

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора Кравцова В.І.
на дисертаційну роботу **Ястреби Олексія Петровича «Визначення оптимальних головних розмірів ескортних буксирів»**, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.08.03 – «Конструювання та будування суден»

Актуальність теми дисертації. Існуючий флот морських портів України є багатофункціональною структурою, яка задовольняє потребу економіки в транспортному забезпеченні. Для зменшення ризиків, які виникають при русі великотоннажних суден, що транспортують небезпечні вантажі (танкери, газовози, хімовози), застосовується буксирний супровід. Реалізується він за допомогою ескортних буксирів. Тому є необхідність поповнення існуючого флоту морських портів України багатоцільовими ескортними буксирами. Аналіз літератури, проведений автором роботи, показує відсутність систематичних досліджень з формулювання та розв'язання концептуальних задач оптимального вибору головних розмірів ескортних буксирів. Необхідність оцінки ефективності ескортного буксира сучасними методами програмного управління обумовлена багатьма чинниками як економічного, так і технологічного характеру. Тому дисертаційна робота Ястреби Олексія Петровича «Визначення оптимальних головних розмірів ескортних буксирів» є **актуальною**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в рамках пріоритетного напрямку науки і техніки та відповідає Закону України № 3715–VI (редакція від 05.12.2012) «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні», «Морській доктрині України на період до 2035 року», що затверджені постановою Кабінету Міністрів України № 137-209-п (редакція від 28.12.2018), «Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року», затвердженій розпорядженням Кабінету Міністрів України № 430-2018-р (від 30.05.2018). Результати досліджень використані при виконанні держбюджетних тем «Розробка

методу визначення головних розмірів та характеристик кораблів берегової охорони для захисту морських кордонів держави» (№ теми 1994, 2015–2016 рр., номер державної реєстрації 0115U00305), держбюджетної науково-дослідницької роботи «Розробка методології підвищення ефективності та безпеки річкової транспортної системи України» (№ теми 2085, 2017–2019 рр., номер державної реєстрації 0117U000347), науково-дослідницької роботи «Буксировочные испытания моделей судов TUG55PA и TUG70» (№ теми 1830, 2011 р., номер державної реєстрації 0111U008655), науково-дослідницької роботи «Визначення необхідної кількості і потужності існуючих портових буксирів для обслуговування ДП МТП «Південний» і терміналів (№ теми 1954, 2014 р., номер державної реєстрації 0114U003764), що виконувались кафедрою теорії та проектування суден Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Достовірність результатів забезпечується обсягом експериментальних і теоретичних досліджень. Основою для обґрунтування наукових положень слугує використання перевірених практикою експериментальних і чисельних методів досліджень, а також задовільна збіжність експериментальних і теоретичних даних, що підтверджено статистично.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- розроблено метод визначення головних розмірів і характеристик ескортних буксирів для стадій їх концептуального проектування;
- на основі даних буксирувальних випробувань вперше побудовано модель інженерних і навігаційних якостей ескортного буксира, розроблено метод визначення діючих на корпус буксира гідродинамічних сил, встановлено залежність цих сил від орієнтації буксира щодо набігаючого

потокі рідини, швидкості потоку і характеристик форми корпусу, необхідних для складання і розв'язання рівнянь руху буксира в задачах його функціонування і проектування;

– сформульовано задачу функціонування ескортного буксира, в якій основною функціональною операцією обрано обслуговування буксиром сукупності суден різних типів і водотоннажності; при цьому обрано метод нелінійного програмування задачі пошуку безумовного мінімуму;

– вперше як критерій ефективності обрано комплексний критерій економічної ефективності і надійності виконання буксиром основних функціональних операцій;

– вперше розроблено метод концептуального проектування ескортних буксирів.

На основі запропонованих методів визначення діючих на корпус буксира гідродинамічних сил і рішення трансцендентних рівнянь його руху.

Практичне значення отриманих результатів роботи полягає в наступному:

– розроблено комплекс прикладних програм "EscortTug", що забезпечує проведення дослідження ефективності і надійності ескортного буксира та отримання розв'язку задачі вибору основних його характеристик на концептуальній стадії проектування;

– результати розрахунків можуть бути використані в проектно-конструкторських і науково-дослідних організаціях для обґрунтування вибору характеристик найбільш ефективного варіанту проектованого судна;

– розроблений автором дисертаційної роботи програмний комплекс може бути використаний на етапах розробки техніко-експлуатаційних вимог та техніко-експлуатаційного обґрунтування сучасних ескортних буксирів.

