тему «МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ СЕРВІС-ОРІЄНТОВАНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНАЛЬНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.14.01 – Енергетичні системи та комплекси

Актуальність теми дисертаційного дослідження

Розвиток розподіленої генерації, накопичувачів енергії, керованого попиту та локальних систем енергозабезпечення змінює умови трансформації регіональної енергетичної інфраструктури. Оскільки збільшення кількості ресурсів саме по собі не забезпечує потрібного рівня надійності й гнучкості системи, визначальними стають їх доступність, узгодженість режимів енергозабезпечення споживачів та здатність підтримати критичні функції за зовнішніх збурень.

Для України ці завдання загострюються внаслідок пошкоджень енергетичних об'єктів, обмеження мережевих зв'язків і нестачі маневрових потужностей. Поряд із відновленням обладнання необхідно використовувати потенціал активних споживачів, резервування, енергоефективності й міжсекторного заміщення. Електрична, теплова та газова підсистеми при цьому не можуть розглядатися незалежно, бо порушення в одній із них змінює навантаження й потребу в ресурсах інших.

Актуальність дисертації Т.О. Євтухової визначається необхідністю наукового обґрунтування сервіс-орієнтованого розвитку регіональних енергосистем. Такий підхід дозволяє пов'язати структуру ресурсів із параметрами енергетичних послуг, яких потребують споживачі, та оцінити спільний результат їх надання. Особливо важливим є розмежування номінальної наявності ресурсу і його фактичної здатності забезпечити сервіс із заданими потужністю, тривалістю та доступністю.

Поставлена проблема виходить за межі оптимізації окремого джерела або локальної системи. Вона потребує узгодженого опису взаємодії різнорідних підсистем на регіональному рівні зі збереженням фізичних балансів та врахуванням зв'язку з енергетичною системою країни. Отже, тема дослідження є актуальною для розвитку методів аналізу енергетичних систем і комплексів, обґрунтування ресурсів гнучкості та підвищення стійкості енергозабезпечення.

Зв'язок роботи з науковими програмами планами і темами

Дисертаційне дослідження пов'язане з науковою тематикою Інституту загальної енергетики НАН України, а саме НДР «Розвиток системи

ІНСТИТУТ ЗАГАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НАН України
Ідентифікаційний код 04589627
Вхідний № 44
"29" 10 2026 р.

математичних моделей довгострокового прогнозування споживання основних видів паливно-енергетичних ресурсів в економіці країни з урахуванням діючих екологічних обмежень» (№ державної реєстрації 0122U000178) та «Прогнозування обсягів вуглезабезпечення України відповідно до структури її загального енергетичного балансу» (№ державної реєстрації 0123U100309).

Змістовний зв'язок із цими дослідженнями полягає у використанні балансового підходу, аналізі перспективного попиту, ресурсного забезпечення та обмежень розвитку. У дисертації зазначену проблематику розгорнуто на регіональному рівні через моделювання сервісної взаємодії електричної, теплової й газової підсистем та оцінювання ефективності, самодостатності й стійкості. Наукову вагомість роботи визначає сукупність отриманих методологічних і модельних результатів, які утворюють самостійний напрям дослідження РЕС.

Оцінка обґрунтованості та значення наукових положень дисертації їх достовірності та новизни

Метою дослідження є розроблення теоретико-методологічної основи сервіс-орієнтованого розвитку РЕС та відповідних методів, моделей і механізмів підвищення ефективності, самодостатності й стійкості в умовах невизначеності та кризових впливів. Об'єктом є процес розвитку регіональних енергосистем, а предметом – теоретичні положення та інструментарій їх сервісно-орієнтованого моделювання й управління. Постановка узгоджується з потребою досліджувати не лише обсяги енергії, а й параметри забезпечення потреб споживачів.

