

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Чернікова Павла Сергійовича «Оптимальне управління гребними електроенергетичними установками електроходів на маневрах» подану до захисту у спеціалізовану вчену раду Д 41.060.01 Одеського національного морського університету на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

Актуальність обраної теми дослідження та її зв'язок з науковими програмами, планами і темами

Морський транспорт має найважливіше значення для зовнішньоекономічних відносин держави світу. Він забезпечує понад 75% міжнародних перевезень, причому обсяг перевезень морським транспортом має тенденцію до зростання. Тому, наукові розробки з удосконалення роботи суден, що приймають участь у морських перевезеннях, є актуальними.

В останні десятиліття у світовому суднобудуванні істотно зріс інтерес до застосування електроруху на суднах. Це пов'язано з тими незаперечними перевагами, які мають електроходи в порівнянні із суднами з безпосередньою передачею крутного моменту первинних двигунів на гребні гвинти. До переваг експлуатаційного характеру відносяться: підвищена надійність, простота й широкі можливості дистанційного управління, економічність при роботі на «часткових» режимах, високі маневрені якості.

Одна з проблем, яка стала особливо гостро перед морським транспортом – це підвищення безпеки мореплавання. Щорічно втрати світового флоту в результаті аварій становлять близько 500 суден на рік. Причому, кількість ситуацій пов'язаних з навалами на причали, інші споруди, зіткнення при маневруванні в порту і вузькостях з незначними пошкодженнями корпусів без людських жертв взагалі не піддаються обліку. Одним з найважливіших умов безпеки плавання і зниження аварійності на флоті є глибоке знання і облік судноводіями маневрених якостей суден (особливо інерційних характеристик) і їх регламентація.

За різними джерелами із загального числа аварій 40-45% супроводжуються зіткненням. Збільшення частоти зіткнень суден можна в якійсь мірі пояснити зміною якісного складу флоту: збільшилися розміри суден, їх вантажопідйомність і швидкість руху, зросла потужність головних двигунів.

Автор звертає увагу на існуючий світовий аналіз аварійних ситуацій суден з дизельними енергетичними установками, з паро- і газотурбінними установками, з гвинтом регульованого кроку і гвинтом фіксованого кроку і суден з електрорухом. Він показує, що найгіршими маневреними характеристиками володіють судна з дизельними енергетичними установками, а найкращими – установки з електрорухом.

Наведені вище дані про аварійність на флоті показують, що завдання по визначенню інерційних характеристик суден, двигунів а також досліджень процесів, що протікають при маневруванні суден є актуальними і зараз.

Автором визначено, що у теорії і практиці електроруху все більше уваги приділяється електроходам з єдиною електроенергетичною системою (ЄЕЕС). Така установка, забезпечуючи живленням і гребну електричну установку (ГЕУ), і загальносуднові споживачі електроенергії, має істотні переваги перед автономними системами електроруху. Найбільше ці переваги проявляються на суднах, де є потужні споживачі, що працюють у режимі, роздільному в часі від системи електроруху. Застосування ЄЕЕС дозволяє скоротити кількість генераторних агрегатів, зменшити масогабаритні характеристики джерел електроенергії, скоротити витрати палива й шкідливих викидів, оптимізувати компоновку енергетичного обладнання, підвищити надійність суднової електроенергетичної установки тощо.

Разом із тим, той факт, що загальносуднові споживачі електроенергії отримують живлення від загальних (із ГЕУ) шин суднової електростанції, істотно підвищує вимоги до якості електроенергії. Відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 8528/5, вони визначаються, зокрема частотними характеристиками та характеристиками напруги.

Питанням вивчення маневрених режимів суден присвячені дослідження багатьох авторів. Більшість з них, займаючись дослідженням динаміки суднових пропульсивних комплексів, не вникали глибоко в процеси, що протікають в гребних електроенергетичних установках. А якщо і розглядали ці процеси, то в спрощеному варіанті. Виконані дослідження, в основному, стосувалися автономних гребних електроенергетичних установок. Дослідження маневрених режимів суден з єдиною електроенергетичною установкою є досить актуальними і своєчасними.

Інформація про процеси, що протікають в суднових електроенергетичних установках при маневруванні, необхідна судноводіям, дуже обмежена. Отримання більш повної інформації пов'язано з проведенням трудомістких і дорогих експериментів, тому більшої актуальності набувають результати моделювання цих процесів. Вони можуть бути використані як на стадії проектування електроенергетичних установок, так і при експлуатації електроходів. При цьому, питанням управління гребними електроенергетичними установками (ГЕЕУ) електроходів на маневрах приділяється особлива увага. Пошук оптимальних параметрів сигналів управління ГЕЕУ, які забезпечують найкращі маневрені властивості електроходів є **актуальною** науково-практичною задачею.

