

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування Національного університету «Чернігівська політехніка»

ГРИЦУКА Ігоря Валерійовича

на дисертаційну роботу Тарасенко Тетяни Владиславівни «Розробка способу оцінки енергоефективності руху суден у внутрішньому судноплаванні», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – «Експлуатація та ремонт засобів транспорту»

1. Актуальність обраної теми та її зв'язок із державними програмами

Сучасний етап трансформації світової та європейської транспортної інфраструктури визначається глобальними імперативами декарбонізації, закріпленими в Європейському зеленому курсі (*European Green Deal*), галузевій стратегії *NALADES III* та регламентах Міжнародної морської організації (IMO). Внутрішній водний транспорт (BBT) традиційно позиціонується як найбільш екологічно сприятливий та енергоефективний сегмент логістичних ланцюгів. Водночас практична реалізація цього потенціалу стримується специфікою експлуатації флоту на внутрішніх водних шляхах (ВВШ), зокрема на такій складній трансконтинентальній магістралі, як річка Дунай (міжнародний водний шлях E 80).

Основою вантажоперевезень на Дунаї є каравани несамохідних барж (переважно типу «Європа-П»), що приводяться до руху суднами-штовхачами або самохідними вантажними суднами. Регуляторні та розрахункові інструменти моніторингу енергоефективності, що розроблялися переважно для морського торговельного флоту (індекси IMO: EEDI, EEXI, CII, EEOI), виходять із припущення про фіксовану геометрію судна, квазістаціонарний характер руху у глибокій воді та незмінність дедвейту впродовж переходу. Пряме перенесення цих підходів на внутрішнє судноплавання викликає

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»	
КАНЦЕЛЯРІЯ	
Вхідний №	308
Надійшло	29-09-26

методологічно неспроможним: склад каравану змінюється дискретно в ході одного рейсу, значну частку часу займають маневрові операції, шлюзування й технологічні проводки частинами через лімітуючі перекати, а глибина фарватеру H співмірна з осадкою каравану d (відношення $H/d \leq 2,0$, а на критичних перекатах — аж до 1,1 ... 1,2), що генерує різке нелінійне зростання гідродинамічного мілководного опору й перевитрату палива. За таких умов традиційний показник ЕЕОІ змінюється на 40–60 % лише за рахунок сезонних гідрологічних коливань, а під час порожніх маневрів чи проводок узагалі втрачає математичний зміст через нульову корисну транспортну роботу ($m_{\text{cargo}} = 0$).

Вирішення цієї науково-прикладної проблеми — розробка науково обґрунтованого, нормованого та операційно інваріантного способу оцінки енергоефективності суден і караванів у внутрішньому судноплаванні — є своєчасним, гостро затребуваним завданням галузі експлуатації водного транспорту.

Робота безпосередньо пов'язана з положеннями «Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» (розпорядження КМУ № 430-р зі змінами від 27.12.2024 р. № 1550), пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки за розділом «Енергетика та енергоефективність» (постанова КМУ від 09.05.2023 р. № 463), а також науково-дослідними роботами Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія»: «Підвищення енергоефективності у судноплаванні» (держ. реєстраційний номер 0118U007606) та «Підвищення ефективності експлуатації морських суден та суден внутрішнього плавання» (держ. реєстраційний номер 0123U101516), де автор виступала керівником НДР та відповідальним виконавцем.

2. Ступінь наукової новизни положень, висновків і рекомендацій

Наукова новизна дисертаційної праці Т.В. Тарасенко має фундаментально-прикладний характер для спеціальності 05.22.20 і полягає у

створенні цілісного теоретичного та алгоритмічного апарату оцінювання енергетичної досконалості перевізного процесу на річковому транспорті.

