

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, заступника директора
ТОВ «Енергоменеджмент»
Борисенка Андрія Володимировича
на дисертаційну роботу Євдокімова Володимира Анатолійовича на тему
«Методи та засоби комп'ютерного моделювання мультиагентного процесу
ціноутворення в організаційно-технічних системах», представлену на здобуття
ступеня доктора технічних наук за науковою спеціальністю
01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

1. Актуальність обраної теми дисертації.

Сучасні складні організаційно-технічні системи (СОТС), які здійснюють свою діяльність в конкурентному ринковому середовищі, до числа яких безумовно відноситься електроенергетичний комплекс та система формування цін на ринку електроенергії потребують неперервного вдосконалення механізмів функціонування, тобто узгоджених процедур прийняття рішень з організаційної, оперативної-технологічної, інформаційної взаємодії її суб'єктами.

Представлена робота присвячена дослідженню методів та засобів комп'ютерного моделювання процесу ціноутворення у складній людино-машинній організаційно-технічній системі в енергетиці, яка характеризується діяльністю різнобічних взаємозалежних підсистем на внутрішньому та зовнішньому рівнях. Такі підсистеми мають різні цілі та методи управління, що призводить до виникнення суперечностей в їх взаємодії, і водночас ускладнюється розмірами системи, істотною мінливістю в часі та необхідністю швидкого реагування при прийнятті рішень. Ці та інші ускладнення формують суттєві вимоги до математичного та інформаційно-технологічного забезпечення засобів підтримки прийняття рішень - необхідно описати та проаналізувати взаємодіючу багаторівневу ієрархічну систему, кожен з вузлів якої може мати власні цілі та стратегії поведінки.

Крім цього, від ефективності всієї системи залежить ефективність інших систем, зокрема, рівень життя населення або собівартість продукції національної економіки внаслідок застосування тарифів, що встановлюються в межах організаційно-технічної системи в енергетиці, що досліджується в роботі.

Сучасний розвиток електроенергетичного комплексу країни супроводжується широкомасштабним впровадженням відновлювальних джерел енергії, а також появою на ринку електричної енергії активних споживачів, які суттєво впливають на взаємовідносини між учасниками ринку та систему формування цін на ринках електроенергії. Це відповідає реалізації основних складових концепції 3D (децентралізація, декарбонізація та діджиталізація).

Такі перетворення призводять до кардинальних змін в структурі виробництва та споживання електричної енергії, і як наслідок, створюють нові проблеми та виклики для регуляторних органів. Серед проблем, що виникають, можна вказати наступні: високу вартість впровадження моделі ринку; складну структуру ринку та наявність у ньому взаємодіючих сегментів; неминучу волатильність та

ІПМЕ вк. 396
06.12.2024

маніпулювання спотовими цінами; маніпулювання з боку окремих гравців, які мають ринкову владу; неефективні інвестиції; складність зниження вартості генерації; непередбачуваність цін на ринках енергоресурсів; некупність виробництва електроенергії частки генеруючих потужностей (зокрема, відновлювальної енергетики); нерівний розподіл доходів від реалізації спільно виробленої і поставленої споживачам продукції. Тому в багатьох країнах створюються імітаційні моделі функціонування електроенергетичних ринків для проведення досліджень з урахуванням особливостей їхньої роботи, що надає можливість пошук найбільш раціональних і оптимальних механізмів розподілу доходів між сегментами ринку та їх суб'єктами.

Таким чином, дана дисертаційна робота, яка присвячена вирішенню науково-прикладної проблеми розробки методів та засобів математичного та комп'ютерного моделювання процесу формування цін у СОТС ціноутворення, програмно-апаратних засобів комп'ютерної системи моделювання задля організації інформаційно-технологічного забезпечення щодо вирішення задач моделювання та обчислення у процесі ціноутворення на ринку електроенергії, є актуальною.