Обґрунтованість підходу забезпечується поєднанням системного аналізу, теорії системи систем, математичного програмування, сценарного моделювання та економічного оцінювання. Нечіткі множини й теорія можливостей застосовуються для роботи з інформацією, яку неможливо належно описати лише точковими прогнозами, а теоретико-ігровий інструментарій використовується для оцінювання внесків учасників у спільний результат.

У першому розділі сформовано передумови розгляду РЕС як системи систем. Така постановка дозволяє врахувати автономність підсистем та необхідність узгодження їх функціонування. Сервісна орієнтація задає цільовий зміст розвитку, де структура й режими ресурсів мають забезпечувати вимірювані характеристики корисного результату. Для технічного аналізу це важливо, оскільки однакові обсяги енергопостачання можуть відповідати різній якості й безперервності сервісу.

У другому розділі розкрито поняття та класифікацію енергетичних сервісів, формалізовано корисність їх портфеля і синергетичні ефекти. Змістовною є можливість спільного розгляду енергоефективності, керування попитом, резервування й накопичення. Ці ресурси впливають на одні й ті самі

режими, тому їх вибір потребує оцінювання взаємодії, а не лише ізольованих характеристик.

Третій розділ містить балансово-оптимізаційну основу моделювання РЕС у взаємодії з інтегрованою енергетичною системою країни. Фізичне балансування енергоносіїв доповнюється співвідношеннями сервісної достатності. Така побудова зберігає закони збереження енергії та дозволяє визначати залишковий дефіцит потрібної послуги. Міжсекторні перетворення забезпечують формальний зв'язок між електро-, тепло- і газопостачанням, що є необхідним для порівняння технологічних альтернатив.

У четвертому розділі розроблено багаторівневу постановку узгодження ефективності, стійкості та самодостатності. Відокремлено фізичний результат енергоефективності від його системної цінності: однакове скорочення споживання може по-різному впливати на резерв, зовнішній обмін і незабезпечений попит залежно від місця та часу реалізації. Екологічний результат пов'язано зі зміною режимів і структури виробництва енергії, а не лише з формальним введенням певної технології.

Особливої уваги заслуговує аналіз стійкості, яка описується через порушення й відновлення функціональності, критичність навантажень та сервісно доступний резерв. Розмежування потужнісної й енергетичної достатності накопичувачів є принциповим для оцінювання тривалого резервування. Важливим є також відокремлення балансової самодостатності від можливості фактично використати ресурс у потрібному місці та часовому інтервалі.

У п'ятому розділі виконано сценарно-оптимізаційне дослідження на репрезентативній моделі Хмельницької області. Модель поєднує електричний, тепловий і газовий контури, генерацію, накопичення, керування попитом та зовнішні перетоки. Задано погодинний типовий добовий цикл; тому результати характеризують агрегований модельний експеримент, а не повну хронологічну симуляцію роботи всієї інфраструктури області. Досліджено зміни конфігурацій і зовнішніх умов, побудовано межу компромісу «витрати–стійкість», оцінено чутливість і внески ресурсів. Порівняльний аналіз свідчить про зростання системних витрат приблизно на 3,4 % за одночасного зменшення витрат на балансування на 26 %, незабезпеченої енергії на 56 % і викидів CO_2 на 31 %, а також підвищення показника стійкості з 0,905 до 0,946. Ці оцінки ілюструють результат конкретного модельного порівняння та інтерпретуються разом із його базою й припущеннями. Методика оцінювання достовірності результатів моделювання поєднує математичну верифікацію, доступну валідацію, можливісне оцінювання невизначеності та сценарну робастність. Отримане

значення інтегрального індексу довіри 0,92 позитивно характеризує застосування авторської процедури.