Відомо, що ГЕЕУ є найбільшим за потужністю споживачем електроенергії. Автором зазначено, що перехідні режими її роботи неминуче позначаються на показниках якості електроенергії суднової мережі. Тому, при оцінці якості управління слід розглядати як показники маневрування судна, так і показники якості роботи ГЕЕУ й показники якості суднової електромережі.

У електроходів тривалості перехідних процесів у ГЕЕУ на маневрах порівнянні з тривалістю перехідних процесів руху самого судна. Тому, при аналізі маневрених режимів ГЕЕУ слід розглядати в єдності з усіма складовими частинами суднового пропульсивного комплексу, який включає в себе і теплові двигуни, і ГЕУ, і гребні гвинти, і корпус судна.

Дисертаційна робота відповідає: пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки, та наукових досліджень і науково-технічних розробок в області «Енергетика та енергоефективність. Технології електроенергетики», затверджених Постановою Кабінету Міністрів України № 942 від 7 вересня 2011 р.; галузевій програмі забезпечення безпеки судноплавства на 2014-2018 роки, затвердженою наказом Міністерства інфраструктури України від 26 червня 2013 року № 426; державній програмі «Транспортна стратегія України на період до 2030 року» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р., № 430-р).

Дисертаційна робота пов'язана з науково-дослідною тематикою кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики» Одеського національного морського університету відповідно до планів науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки, Департаменту державної політики в галузі річкового та морського транспорту.

Мета і завдання дослідження

Наукові завдання відповідають меті та темі дослідження.

Об'єкт та предмет дослідження відповідають темі дослідження та науковим задачам.

Усі наукові задачі, які ставились на початку дослідження, автором вирішені у повному обсязі.

Структура, зміст та оформлення дисертації

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 175 с., у тому числі 114 с. основного тексту, анотації – на 8 с., 22 рисунки (з них 5 – на повну сторінку) та 19 таблиць (з них 1 – на повну сторінку), 7 додатків на 47 сторінках. Список використаних джерел становить 102 найменування на 11 сторінках. У додатках наведені акти впровадження результатів дисертації й рекомендації по оптимальному управлінню ГЕЕУ електроходів.

Оформлення дисертації відповідає вимогам ВАК України. Назва дисертації відповідає обраній спеціальності й суті рішення наукової проблеми, вказує на мету досліджень та її завершеність. Обсяг основного тексту відповідає встановленим вимогам. Запозичені матеріали і результати інших авторів супроводжено посиланнями. Виклад змісту і результатів досліджень виконано досить лаконічно, логічно і аргументовано.

Публікації

Основний зміст роботи відображено у 8 публікаціях у спеціалізованих збірниках наукових праць і наукових журналах, що входять до переліку рекомендованих ВАК України (у тому числі, 4 – в наукових виданнях, які входять до переліку міжнародних наукометричних баз, з них 2 – у наукових виданнях, які входять до наукометричної бази Web of Science); у 8 доповідях,

що опубліковані як тези праць міжнародних наукових конференцій. Автореферат адекватно відображає основні результати, які отримані автором та приведені в дисертації. Загальні висновки дисертаційної роботи та автореферату збігаються.

Методи дослідження, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність і новизна

У першому розділі розглядаються основні етапи розвитку наукових досліджень електроенергетичних установок електроходів. Найважливішими показниками якості роботи електроенергетичних установок у складі суднового пропульсивного комплексу обрані показники, які характеризують маневрені властивості судна.

Проведений аналіз досліджень раннього періоду показав, що вони здійснювалися стосовно до конкретних електроходів і окремих їх серій. Гребна електрична установка розглядалась окремо від інших елементів суднового пропульсивного комплексу. Аналіз попередніх праць показав, що в кожний із них вжитий індивідуальний підхід для рішення конкретних задач і немає загальних методів аналізу та єдиних критеріїв оцінки поведінки на маневрах як самих електроходів, так і їх гребних електроенергетичних установок.

На думку автора – вибір, дослідження, проектування, компонування суднових електроенергетичних установок та управління ними як на усталених, так і на маневрених режимах повинні здійснюватися на основі системного підходу. Потрібні єдині методи аналізу, єдиний математичний апарат дослідження, єдині критерії оцінки якості роботи як всього комплексу в цілому, так в окремих елементів.

Це положення є новим.

У другому розділі автором надано структурну схему пропульсивного комплексу електрохода з частотно-керованими гребними електродвигунами, та математичний опис перехідних режимів роботи первинних двигунів з регуляторами швидкості обертання, генераторів електричного струму, перетворювачів електроенергії, гребних електродвигунів, системи управління, гребних гвинтів та корпусу електрохода. Запропоновано варіант узагальненої математичної моделі перехідних режимів пропульсивних комплексів на маневрах. В процесі перетворення рівнянь в безрозмірну форму запису були отримані безрозмірні параметри пропульсивних комплексів та критерії динамічної подібності. Саме вони, а не окремі конструктивні параметри комплексу визначають закони зміни у часі режимних показників.