2. Зв'язок дисертаційної роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження за темою дисертаційної роботи проведені в Інституті проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України відповідно до наукового напрямку (проблеми) та найважливіших проблем фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук – п.1.7.5.1. Ринки палива та енергії та плану науково-дослідних робіт НАН України в межах фундаментальних і прикладних держбюджетних тем, науково-дослідних робіт інституту:

- «Дослідження моделей інформаційного забезпечення і розробка експериментальної інтелектуальної системи підтримки рішень для управління енергетичними системами» (шифр: «Провайдер»), державний реєстраційний № 0118U005406;

- «Розвиток теорії побудови системи підтримки прийняття рішень щодо формування торгових заявок з поставки електроенергії генеруючими компаніями» (шифр: «Генерація»), державний реєстраційний № 0115U004341;

- «Теоретико-ігрові моделі та методи мінімізації ризиків для систем підтримки прийняття рішень з управління попитом на ринку» (шифр: «Потенціал»), державний реєстраційний № 0121U000392;

- «Розроблення системи моделювання ОЕС України з великими частками обсягів виробництва електроенергії енергоблоками АЕС та енергетичними установками, що використовують ВДЕ» (Підтримка пріоритетних для держави наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України на 2022 - 2023 рр.) (шифр: «Модель ОЕСУ»), державний реєстраційний № 0122U002122.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень та їх достовірність.

Ступінь обґрунтованості результатів є високим, здобутки викладено за належною аргументацією, із наданням посилань на відповідні джерела. Наукові

положення, висновки і рекомендації дисертаційного дослідження достатньо обґрунтовані та достовірні, що досягнуто за рахунок: застосування системного підходу до постановки задач досліджень та їх належного теоретичного обґрунтування; деталізованого дослідження факторів, що впливають на процес ціноутворення в складній організаційно-технічній системі; послідовності виконання та інтерпретації результатів розрахунково-експериментальних досліджень; використання достовірної актуальної та ретроспективної інформації для моделювання та перевірки адекватності запропонованих моделей, а також комп'ютерних засобів задля проведення обчислень у процесі ціноутворення на ринку електроенергії.

Строгість викладення матеріалу забезпечується використанням математичного апарату та засобів формалізації. Отримані висновки та рекомендації є достатніми.

4. Наукова новизна отриманих результатів.

Розробка, аналіз та відпрацювання рішень з вдосконалення функціонування СОТС ціноутворенням вимагають вирішення сукупності задач з формування обмежень діяльності агентів ринку задля збереження його стійкості. Без математичного та комп'ютерного моделювання процесів ціноутворення вирішення цих задач неможливе. Також необхідною є: підготовка первинної інформації шляхом розробки уніфікованих засобів структуризації та математичного опису досліджуваного процесу, обробки та зберігання даних, що характеризують стан системи ціноутворення; забезпечення якості моделюючих засобів; дослідження моделей, інтерпретація результатів моделювання та ін. Не менш важливими є задачі моніторингу та аналізу показників, що характеризують особливості взаємодії підсистем та вузлів ціноутворення.

У відповідності до наданих текстів реферату та дисертації до основних наукових результатів можна віднести:

- запропоновано математичний опис процесу ціноутворення у складних організаційно-технічних системах як сукупності формалізованих дій з виробництва та споживання товару в реальних умовах організаційної, технологічної та інформаційної взаємодії суб'єктів товарного ринку, що дає можливість провести декомпозицію та структурувати процес ціноутворення;

- запропоновано метод вузлової трансформації процесу ціноутворення на ринку електроенергії, застосування якого надає можливість здійснювати аналіз цінової динаміки у вузлах всього поточкорозподілу електроенергії та її вартості від виробника до кінцевого споживача, з використанням обчислювальних процедур визначення індексів цін;

- розроблення процесу формування цін на ринку електроенергії за участю багатьох агентів, застосування якого надає можливість побудувати структуровану систему мультиагентного процесу ціноутворення;

- розроблення комп'ютерної моделі оптимізаційної задачі пошуку рівноважного стану сегменту ринку «на добу наперед» надає можливість використовувати її як альтернативну модель в резервній системі програмного забезпечення проведення торгів на аукціоні Оператора ринку;

- розроблення методу кількісної оцінки рішень щодо інтеграції сегментів

ринків електроенергії «на добу наперед» України та Європейського Союзу, що надає можливість здійснення попереднього аналізу наслідків з'єднання таких ринків;

- розроблення структурної організації програмного забезпечення комп'ютерної системи моделювання процесу ціноутворення, що дає можливість створення програмно-апаратної системи процесу ціноутворення, як базового компонента системи підтримки прийняття рішень.

5. Практичні результати роботи.