Шостий розділ переводить модельні положення у площину регіонального енергоменеджменту, енергосервісної взаємодії та підтримки рішень. Сервісні паспорти й система ключових показників ефективності KPI дозволяють описувати потребу, доступний ресурс і підтверджений результат. Представлено концептуальні положення удосконалення архітектури системи підтримки управлінських рішень СППР-СОР, що поєднує діагностику, сценарний розрахунок і зворотний зв'язок та створює основу для подальшої інтеграції з системами моніторингу. Це утворює послідовну систему, де фізично допустима конфігурація ресурсів оцінюється за спроможністю забезпечити потрібні сервіси, а вибір розвитку здійснюється з урахуванням витрат, взаємодії підсистем і невизначеності. Саме цей зв'язок визначає теоретичне значення роботи для дослідження енергетичних систем і комплексів.

Наукова новизна результатів розкривається в таких положеннях.

1. Розроблено методологічні засади сервіс-орієнтованого розвитку РЕС як багаторівневої системи систем, у якій узгоджуються ефективність, самодостатність і стійкість енергозабезпечення. Відмінною ознакою є системне пов'язування ресурсів і технологій із вимірюваними параметрами сервісного результату.

2. Сформовано підхід до інтеграції енергетичних сервісів та оцінювання корисності їх портфеля з урахуванням синергетичної взаємодії, що дозволяє аналізувати наслідки спільного використання різнорідних ресурсів і відображати станозалежність їх цінності.

3. Запропоновано розширення системи балансів за рахунок сервісних співвідношень, міжсекторних перетворень, резервів і дефіциту. Такий підхід розвиває можливості балансово-оптимізаційного опису корисного результату функціонування інтегрованої енергетичної інфраструктури.

4. Розвинуто методи оцінювання стійкості й самодостатності з урахуванням критичного навантаження, відновлення функціональності та фактичної доступності сервісних ресурсів. У поєднанні зі сценарною оптимізацією вони створюють основу порівняння конфігурацій за витратами і параметрами енергозабезпечення.

5. Розвинуто інструментарій перевірки модельних результатів та підтримки рішень в умовах неповноти інформації. Його значення полягає у визначенні умов, за яких висновки щодо переваг певної конфігурації зберігаються за зміни параметрів і сценаріїв.

Практичне значення роботи полягає у створенні методів порівняння альтернатив розвитку регіональної енергетичної інфраструктури та визначення

раціонального поєднання ресурсів генерації, накопичення, енергоефективності й керування попитом. Розробки можуть використовуватися під час підготовки регіональних енергетичних планів, програм стійкості та обґрунтування заходів забезпечення критичних споживачів.

Прикладну цінність має можливість порівнювати варіанти не тільки за прямими витратами, а й за сервісним дефіцитом, залежністю від зовнішнього постачання та стійкістю. Для локальних ресурсів це дозволяє визначати їх роль у спільній конфігурації, за якої накопичувач або керований попит має значення, навіть якщо його ізольована економічна оцінка є менш привабливою.

Використання розроблених методичних підходів підтверджено у Національному інституті стратегічних досліджень, Державній інспекції енергетичного нагляду України, в Інституті технічної теплофізики НАН України, в ТОВ «Інститут промислової екології», у ТОВ «Сахара» та в навчальному процесі Національного університету біоресурсів і природокористування України. Запропоновані архітектури РСЕМ і СППР-СОР є основою подальшого прикладного розвитку методології.

Повнота викладу основних результатів підтверджується їх тематичним відображенням у публікаціях і матеріалах апробації. За відомостями висновку рецензентів, наведено 37 наукових працях, з яких 21 виокремлено як публікації, що розкривають основний зміст дисертації. Вони охоплюють сервісні моделі енергетики, енергоменеджмент, сценарне моделювання, ефективність енергозабезпечення та організаційно-економічні механізми.

Мова та стиль дисертації

Викладення матеріалу підпорядковане логіці переходу від концептуальної постановки до математичних моделей, розрахунків та прикладних механізмів. Використана термінологія відображає міжсекторний характер РЕС і поєднання енергетичних та сервісних характеристик. Для сприйняття результатів суттєвими є розмежування енергії й потужності, ресурсу й сервісу, самодостатності й стійкості, які послідовно розвиваються у відповідних параграфах.

