

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Горського Віталія Вікторовича**

**«Триетапний метод прогнозування попиту на енергоресурси»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Актуальність теми дослідження, її зв'язок з науковими програмами, планами, темами.** Сучасні умови економічного та суспільно-політичного розвитку України вимагають істотного удосконалення методології і розрахункових математичних моделей для розроблення енергетичних прогнозів, підвищення їх точності й розширення фронту прогнозування. Значний обсяг руйнувань виробничих підприємств у всіх галузях економіки, демографічні зміни, міграція населення, яких продовжує зазнавати країна протягом воєнного стану, визначають необхідність створення нових моделей і методичних підходів до розробки прогнозів, які дозволять врахувати різкі й неузгоджені зміни всіх складових загальноекономічного балансу, можливості нерівномірного відновлення промисловості в регіонах країни, впровадження значних обсягів енергоефективних технологій іноземної розробки, недоліки статистичного обліку тощо. Можливості оцінювання одночасного впливу цих факторів мають бути відображені перш за все в моделях прогнозування енергетичного розвитку, що дозволить значно підвищити ефективність планування і управління процесами відновлення у суспільстві. Крім того, прогнозування споживання енергетичних ресурсів на середньо- та довгострокову перспективу у разі значних структурних зрушень і технологічних змін є одним із визначальних чинників забезпечення економічної стабільності розвитку країни, оскільки лише адекватні методично обґрунтовані та інформаційно забезпечені прогнози, що гарантують високий рівень точності оцінювання показників, можуть бути ефективним інструментом перспективного планування та керування економікою.

Недоліком використання загальноприйнятих підходів, наприклад застосування дворівневої математичної моделі прогнозування енергоспоживання, яка передбачає формування відповідних показників на рівнях країни та за класифікацією видів економічної діяльності (КВЕД), є значні розбіжності цих прогнозів, спричинені, як правило, різними джерелами статистичної інформації. Такий підхід потребує розробки окремих методів узгодження результатів прогнозування на цих рівнях.

Тому обрана тема дисертації Горського В.В. є беззаперечно актуальною, враховуючи сучасні умови соціально-економічного розвитку країни, які потребують забезпечення стабільності та економічності функціонування всього

народно-господарського комплексу в процесі його відновлення, на всіх етапах глибокої структурної трансформації та технологічних інновацій, що передбачаються на тривалий період часу.

**Актуальність обраної теми дисертаційної роботи Горського В.В.** також підтверджується тим, що основні результати, отримані в цьому дослідженні, увійшли до складу низки наукових робіт, які були виконані в Інституті загальної енергетики Національної академії наук України протягом 2019-2021 рр.: «Розвиток комплексного методу прогнозування енергоспоживання з урахуванням специфіки енерговикористання сектору загального державного управління, некомерційних організацій та домогосподарств (фундаментальна, ДР № 0119U100114), «Розвиток методу повної енергоємності для визначення ефективності багатопродуктових енергоємних виробництв (прикладна, ДР № 0119U100113), при виконанні наукових досліджень за стипендією НАН України на тему «Удосконалення методу оцінки потенціалу енергозбереження за повний технологічний цикл при комбінованому виробництві енергоносіїв протягом 2020-2022 р.

**Оцінка наукового рівня дисертації.** Дисертаційна робота Горського В.В. викладена на 175 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, 5 розділів з висновками до розділу, загальних висновків, списку використаних джерел та 6 додатків. Обсяг основного тексту дисертації становить 149 сторінок друкованого тексту. Робота містить 47 таблиць та 6 рисунків. Список використаних джерел налічує 112 найменувань, з них 80 кирилицею та 32 латиницею.

У *першому* розділі дисертації наведено результати аналітичного огляду існуючих моделей довгострокового прогнозування попиту на енергоресурси, перелік основних параметрів цих моделей, описані рівні їх групування для формування прогнозів відомих типів.

У *другому* розділі роботи у розвиток комплексного методу прогнозування попиту на енергоресурси на основі дворівневої моделі прогнозування енергоспоживання на рівнях країни та видів економічної діяльності запропоновано триетапний метод і трирівневу математичну модель прогнозування енергоспоживання на рівнях країни, регіонів та видів економічної діяльності регіонів. Для цієї моделі доведено, що вибір енергоємності валової доданої вартості (ВДВ) на всіх рівнях прогнозування енергоспоживання, як показника енергетичної ефективності відповідного рівня, на відміну від енергоємності валового внутрішнього продукту (ВВП) на верхньому рівні та енергоємності валового регіонального продукту (ВРП) на другому, зменшує розбіжність між отриманими прогнозами. Крім того, запропоновано два етапи узгодження отриманих прогнозів. Перше узгодження – між сумарним обсягом енергоресурсу за ВЕД в регіоні та регіональним обсягом енергоспоживання з подальшим підсумовуванням

результатів по всіх регіонах і друге узгодження – між сумарним регіональним рівнем і національним з подальшим розподілом остаточно узгодженого прогнозу зверху донизу.