Повнота викладу наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях. Основні положення роботи викладено у 8 наукових статтях, у тому числі 5 статтях у збірниках наукових праць, які

включені до переліку наукових фахових видань України (1 без співавторів), 3 статтях у періодичних виданнях іноземних держав, 2 з яких входять до наукометричної бази Scopus, 9 тезах доповідей. Отримано авторське свідоцтво (в співавторстві) на комп'ютерну програму «EscortTug». Комп'ютерна програма «EscortTugForces» рекомендована Регістром судноплавства до практичного використання при присвоєнні буксиру ескортного класу без проведення натурних випробувань після його побудови. Опубліковані праці достатньо відображають зміст дисертаційної роботи, а автореферат повністю відповідає змісту дисертації і є її коротким викладом. Дисертаційна робота є достатньо апробованою на наукових конференціях.

Оцінка змісту дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації складає 162 сторінки основного тексту. У роботі міститься 53 графічних ілюстрації, 9 таблиць, список використаних джерел обсягом 101 найменування, додатки на 64 сторінках.

У **вступі** дисертаційної роботи обґрунтована актуальність вибраної теми, її зв'язок з науковими програмами, сформульовані мета і завдання дослідження, наведені основні наукові результати, практичне значення отриманих результатів роботи, особистий внесок здобувача, дані щодо апробації результатів дослідження, публікації, структура й обсяг роботи.

У **першому розділі** наведено дані про сучасний стан та перспективи розвитку ескортних буксирів, обґрунтовано необхідність вирішення проблеми їх концептуального проектування. Особливу увагу приділено азимутальним буксирам ASD типу (Azimuthing stern-drive tugs), що обладнані повноповоротними гвинто-рульовими колонками й отримали найбільше розповсюдження в морських портах усього світу. Проведено аналіз основних елементів і характеристик буксирів цього типу. Сформульовані рівняння, які можуть бути використані як для визначення основних елементів і характеристик ескортного буксира в першому наближенні при грубій оцінці

його головних розмірів, так і для формування початкової точки пошуку оптимальних значень елементів судна цього типу в оптимізаційній задачі проектування. Проведено аналіз методів створення математичних моделей інженерних і навігаційних якостей буксирів, формулювання та розв'язання задач їх функціонування, використання показників економічної ефективності та надійності, формулювання та вирішення оптимізаційної задачі визначення оптимальних головних розмірів буксирів. На основі проведеного огляду наукової літератури й узагальнення досвіду проектування та експлуатації буксирів обрано основні напрями дослідження щодо вдосконалення процесу концептуального проектування ескортних буксирів і сформовано основні завдання дисертаційної роботи.

У другому розділі сформульовано та розв'язано задачі функціонування азимутального буксира, введено поняття багатоцільового ескортного буксира. Сформульовано задачу функціонування для кожної функціональної операції і знайдено способи її розв'язання та визначення відповідних показників надійності виконання операції та її економічної ефективності. При цьому основну задачу функціонування азимутального буксира складено з системи рівнянь руху буксира за судном, що ескортується, в комплексі географічних і гідрометеорологічних умов розташування порту. Для трансцендентних рівнянь стаціонарного руху буксира за судном використано алгоритм їх розв'язання, який реалізовано за допомогою одного з алгоритмів нелінійного програмування.

У третьому розділі сформульовано моделі інженерних і навігаційних якостей ескортного буксира, а саме: масове навантаження, місткість та міцність. Як навігаційні властивості розглянуто плавучість, остійність, непотоплюваність, ходовість, керованість і морехідність. Розроблено метод розрахунку характеристик ходовості ескортного буксира, який включає методики визначення гідродинамічних сил, що діють на буксир у режимі ескортної операції, сил, що зумовлені роботою гвинто-рульових колонок, потужності двигунів, які необхідні для забезпечення роботи колонок,

складання та розв'язку трансцендентних рівнянь стаціонарного руху буксира. Розроблений метод апроксимації експериментальних даних по силах в абсолютній системі координат, діючих на корпус буксира при швидкостях його ходу ілюстрований на прикладах. Достовірність результатів розв'язання рівнянь ескортних операцій, отриманих викладеним методом, підтверджена співставленням з даними натурних ескортних випробувань діючих буксирів.

У четвертому розділі при розгляданні показників ефективності та надійності ескортного буксира як основних критеріїв економічної ефективності й ефективності і надійності обрано критерій мінімуму вартості та комплексний критерій мінімуму вартості – максимуму надійності. Ймовірнісні характеристики на етапі концептуального проектування визначаються за допомогою співвідношень оцінки вартості CER (Cost Estimation Relationships), які є регресійними залежностями, що отримані в результаті обробки статистичних даних при побудові, експлуатації, реновації та утилізації суден певного типу. Оцінки вартості проектування та побудови отриманого оптимального проектного рішення ескортного буксира ОПТУГ для супроводу суден дедвейтної групи 50 000...70 000 тон наводяться в табличних даних.