Значущість результатів дисертації для практики полягає у тому, що розроблені та запропоновані автором методи, моделі та засоби забезпечують можливість їх використання для поточних практичних завдань агентів ринку, що виникають у процесі ціноутворення. А саме:

1. Модель збирання даних щодо динаміки змін кількісних та якісних показників функціонування об'єктів альтернативної електроенергетики, що дозволяє здійснювати збір і систематизацію актуальної інформації про об'єкти, з необхідною дискретністю у часі, розширяє можливості її подальшого використання у вирішенні наукових і практичних задач інтеграції зазначених об'єктів до централізованої електроенергетичної системи, удосконаленню механізмів ціноутворення на ринку електроенергії.

2. Комп'ютерна модель оптимізаційної задачі пошуку рівноважного стану ринку «на добу наперед» (РДН) та запропонований алгоритм її ітераційного розв'язку, які пов'язані з визначенням оптимальних цін та обсягів купівлі-продажу електроенергії на РДН знайшли застосування та використовуються при проведенні торгів на аукціоні РДН в резервній системі програмного забезпечення оператора ринку.

3. Представлена в дисертаційній роботі комп'ютерна система моделювання використовувалася при виконанні господарських договорів з енергетичними компаніями, суб'єктами ринку електричної енергії, під час вирішення поставлених ними задач аналізу цінової динаміки в вузлах всього ланцюгу від виробника до кінцевого споживача, із здійсненням прогнозування цін на РДН, аналізу динаміки ціноутворення на ринку та вироблення рекомендацій щодо розробки стратегії купівлі-продажу ЕЕ.

Документи, які підтверджують факт впровадження та використання результатів дисертації, наведені у Додатку Б.

6. Структура та зміст дисертації.

Дисертація складається зі вступу, сьомі розділів, висновків, списку використаних джерел та 4 додатків. При цьому, загальний обсяг дисертації складає 310 сторінок, у тому числі 241 сторінок основного тексту, включаючи 12 таблиць та 38 рисунків.

Розділ 1 дисертації присвячено огляду та аналізу публікацій, присвячених вирішенню науково-практичних проблем розвитку ринку електроенергії як складної організаційно-технічної системи. Цей розділ можна вважати розширеним обґрунтуванням актуальності обраної теми дисертаційної роботи та висновків, які

підтверджують актуальність та необхідність проведення розглянутих у роботі досліджень.

Розділ 2 присвячено важливим питанням постановки і вирішення прикладних задач моделювання досліджуваного процесу ціноутворення, а саме питанням його математичного опису як сукупності формалізованих етапів та стадій процесу ціноутворення.

Розділ 3 присвячено розробці методів, призначених для вирішення як наукових, так і прикладних практичних завдань аналізу динаміки зміни цін на ринку електроенергії. Запропоновано метод аналізу вузлової трансформації процесу ціноутворення та метод оцінки результатів з'єднання ринків електричної енергії «на добу наперед» України з європейськими країнами. Наведено приклади їхнього застосування для вирішення завдань аналізу і дослідження особливостей процесу формування цін на ринку в умовах зміни в структурі виробництва і споживанні електричної енергії у об'єднаної енергетичної системі.

Розділ 4 присвячено опису математичної моделі оптимізаційної задачі моделювання рівноважного стану сегменту ринку «на добу наперед» та на підставі цього розроблено обчислювальний алгоритм та програму його реалізації задля розв'язання оптимізаційної задачі моделювання рівноважного стану і визначення рівноважної ціни електроенергії на підставі цінових заявок виробників та постачальників електричної енергії.

Розділ 5 роботи присвячено розгляду теоретичних і прикладних засад розробки сучасних засобів інформаційно-технологічного забезпечення комп'ютерної системи моделювання в електроенергетиці. При цьому, пропонується підхід щодо вирішення задачі побудови комп'ютерної системи моделювання процесів ціноутворення з розвиненими засобами об'єктно-орієнтованого моделювання шляхом формування єдиного уніфікованого моделюючого середовища користувачів – енергетичних компаній як суб'єктів ринку електроенергії.

Розділ 6 присвячено питанням побудови програмно-апаратного забезпечення комп'ютерної системи моделювання процесу ціноутворення, яку реалізовано на платформі алгоритмічного моделювання для учасників ринку електричної енергії, що працює в тестовому режимі.