*Третій* розділ присвячено розвитку методу оцінки енергетичної ефективності на прикладі виробництва теплової та електричної енергії на теплоелектроцентралі. Запропоновано ієрархічні рівні визначення енергоємності цих енергетичних продуктів: технологічного агрегату, технологічного процесу чи цеху виробництва кінцевої продукції, підприємства (електростанції), країни в цілому. Удосконалено методичний підхід до визначення кількох видів енергоємності теплової та електричної енергії шляхом врахування коефіцієнтів розподілу спільних енергетичних витрат. Запропоновано показник технологічної енергоємності із врахуванням енергоємності природоохоронних заходів, що дозволило оцінити енергетичні витрати на зменшення шкідливого впливу на довкілля у конкретній технології. До складу повної заводської енергоємності включено оновлену технологічну, а також енергоємності трудовитрат і основних виробничих фондів, що обчислюються за існуючими методами із використанням запропонованого коефіцієнта розподілу цих спільних енерговитрат. До складу повної енергоємності додатково включено оновлену повну заводську та енергоємність видобутку та транспортування палива до ТЕЦ згідно діючого ДСТУ 3682-98 з використанням запропонованого коефіцієнту розподілу цих спільних енерговитрат.

У *четвертому* розділі для оцінки показника технічно можливого потенціалу енергозбереження вперше використано новий показник технологічної енергоємності енергоносіїв та застосовано нову розрахункову математичну модель його визначення, яка враховує крім питомих енергетичних витрат на основні та допоміжні технологічні процеси, енергоємність природоохоронних заходів. Показано, що для визначення економічно доцільного потенціалу енергозбереження найкраще використовувати показник повної заводської енергоємності, що включає крім технологічної складової ще й енергоємність основних виробничих фондів та енергоємність трудовитрат.

У *п'ятому* розділі наведено результати розрахунків прогнозування електричної та теплової енергії за розробленою трирівневою математичною моделлю. Визначено загальний попит на теплову та електричну енергію до 2040 року по країні, регіонах та видах економічної діяльності регіонів країни за прогнозною регіональною структурою відносно 2017 р. з урахуванням очікуваних втрат енергоресурсів, які до 2035 року досягнуть нормативних показників, та попиту на енергоресурси для населення. Прогнози виконано у довоєнний період станом на 31.12. 2021 р. Вони враховують ті тенденції, які були закладені для подолання COVID-пандемії (темпи відновлення економіки після стагнації).

У висновках дисертаційної роботи викладено найбільш важливі наукові та практичні результати отримані в результаті дослідження. Наведено результати прогнозування загального попиту на теплову та електричну енергію до 2040 року по країні, регіонах та видах економічної діяльності регіонів країни за допомогою розробленої трирівневої математичної моделі за прогнозною регіональною структурою відносно 2017 року. Очікуване прогнозне споживання електричної енергії у 2030 р. становитиме 142,68 млн кВт год, у 2040 р. – 208,82 млн кВт год. Відповідне споживання теплової енергії очікується на рівні 94,5 млн Гкал – у 2030 р., та 128,3 млн Гкал у 2040 р. Встановлено, що розроблений триетапний метод прогнозування попиту на енергетичні ресурси дає розбіжність у межах 2% із результатами прогнозів, отриманих за комплексним методом, що дозволяє використовувати його у разі наявності статистичної інформації лише в регіональному розрізі. Оцінка достовірності прогнозів на 2020 р. відносно фактичних даних показує дещо занижені дані з похибкою у 7,7% для електроенергії та 6,2% для теплової енергії. Така збіжність є в межах прийнятної похибки.

**Оцінка рівня публікацій здобувача.** За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 7 наукових праць, серед яких 2 статті у наукових виданнях, проіндексованих в наукометричній базі SCOPUS. Апробацію матеріалів дисертації засвідчено у 7 публікаціях матеріалів міжнародних та вітчизняних наукових та науково-практичних конференцій.

Основні наукові результати, отримані автором дисертації, наведено у наукових працях, поданих у списку публікацій.