У п'ятому розділі сформульовано оптимізаційну задачу концептуального проектування ескортного буксира. Задача складається з урахуванням побудованих моделей якостей ескортного буксира, моделей його функціонування, показників ефективності та надійності є наступною проблемою нелінійного програмування при наявності функціональних і тривіальних обмежень. При цьому знаходиться мінімум цільової функції, яка складається з обмежень: обмеження, що забезпечують необхідний рівень ефективності буксира (рівняння і нерівності плавучості, місткості і ходовості); обмеження надійності – показники безвідмовного виконання функціональних операцій, пов'язаних з реалізацією таких морехідних якостей як остійність, керованість і морехідність буксира; нормативні значення цих показників, які регламентуються класифікаційними товариствами та

стандартами; функціональні обмеження фінансових коштів на забезпечення проектування, побудови й експлуатації буксира, а також компенсації спричинених ним збитків. Перераховані функціональні обмеження представлені односторонніми нерівностями. Система обмежень, що формує допустиму область пошуку розв'язку оптимізаційної задачі визначення основних характеристик ескортного буксира, включає 39 рівнянь і нерівностей. Розв'язок сформульованої оптимізаційної задачі здійснюється за допомогою відомого методу нелінійного програмування – методу Пауелла пошуку мінімуму цільової функції, в якому тривіальні та функціональні обмеження враховуються за допомогою методу штрафних функцій.

У шостому розділі розглянуто результати розв'язання оптимізаційної задачі концептуального проектування ескортного буксира для заданого діапазону дедвейту суден на прикладі реалізації вибору на етапі концептуального проектування головних розмірів оптимального буксира ОПТУГ для ескортного супроводження танкерів у гідрометеорологічних умовах морських портів Північно-Західного району Чорного моря, проведено порівняння отриманих результатів з головними елементами ескортного буксира, що є найбільш близьким до нього із існуючих. Отримано буксир, розміри та характеристики якого виявилися близькими до характеристик існуючого азимутального буксира ASD типу з тяговим зусиллям 68,5 т.

У загальних висновках викладено основні результати та досягнення у дисертаційній роботі. Вказано, що розв'язано низку задач, які забезпечили досягнення поставленої мети наукового дослідження – розроблення методу визначення головних розмірів і характеристик ескортних буксирів на етапі їх концептуального проектування. Побудовано модель інженерних і навігаційних якостей ескортного буксира; сформульовано задачу функціонування ескортного буксира, в якій основною функціональною операцією обрано обслуговування буксиром сукупності суден різних типів і водотоннажності, які прибувають в морський порт; обрано комплексний критерій економічної ефективності й надійності виконання буксиром

основних функціональних операцій, включено вимоги класифікаційних товариств щодо забезпечення безпеки ескортних операцій, обумовлених необхідністю компенсації обмеженої керованості супроводжуваних суден при малих швидкостях їх руху розвиненою керуючою силою ескортного буксира; в оптимізаційну задачу вибору головних розмірів і характеристик ескортного буксира включено задачі визначення його інженерних і навігаційних властивостей, діючих на корпус буксира гідродинамічних сил і розв'язання трансцендентних рівнянь його руху, а також врахування вимог класифікаційних товариств щодо забезпечення безпеки ескортних операцій; вибрано метод розв'язання оптимізаційної задачі вибору оптимальних розмірів ескортного буксира на стадії його концептуального проектування; виконано чисельні розрахунки розв'язання трансцендентних рівнянь руху ескортного буксира.

Зауваження по роботі. Разом із загальним позитивним враженням виникли такі зауваження:

1. У другому розділі занадто багато уваги приділено основним факторам, які впливають на сумарну величину потрібної тяги буксирів, – більшість з них є загальновідомими.

2. На запозичених рисунках потрібно було у назві рисунка вказувати джерело запозичення.

3. У четвертому розділі показники ефективності та надійності операцій ескортних буксирів відображені тільки формулами, але немає їх числових складових.

4. При описуванні у програмному комплексі процесу розв'язання оптимізаційної задачі вікно експлуатаційно-економічних даних має замало показників.

5. У роботі є деякі стилістичні помилки (наприклад, замість «рішення задачі» потрібно використовувати "розв'язання задачі»).

Висновок. Подана дисертація Ястреби Олексія Петровича «Визначення оптимальних головних розмірів ескортних буксирів» є завершеною роботою, в якій отримано достатньо обґрунтовані й експериментально підтверджені нові наукові результати. Вона має певне теоретичне і практичне значення. Автореферат цілком відображає зміст дисертації. Результати роботи прийняті до впровадження. Основні результати дисертації опубліковано у фахових наукових виданнях. Дисертація досить добре оформлена. Висловлені зауваження не стосуються принципових положень і результатів розглянутої дисертації та не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

Усе вищевикладене дозволяє зробити висновок про те, що дисертаційна робота Ястреби Олексія Петровича «Визначення оптимальних головних розмірів ескортних буксирів» відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24 липня 2013 року, а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.08.03 – «Конструювання та будування суден».

Офіційний опонент
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри машинознавства
Національного авіаційного університету

В. І. Кравцов

Підпис гр. Кравцова В. І.
з а с в і д ч у ю
іменем секретаря
Національного авіаційного університету