Розділ 7 присвячений постановці та аналізу способу вирішення проблеми управління попитом на ринку електроенергії задля забезпечення задач оперативного планування електроспоживанням. На основі проведеного аналізу методів та засобів побудови моделей короткострокового прогнозування пропонуються моделі оперативного прогнозування показників стану ринку електроенергії (цін, обсягів) в режимі близькому до реального часу. Наведено також приклади побудови комп'ютерних моделей та засобів інформаційно-методичного забезпечення комп'ютерної системи моделювання для вирішення прикладних задач аналізу та прогнозу попиту на ЕЕ у процесі ціноутворення.

У загальних висновках сформульовані основні наукові теоретичні та практичні результати, які показують, що поставлені завдання дисертаційної роботи вирішені і мета досліджень в повній мірі досягнута з чим погоджуюсь.

7. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності.

Аналіз дисертаційного дослідження та використані джерела, свідчить про відсутність порушення академічної доброчесності автором дослідження.

8. Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 40 наукових працях, у складі яких: 1 – колективна монографія, яку опубліковано у закордонних виданнях, індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus; 2 – одноосібна монографія, 19 – статті у періодичних фахових виданнях, з яких 4 – у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science Core Collection, у тому числі 3 з квантилем Q3; 19 – матеріалів доповідей на наукових конференціях, у тому числі 7 міжнародних, із яких 1 проіндексована у міжнародній наукометричній базі Scopus.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

9. Відповідність реферату текстові дисертації. Реферат правильно та у повній мірі відображає зміст роботи, основні наукові положення та висновки дисертаційної роботи ідентичні наведеним у авторефераті.

Зміст реферату відповідає тексту дисертації. Список публікацій реферату відповідає спискам публікацій, наданим в анотації і у додатках до основного тексту дисертації.

Наведений перелік публікацій у рефераті та дисертації містить однаковий авторський внесок у роботах, що опубліковані у співавторстві.

Використання матеріалів кандидатської дисертації у тексті докторської дисертації не виявлено.

10. Зауваження до змісту дисертаційної роботи.

1. В роботі відзначено зростаючий вплив некерованих режимів ВДЕ, зокрема сонячних та вітрових електростанцій, на функціонування енергосистеми та ринку електричної енергії. В той же час недостатньо висвітлене питання прогнозування режимів роботи ВЕС та СЕС.

2. Автором представлено Модель оперативного прогнозування попиту на сегменті ринку «на добу наперед». При цьому не представлений аналіз альтернативних підходів щодо прогнозування попиту.

3. На сторінках 56-63 дисертації наведено переконливі приклади недосконалості чинної системи формування цін на ринку електроенергії. Але і з дисертації залишається не зрозумілим, яким чином запропоновані автором засоби моделювання допоможуть у вирішенні описаних проблем.

3. На мій погляд, в розділі 6 можна було б повніше представити результати створення та застосування інформаційно-методичного середовища моделювання та інформаційного-комунікаційного середовища агентів енергоринку, що б покращило вигляд роботи.

4. Також слід зазначити, що робота іноді важкувато читається, але це відноситься до стилю автора, який має право на існування, підкреслюючи

складність взаємопов'язаних задач, які він вирішує. За текстом дисертації зустрічаються несуттєві орфографічні, синтактичні та стилістичні помилки.

5. Загальне зауваження до характеру викладення тексту дисертації: у частині коментарів і роз'яснень, здобувачеві варто було їх подавати у більш стислій формі.

11. Висновок про дисертаційну роботу.

Наведені зауваження стосуються окремих складових дисертаційної роботи та не знижує наукову і практичну цінність результатів роботи її загальну позитивну оцінку.

У цілому, представлена дисертаційна робота здобувача Євдокімова Володимира Анатолійовича «Методи та засоби комп'ютерного моделювання мультиагентного процесу ціноутворення в організаційно-технічних системах» є завершеною науковою працею, сукупність теоретичних та практичних результатів якої розв'язує поставлену науково-прикладну проблему. Дисертаційна робота виконана на високому рівні і є завершеною науково-дослідною працею в якій отримані наукові результати із розробки методів, моделей та засобів моделювання досліджуваного процесу. Поставлена мета, на мою думку, відповідає окресленій проблемі, і є досягнутою.

Структура і зміст дисертації повністю відповідають науковій спеціальності 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Дисертаційна робота цілком відповідає вимогам «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №1197 від 17 листопада 2021 року, а її автор Євдокімов Володимир Анатолійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук.

Офіційний опонент:
доктор технічних наук,
професор, заступник директора
ТОВ «Енергоменеджмент»



Андрій БОРИСЕНКО