**Новизна представлених теоретичних та/або експериментальних результатів проведених здобувачем досліджень.** Наукова новизна виконаного дослідження полягає перш за все в розробленні автором цілісного підходу до прогнозування попиту на енергетичні ресурси, до принципово відмінних елементів якого належать додавання нового ієрархічного рівня моделювання економіки, а саме регіонального рівня, визначення процедур його узгодження з нижнім та верхнім рівнями – за видами економічної діяльності, та країни, відповідно, а також запровадження єдиного показника енергоефективності – енергоємності валової доданої вартості (ВДВ) на всіх трьох рівнях прогнозування.

Тому серед найбільш важливих нових результатів, представлених в роботі, слід згадати наступні:

– розроблену вперше трирівневу математичну модель прогнозування енергоспоживання, в якій запропоновано використовувати однотипні показники енергоефективності – енергоємність валової доданої вартості (ВДВ) для відповідних ієрархічних рівнів з урахуванням регіональних особливостей економіки на відміну від використовуваних раніше показника енергоємності валового внутрішнього продукту (ВВП) на рівні країни та

енергоємності валового регіонального продукту (ВРП) на рівні регіону, використання яких збільшує розбіжність між прогнозами до 30 %.

– новий спосіб використання методу узгодження прогнозних рішень, адаптованого для міжрівневого узгодження результатів, отриманих за допомогою розробленої трирівневої математичної моделі прогнозування енергоспоживання, який передбачає узгодження суми енергоспоживання за ВЕД в регіоні та регіонального рівня з подальшим підсумовуванням результатів за регіонами на першому етапі, а також узгодження суми попередньо узгоджених регіональних рівнів з національним, що дозволяє зменшити похибку та врахувати у повному обсязі потенціали енергозбереження на нижніх рівнях, відповідно до регіональних програм енергозбереження.

– запровадження нового показника технологічної енергоємності, що містить коефіцієнт розподілу спільних енергетичних витрат на виробництво електричної і теплової енергії, а також враховує крім енергетичних витрат в основному та допоміжному обладнанні, витрати на природоохоронні заходи, які раніше враховувались лише у повній енергоємності продукції. Це дозволило оцінити частку енерговитрат на екологічні заходи при виборі технології спалювання палива в межах розробленого методу визначення технологічних потенціалів енергозбереження на рівні виробництва енергоносіїв.

#### **Наукова обґрунтованість представлених результатів здобувача.**

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується коректною постановкою завдань дослідження, використанням перевірених на практиці методів дослідження та комплексним аналізом отриманих результатів моделювання попиту на енергоносії, перевіркою розроблених моделей у розрахунках на даних ретроспективного періоду, а також підтверджуються практичним використанням, обговоренням на міжнародних конференціях та публікаціями у фахових виданнях. Сумнівів щодо достатності наукової обґрунтованості результатів немає. Висновки дисертаційної роботи є повними, логічними і відображають її цілісність та сутність.

**Рівень виконання поставленого наукового завдання.** Дисертаційна робота Горського В.В. є кваліфікаційною науковою працею, виконаною ним особисто, у якій вирішено наукове завдання з розробки математичних моделей і методів прогнозування попиту на енергетичні ресурси, які дозволили отримати прогнозні рівні споживання енергоносіїв одночасно на трьох ієрархічних рівнях економіки – країна, регіони, види економічної діяльності в регіонах, на основі використання доступних статистичних даних та з узгодженням отриманих прогнозів, що має важливе значення для паливно-енергетичного комплексу та економіки країни в цілому. Основні

положення та результати дослідження, викладені в тексті дисертації, отримано автором самостійно.

### **Рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.**

Горський В.В. у повній мірі оволодів методологією наукових досліджень, що підтверджується використанням сучасних методів наукових досліджень, насамперед, системного аналізу, статистичного, розрахункового, прямого рахунку та нормативного методів, а також методу узгодження прогнозних рішень.

### **Відомості про дотримання академічної доброчесності.**

У дисертації Горського В.В. фактів академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації отриманих результатів, не виявлено. Дисертація Горського В.В. повністю відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44.

### **Недоліки та зауваження до роботи.**

1. Формулювання мети і задач дослідження на стор. 25 дисертаційної роботи містить текст «Метою дослідження є розвиток комплексного методу, математичної моделі та прогнозування попиту ...». Очевидно, що таке формулювання слід вважати стилістично недосконалим, оскільки в такому контексті йдеться наче б про непов'язані поняття «комплексний метод», «математична модель» та «прогнозування попиту», незрозуміло також, що читач має розуміти під «розвиток ... прогнозування попиту». Варто було б скористатися іншим зворотом, наприклад «... розвиток комплексного методу прогнозування попиту *на основі* математичної моделі ...» тощо.