До найбільш вагомих результатів, що виносяться на захист і містять безсумнівну новизну, слід віднести:

1. Вперше:

- Розроблено спосіб оцінки енергоефективності руху суден внутрішнього судноплавства, що базується на гідрологічному нормуванні корисної транспортної роботи через безрозмірний коефіцієнт мілководного опору k_n . Це дозволило трансформувати емпіричний показник типу ЕЕОІ у порівнянний критерій, очищений від впливу зовнішніх випадкових збурень гідрологічного фону (рівня води, обмеження дна, швидкості зустрічної течії).

- Запропоновано посегментно-дискретну аналітичну модель формування інтегрального рейсового індексу з декомпозицією на чотири якісно відмінні фази (рух у повному складі, проводка, шлюзування, маневри) та введенням мультиплікатора $(2N - 1)$ для режиму розчалування каравану на мілководних перекатах, що усунуло сингулярність (невизначеність типу $0/0$ або $\text{const}/0$) при нульовому корисному навантаженні на окремих плечах рейсу.

- Сформовано ймовірісно-прогностичний апарат розрахунку енергоефективності, який синтезує авторегресійний аналіз короткострокових коливань рівнів води (AR(1) із параметром авторегресії $\phi = 0,90 \dots 0,99$) із симуляцією рейсу за методом Монте-Карло, що дозволяє зменшити невизначеність (звужити 95-відсотковий довірчий інтервал) прогнозу енерговитрат на плановий рейс приблизно на 22 %.

- Створено систему підтримки прийняття експлуатаційних рішень, структуровану за чотирма функціональними класами керування (швидкісний режим, геометрія каравану, еко-швидкість на мілководді, стан ГЕУ) з параметричними критеріями перемикання станів, узгодженими з діагностикою робочого процесу суднових дизелів за відносним зростанням питомої витрати $\delta \text{SFC} > 1,10$.

2. Удосконалено:

- Модель опору та розрахунку ефективної тягової потужності штовхача з баржовим караваном введенням уточненого мілководного формфактора ($1 + k^*$) та стохастичним позиціонуванням пропульсивного ККД (η_{prop}) як випадкової величини з фіксованим коефіцієнтом варіації (близько 5 %), на відміну від раніше використовуваних детермінованих спрощених коефіцієнтів.

3. Отримало подальший розвиток:

- Теорія експлуатації та енергетичного аудиту транспортних комплексів ВВТ завдяки масштабній просторово-часовій параметризації гідрологічного режиму всього судноплавного Дунаю (на базі обробки масиву 265 798 спостережень по 71 водомірному посту за 16 років);

- Метод аналітичної синхронізації та безрозбірної параметричної діагностики суднових середньообертових дизелів шляхом визначення фактичної індикаторної та ефективної потужності в умовах неможливості прямого тензометрування ліній валопроводів на річкових штовхачах;

- Застосування критеріїв оцінки модального зсуву (переорієнтації вантажопотоків з автомобільного транспорту на річковий) з доведенням екологічної переваги великовантажних дунайських караванів за повним паливним циклом (*Well-to-Wake*).

3. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Достовірність наукових результатів дисертації забезпечується коректністю вихідних фізичних і гідромеханічних передумов, суворим використанням апарату вищої математики, теорії ймовірностей, математичної статистики та методів чисельного моделювання.

Використані автором статистичні вибірки є репрезентативними:

- Гідрологічна модель спирається на суцільний масив офіційних гідрологічних щорічників Дунайської Комісії (2005–2020 рр., 71 пост, понад 265 тис. записів);

- Алгоритмічна модель верифікована на ретроспективній базі 14 реальних експлуатаційних рейсів ПрАТ «Українське Дунайське пароплавство» загальною довжиною понад 25 000 км, дискретизованих на 116 ділянок із різними конфігураціями караванів (від поодиноких переходів до 9 баржевих составів на Нижньому Дунаї);

- Розрахункові значення похибок та чутливості протестовані згідно з міжнародним керівництвом з вираження невизначеності вимірювань (*GUM*);

- Застосовані програмні засоби (власний парсер на Python для гідрологічних даних, моделювальне ядро у середовищі MS Excel з надбудовами) пройшли процедуру внутрішньої та натурної верифікації.