Дисертаційний матеріал має науковий характер і відповідає предметній спрямованості спеціальності 05.14.01 «Енергетичні системи та комплекси». Водночас окремі питання конкретизації моделей та меж інтерпретації результатів потребують уточнення, що відображено у наведених нижче зауваженнях.

Зауваження та рекомендації щодо змісту дисертації

1. У дисертаційній роботі, РЕС, визначено як систему систем регіонального рівня у складі енергетичної системи країни (стор. 57), розташовану на території регіону (області), разом з тим, у розрізі генерування, передачі, розподілу та споживання електричної енергії, ОЕС України має дещо

інший поділ на окремі енергосистеми, це в свою чергу обмежує автономію та гнучкість РЕС відносно електричної складової, а також пов'язану з нею систему кіберзахисту на рівні саме областей (регіонів).

2. У дисертаційній роботі на стор. 60 зазначено, що до пріоритетних завдань розвитку належить «збереження архітектури РДД (ринок двосторонніх договорів) / РДН (ринок «на добу наперед») / ВДР (внутрішньодобовий ринок) / БР (балансуючий ринок) / РДП (ринок допоміжних послуг), але з додаванням регіонального шару сервісів й інструментів», проте не зрозуміло, про які саме регіональні сервіси та інструменти йде мова у контексті запровадженої в Україні моделі ринку.

3. Зі сторінки 85 дисертації не ясно, чому дисертант обмежився лише показниками оцінювання надійності SAIDI та ENS, хоча у стандарті IEEE 1366 наведено досить широкий перелік показників оцінювання надійності, які б дали змогу більш точно оцінити збитки пов'язані з різними типами перерв в електропостачанні. Зазначені показники також було б доцільно включити до переліку KPI РЕС.

4. На стор. 116 дисертації автор вживає термін «якість енергозабезпечення», проте з самої роботи не зрозуміло як цей термін корелюється з терміном якості електропостачання згідно з EN 50160 і чи корелюється взагалі.

5. У розділі 5.3 дисертації, ресурс керування попитом обмежується доступним технічним потенціалом, однак недостатньо деталізовано відмінність між скороченням, перенесенням і відновленням навантаження після активації. Без цього важко оцінити, чи не утворює перенесений попит нового піку за межами інтервалу керування.

6. У розділах 4.5 та 5.3 враховано потужнісні та енергетичні обмеження накопичувачів (вирази 4.15 і 5.5 та таблиці 5.3 і 5.6), проте недостатньо простежувано узгодження резервного призначення накопичувача з його використанням у типовому добовому циклі. Зокрема, потребують явної фіксації початковий і кінцевий стани заряду та запас енергії, що залишається доступним для аварійної підтримки.

7. У розділі 5.3 міжсекторні перетворення (вирази 5.5 і 5.6) описано через коефіцієнти ефективності, але недостатньо оцінено вплив такого спрощення на допустимість спільних режимів електричної й теплової підсистем. Для CHP істотною є область допустимих співвідношень електричної та теплової потужності, а для P2H – тип технології й залежність коефіцієнта перетворення від умов роботи. Доцільно визначити межі застосовності сталих коефіцієнтів і перевірити хоча б одну конфігурацію за уточненими технологічними характеристиками.

8. У розділах 3.3 та 5.3 мережеві можливості відображено переважно на агрегованому рівні (через обсяги імпортно-експортних перетоків), що недостатньо для підтвердження можливості доставки кожного сервісного ресурсу до конкретного споживача. Балансова достатність не гарантує допустимих рівнів напруг і завантаження окремих елементів мережі. Для цього потрібна перевірка вибраної конфігурації на тестовій вузловій схемі з подальшим розрахунком усталеного режиму, що дало б змогу уточнити межу між регіональним плануванням і технічним обґрунтуванням інтеграції ресурсів.