2. У згаданому вище формулюванні мети і задач дослідження автор посилається на певний «комплексний метод» та дворівневу та трирівневу моделі прогнозування попиту на енергетичні ресурси без жодної специфікуючої інформації щодо цих моделей і методів. Проте, очевидною вимогою до такого формулювання є його інформаційна замкненість, яка має дозволити читачеві чітко зрозуміти смисл та властивості згадуваних об'єктів безпосередньо з цього тексту, не виходячи за межі даної частини документа. Слід було б точніше визначити чи назвати ці моделі і методи навіть за рахунок збільшення обсягу формулювання мети і задач дослідження.

3. Об'єкт дослідження на стор. 26 визначено досить нечітко. «Споживання енергетичних ресурсів ...» можна розглядати, зокрема, і як певний процес із змінними в часі показниками й технологічними особливостями перебігу. З подальшого тексту роботи зрозуміло, що мова йде про обсягові показники, як абсолютні, так і питомі, що стосуються базового року й прогнозного періоду. Саме ці терміни найбільш точно описують об'єкт дослідження.

4. У визначенні предмета дослідження, поданому на стор. 26, слід було б акцентувати увагу більше на запропонованій новій структурі множини показників енергоспоживання, що утворюється при введенні додаткового регіонального рівня обліку енергоносіїв, зв'язків між цими показниками в межах взаємоузгодженого використання відомих методів прогнозування й узгодження прогнозних рішень. Слід зауважити, що самі ці методи, як, власне, і способи їх застосування залишились фактично незмінними і посилання на них в контексті предмета дослідження виглядає дещо надмірним.

5. Огляд наявних на цей час методів і моделей прогнозування попиту на енергоносії, наведений у *першому розділі* роботи, є достатньо повним і завершеним. Проте, обґрунтування автором обраного для дослідження класу моделей зводиться лише до констатації можливості їх інформаційного забезпечення в Україні. Тут варто було б надати стислий аналіз можливостей моделювання і співставлення моделей відносно світових статистичних джерел. Це важливо в контексті інтеграційних прагнень країни.

6. У *другому розділі* роботи, присвяченому викладу комплексного триетапного методу на основі трьохрівневої моделі прогнозування енергоспоживання на довгострокову перспективу, деякі формули, що подають визначення показників енергоспоживання, містять певні неточності або друкарські помилки. Наприклад, у формулі (2.4) на стор. 53 прогнозний попит на енергоресурси у регіоні  $f$ , який позначається індексом регіону  $f$ , визначається у правій частині з виразу, до якого належать суми інших показників за тим самим індексом  $f$ , що унеможливило залежність лівої частини від цього індексу.

7. У пункті вступу «Структура і обсяг роботи» на стор. 31 зазначається, що список використаних літературних джерел налічує 113 найменувань, тоді як на стор. 149 видно, що робота містить 112 фактично наявних бібліографічних записів використаних джерел.

Наведені недоліки дисертаційної роботи Горського В.В. є невіршальними та не зменшують її наукової цінності і значення отриманих результатів.

### **Висновки щодо дисертаційної роботи.**

Дисертація Горського В.В. «Триетапний метод прогнозування попиту на енергоресурси» є завершеною науковою працею, у якій розв'язано наукове завдання, що має важливе значення для формування стійких трендів розвитку паливно-енергетичного комплексу та економіки країни.

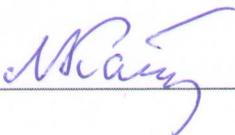
Основні результати дисертації Горського В.В. повністю відображені в 7 опублікованих наукових працях, серед яких 5 статей у наукових фахових виданнях України та 2 статті у наукових виданнях, проіндексованих в наукометричній базі SCOPUS. Апробацію матеріалів дисертації засвідчено у 7

публікаціях матеріалів міжнародних та вітчизняних наукових та науково-практичних конференцій.

Вважаю, що Горський Віталій Вікторович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

### Рецензент

Кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник відділу трансформації структури паливно-енергетичного комплексу Інституту загальної енергетики НАН України

 Микола КАПЛІН

Підпис Капліна М.І. засвідчую.

Учений секретар Інституту загальної енергетики, канд. техн. наук



 Ірина ЛЕЩЕНКО