Висновки роботи повністю узгоджуються з теоретичними основами гідромеханіки мілководного плавання суден (роботи Zentari, Ringsberg, Tabaszek) та положеннями європейських дослідницьких проєктів PLATINA3 і GRENDL.

4. Значення результатів для науки та практики

Наукове значення результатів дослідження полягає у створенні теоретичної бази для нормованого порівняльного аналізу функціонування транспортних засобів в умовах багатofакторних гідрометеорологічних та колійних обмежень. Розроблено концептуальну парадигму переходу від статичних паспортно-конструктивних індексів енергоефективності до динамічних, адаптивно нормованих операційних оцінок для складних складених транспортних одиниць.

Практичне значення підтверджується доведенням теоретичних положень до рівня інженерних алгоритмів та прикладного програмного забезпечення, що не потребує встановлення дорогого бортового вимірювального обладнання і функціонує за штатною судновою документацією (суднові журнали, рейсові донесення, дислокаційні карти).

Розроблені рішення дозволяють:

- Виявляти та мобілізувати операційні резерви економії палива (на рівні 14,5–16,3 % на рейс) без кошовної переробки корпусу чи заміни ГЕУ суден;

- Оптимізувати швидкісні профілі руху та конфігурації составів під час подолання лімітуючих перекатів;

- Здійснювати техніко-економічне обґрунтування інвестиційних програм модернізації флоту та ремоторизації штовхачів;

- Забезпечити інтеграцію українських дунайських перевізників у європейську систему кліматичної звітності та сертифікації енергетичних класів суден.

Практичну цінність підтверджено відповідними актами впровадження:

1. У діяльність міжнародної Дунайської Комісії (Будапешт) при розробці Додатка 5 до «Дорожньої карти декарбонізації дунайського флоту»;

2. У виробничу діяльність ПрАТ «Українське Дунайське пароплавство» (впроваджено на штовхачах типу «Запоріжжя», зокрема на т/х «Механик Синилов»);

3. Під час експлуатаційного тестування на пасажирському круїзному теплоході *m/v Lisabelle*;

4. В освітній процес кафедри інженерних дисциплін Дунайського інституту НУ «Одеська морська академія» у профільних навчальних дисциплінах для підготовки магістрів водного транспорту.

5. Повнота викладу матеріалів дисертації в опублікованих працях

Основний науковий зміст дисертаційного дослідження відображено у 71 науковій праці, серед яких:

- 23 наукові статті у фахових виданнях України та зарубіжних наукових періодичних виданнях, у тому числі 4 статті у виданнях, проіндексованих у міжнародній наукометричній базі даних *Scopus* (зокрема журнал *Polish Maritime Research* — кuartиль Q2; *Scientific Bulletin of Naval Academy*, *JPCS* — кuartиль Q4);

- 2 колективні монографії (2020 та 2022 pp.);

- 48 публікацій матеріалів та тез доповідей на міжнародних науково-технічних конгресах, симпозиумах і конференціях (зокрема Міжнародний конгрес двигунобудівників, *SEA-CONF*, *MPP&O*, *MINTT*, Дніпровські читання тощо).

Структура публікацій, їх тематична спрямованість та хронологія повністю відтворюють етапи одержання основних наукових результатів, викладених у дисертації. Публікації у повній мірі відповідають чинним вимогам Міністерства освіти і науки України щодо публікаційного доробку здобувачів наукового ступеня доктора наук.

6. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації

Оцінюючи дисертаційну роботу Т. В. Тарасенко як ґрунтовне, цілісне і вагоме наукове дослідження, водночас вважаю за необхідне висловити низку зауважень, побажань і дискусійних запитань:

1. Щодо методики нормування опору на мілководді: У розділі 3 та Додатку Є для гідрологічного нормування транспортної роботи введено безрозмірний коефіцієнт k_H , розрахований через відношення глибини до осадки H/d . Проте у математичній моделі недостатньо повно висвітлено питання динамічного просідання судна на мілководді (*squat-ефект*), який при малих запасах під кілем суттєво змінює фактичну динамічну осадку d_{dyn} порівняно зі статичною осадкою каравану в порту відправлення. Здобувачу варто пояснити під час захисту, яким чином динамічний диферент і просідання враховуються у запропонованих таблицях рекомендованих значень k_H .

2. Щодо меж застосовності авторегресійної моделі $AR(1)$: При прогнозуванні рівнів води (підрозділ 3.5) використовується одновимірна лінійна авторегресійна модель першого порядку $AR(1)$. Для горизонту планування 6–8 діб коефіцієнт авторегресії є високим ($\varphi = 0,90 \dots 0,99$). Проте на річках басейну Середнього та Верхнього Дунаю внаслідок раптових зливових паводків на альпійських притоках (наприклад, р. Інн) процес зміни

рівнів набуває вираженого нелінійного і нестационарного характеру. Було б доцільно вказати, які похибки виникають у моделі в пікові періоди швидкоплинних дощових паводків та чи оцінювалася доцільність застосування авторегресій вищих порядків ($AR(p)$) або моделей класу ARIMA.

3. Щодо визначення фактичної потужності ГЕУ через відносний критерій δSFC : У підрозділах 3.3.3 та 4.3 автор елегантно розв'язує проблему відсутності прямих торсіометрів на лінійних валах річкових штовхачів за допомогою параметричної діагностики та використання індикатора $\delta SFC > 1,10$. Водночас на реальних суднах дунайського басейну віком понад 30–40 років значний вплив на питому витрату палива справляє якість бункерного палива (в'язкість, теплотворна здатність, цетановий індекс) та знос газотурбонагнітачів. Не зовсім зрозуміло, як в експлуатаційному алгоритмі диференціюється погіршення паливної економічності через загальний знос циліндро-поршневої групи від короточасного впливу некондиційного палива.

4. Щодо адаптації способу для пасажирських суден: У підрозділі 5.5 автор пропонує модифікацію способу для пасажирського судна *m/v Lisabelle* з заміною транспортної роботи на пасажиро-кілометри ($EE_{рах}$). Проте специфіка пасажирських круїзних суден полягає у надзвичайно високій частці витрати енергії на готельне навантаження (системи кондиціонування, вентиляції, камбуз, підігрів тощо), яка практично не залежить від режиму руху, глибини фарватеру та швидкості течії, а диктується комфортом пасажирів і температурою зовнішнього повітря. Доцільно уточнити, чи виділялася частка допоміжного споживання окремо при формуванні цільового індексу $EE_{рах}$.

5. Щодо врахування попутно-перехресного вітро-хвильового впливу: Моделювання гідродинамічного опору руху каравану (підрозділ 3.3) зосереджено переважно на мілководному терті, підпірному опорі та взаємодії корпусів барж у зчалі. Утім, на великих водосховищах («Залізні ворота I–II», Габчіково) та на широких плесах Нижнього Дунаю при формуванні великовантажних караванів (схеми 3:2, 3:3) надводний борт барж має значну площу парусності, де аеродинамічний та хвильовий опір суттєво коригують

потрібну потужність. Бажано було б кількісно оцінити чутливість моделі до дії вітрового фактора.

6. Щодо стохастичної варіації пропульсивного ККД (η_{prop}): У підрозділі 3.3.1 обґрунтовано удосконалення моделі шляхом виокремлення пропульсивного ККД як самостійної стохастичної величини з коефіцієнтом варіації близько 5 %. Водночас на річкових штовхачах Дунаю експлуатуються гвинти у поворотних насадках, ефективність яких суттєво залежить від кавітаційних явищ, підсмоктування повітря та аерації на гранично малих глибинах ($H/d < 1,3$). Було б доцільно ширше розкрити фізичні межі застосовності прийнятого діапазону варіації η_{prop} за умов критичного перевантаження гребного гвинта на перекатах.