9. У дисертації часто згадується термін «стійкість» по відношенню до РЕС, проте з роботи не зрозуміло про стійкість яких саме систем йде мова. Так, у розділі 4.5, стійкість розкрито через критичність навантаження, глибину порушення та швидкість відновлення (вираз 4.15), тоді як у розділі 5.3 базовий індекс формується на основі забезпеченості попиту (вираз 5.6). Недостатньо наочно показано, як результати за спрощеним індексом співвідносяться з динамічними характеристиками відновлення. Доцільно порівняти два сценарії з близьким ENS, але різною тривалістю перерв, та визначити, у яких випадках ранжування конфігурацій за цими підходами збігається або відрізняється.

10. У розділах 6.3 та 6.5 описано інформаційно-аналітичні та координаційні функції регіональних систем енергетичного менеджменту та систем прийняття управлінських рішень стосовно сервіс-орієнтованого розвитку регіональних енергосистем, проте не конкретизовано, як втрата зв'язку або недоступність керування змінює розрахункову сервісну спроможність агрегованих ресурсів, що потребує передбачити сценарій часткової втрати керованості.

11. У дисертаційній роботі використовуються деякі терміни, які не є загальноприйнятими, такі як «альтернативні джерела енергії» замість «відновлювані джерела енергії», «прос'юмер» замість «активний споживач» та ін., також наявний ряд граматичних помилок (неправильні відмінки, коми після крапок, розриви прізвищ та ініціалів новим рядком та ін.), що дещо ускладнює сприйняття роботи

Наведені зауваження стосуються деталізації технічних умов, відтворюваності окремих розрахункових процедур та меж застосування агрегованих моделей. Вони не заперечують основного методологічного результату й не змінюють загальної позитивної оцінки дисертаційного дослідження.

Відповідність реферату змісту дисертаційної роботи

У рефераті представлено мету, завдання, наукову новизну, зміст основних розділів, результати розрахунків та прикладні положення дослідження. Основна логіка відповідає послідовності розгортання дисертаційної роботи: від концепції

сервіс-орієнтованого розвитку до балансово-оптимізаційних моделей, сценарної перевірки й механізмів застосування. Наведені положення дозволяють сформувати уявлення про предмет, головні результати та практичну спрямованість роботи.

Загальний висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам

Дисертаційна робота Євтухової Тетяни Олександрівни «Методологічні засади сервіс-орієнтованого розвитку регіональних енергосистем» містить сукупність взаємопов'язаних результатів, спрямованих на розв'язання важливої науково-прикладної проблеми формування методологічних засад узгодженого підвищення ефективності, самодостатності та стійкості енергозабезпечення регіонів на основі інтеграції енергетичних сервісів.

Наукове значення визначається поєднанням сервісного опису цільових результатів із фізичними балансами, міжсекторною взаємодією та сценарно-оптимізаційним аналізом. Практична цінність полягає у можливості обґрунтовувати конфігурації різнорідних енергетичних ресурсів і порівнювати їх за сервісною достатністю, витратами й стійкістю. Зміст дослідження належить до спеціальності 05.14.01 «Енергетичні системи та комплекси».

Вважаю, що за актуальністю теми, змістом основних наукових положень, новизною, практичним значенням, змістом і оформленням дисертаційна робота повністю відповідає вимогам п. п. 6, 7, 8, 9 Постанови КМ № 1197 «Деякі питання присудження (позбавлення) наукових ступенів» від 17 листопада 2021 р., що їх пред'являють до докторських дисертацій, і рекомендується до захисту на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук в спеціалізованій вченій раді Д26.223.01, а її авторка – Євтухова Тетяна Олександрівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.14.01 – «Енергетичні системи та комплекси».

Офіційний опонент,
завідувач кафедри автоматизації енергосистем
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського» МОН України,
доктор технічних наук, доцент Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

Підпис гр. ЗАСВІДЧУЮ
Відділ кадрів та діловодства
( )
підпис пр-ще

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Відділ кадрів і архівної справи № 6