7. Щодо оптимізації розміщення порожніх і завантажених барж у зчалі: У розділах 2 і 4 детально розглядаються типові схеми караванів (1:1, 1:2, 2:2, 3:3 тощо), а також технологія проводок частинами. Проте в реальній практиці при частковому завантаженні (наприклад, караван із 6 барж, з яких 4 навантажені, а 2 порожні) гідродинамічний опір і сумарна інтерференція хвиль кардинально різняться залежно від того, де встановлені порожні баржі — у першому поперечному ряду чи безпосередньо перед носом штовхача. В алгоритмах підтримки рішень розділу 4 це питання топологічної оптимізації зчалу залишилося поза детальною увагою.

8. Щодо архітектури та інтеграції програмного комплексу: Розроблене програмне забезпечення функціонує на базі електронних таблиць MS Excel із макросами VBA та розрахунковими модулями. З огляду на сучасні вимоги до цифровізації судноплавства та впровадження систем *Inland RIS* (Річкових інформаційних служб), інструмент значно виграв би, якби був реалізований або оформлений як окремий незалежний веб-сервіс чи вбудований API-модуль, здатний на пряму приймати NMEA-потоків навігаційних даних та AIS-повідомлення в автоматичному режимі.

9. Зауваження щодо оформлення, редактури та графічного матеріалу: У дисертації зустрічаються окремі редакційні неточності, повтори аббревіатур і

термінів у тексті пояснювальної записки та заголовках підрозділів, а також перевантаження текстової частини першого та другого розділів загальновідомими описовими відомостями щодо географічного розташування прибережних портів. Крім того, на окремих схемах караванів (зокрема, рис. 2.4–2.5) доцільно було б дати більш уніфіковані розмірні стрілки та чіткіше позначити взаємне положення буксирних ліній і замків автозчепів.

Висловлені зауваження, дискусійні міркування та побажання мають здебільшого науково-конструктивний характер, стосуються перспектив подальшого розширення запропонованого методологічного апарату і жодним чином не зменшують загальної високої наукової цінності, теоретичної глибини та практичної значущості виконаної дисертаційної роботи.

7. Відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертаційна робота Тарасенко Тетяни Владиславівни є завершеною, самостійно виконаною науковою працею, яка розв'язує важливу науково-прикладну проблему вдосконалення експлуатації засобів внутрішнього водного транспорту шляхом створення теоретично обґрунтованого й практично перевіреного способу оцінки енергоефективності руху караванів суден.

Зміст дисертації, опубліковані праці та анотація повністю відповідають паспорту спеціальності 05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Вимоги щодо дотримання академічної доброчесності здобувачем виконано бездоганно. Усі посилання на першоджерела, праці співрозмовників та залучення сучасних технологічних комп'ютерних систем оформлені відповідно до чинного законодавства.

8. Загальний висновок

Дисертація «Розробка способу оцінки енергоефективності руху суден у внутрішньому судноплавстві» за своєю актуальністю, науковою новизною,

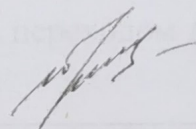
глибиною теоретичних узагальнень, обсягом виконаних досліджень та рівнем практичного впровадження повністю відповідає вимогам:

- Закону України «Про вищу освіту»;
- «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197 (зі змінами, внесеними постановою КМУ від 30 липня 2025 р. № 928);
- Вимогам МОН України до докторських дисертацій.

Її автор — ТАРАСЕНКО Тетяна Владиславівна — заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук (05.22.20),
професор, професор кафедри
автомобільного транспорту та галузевого
машинобудування Національного
університету «Чернігівська політехніка»



Ігор ГРИЦУК



Підпис *Грицук І*
Засвідчую
підпис *Тетяни Тарасенко*
відділу кадрів *Т.Т. Тарасенко*
20__ р.