Розроблена модель є новою і цінною.

У третьому розділі запропоновані показники якості роботи пропульсивних комплексів при маневруванні та оцінено їх залежність від параметрів комплексів.

Велика кількість параметрів, різний ступінь їх впливу привели до необхідності виявлення тих параметрів, які суттєво впливають на показники якості маневрування. Рішення цієї задачі здійснено методами відсіваючих

експериментів. Це дозволило автору частину параметрів віднести до шумового поля, на фоні якого виділити ті параметри, які суттєво впливають на показники якості роботи. Внескі суттєво значимих параметрів та ефектів взаємодій параметрів у показники якості наочно показані у вигляді аналітичних залежностей, які отримані за допомогою метода повного факторного експерименту.

Вибір методів аналізу обґрунтован. Отримані результати достовірні, мають наукову новизну і цінність.

У четвертому розділі автором поставлені і розв'язані задачі оптимізації управління гребними електроенергетичними установками з частотно-керованими гребними електродвигунами на маневрах. Доказано, що традиційне управління гребними електроенергетичними установками електроходів не дозволяє в повній мірі використати можливості гребних установок щодо отримання високих маневрених властивостей у електроходів. Причина в тому, що таке управління отримано за показниками, які забезпечують якісну роботу гребних електродвигунів.

Відповідно до поставлених в роботі цілей автор пропонує у якості критеріїв оптимальності прийняти показники якості виконання маневрів саме електроходами. Запропоновано новий спосіб формування сигналів управління. При цьому, показники якості роботи гребної електроенергетичної установки і показники якості електроенергії суднової мережі враховані як умови.

Такий підхід повністю обґрунтован.

За результатами додаткових попередніх розрахунків автор виявив характер цільових функцій та розробив метод пошуку оптимальних рішень. Метод складний. В нього входять алгоритми глобальної оптимізації, методи тунельного алгоритму, руху вздовж ярів, пошуку локальних оптимумів, що не використовують похідних. Труднощі пошуку оптимумів на викривлених «ярах» і «хребтах» долаються за рахунок зміни форми багатогранника.

Вибір алгоритмів та створений метод оптимізації обґрунтовані. Результати, які отримані за їх допомогою достовірні.

За результатами проведених оптимізаційних розрахунків автором знайдені оптимальні параметри сигналів управління ГЕЕУ електроходів на маневрах. Результати оптимізації охоплюють широкий клас електроходів з ГЕЕУ на базі частотно-керованих гребних електродвигунів.

Результати нові, цінні, достовірні.

Наукова цінність дослідження й отриманих результатів

1. Розроблена математична модель і метод розрахунку перехідних режимів ГЕЕУ як складових частин єдиного суднового пропульсивного комплексу. Це дозволяє розраховувати поточні значення основних режимних показників комплексу та оцінювати якість виконання маневрів. Запропонована модель дає можливість враховувати вплив перехідних режимів ГЕУ на параметри електроенергії суднової мережі й враховувати вплив зміни навантаження на роботу ГЕЕУ.

2. Удосконалено склад комплексу узагальнених показників якості виконання маневрів. Виявлені безрозмірні параметри комплексів, які суттєво впливають на маневрені властивості електроходів, на динамічні показники роботи ГЕЕУ та якість електроенергії суднової електромережі.

3. Отримали подальший розвиток методи оптимізації управління судновими електроенергетичними установками. Доповнення алгоритмів оптимізації, які запропоновані в роботі, дозволяють підвищити точність і скоротити процедури оптимізаційних процесів.

4. Для електроходів з єдиною електроенергетичною системою вперше знайдено оптимальні параметри сигналів управління ГЕЕУ на маневрах. Рекомендації сприяють підвищенню безпеки виконання маневрених операцій. При цьому, навантаження на електроенергетичну установку й відхилення показників якості електроенергії суднової мережі знаходяться у припустимих межах. Рекомендації охоплюють широкий клас суден з електрорухом.

Практична цінність результатів дослідження

Розроблені практичні рекомендації щодо вибору оптимальних параметрів сигналів управління. Вони призначені для використання на судах з єдиними електроенергетичними системами в процесі їх експлуатації. Методи розрахунку та оптимізації управління ГЕЕУ можуть бути використані й при проектуванні гребних електроенергетичних установок.

Результати дисертації впроваджені в Морському Інженерному Бюро в проектах пасажирських суден, на електроході ТОВ «Компанія «Нові Технології-Україна» як пропозиції по вдосконаленню алгоритму управління гребними електродвигунами.

Теоретичні результати дисертаційного дослідження використовуються в навчальному процесі Одеського національного морського університету.

Зауваження до роботи

Не зважаючи на в цілому позитивну оцінку дисертаційної роботи, слід відзначити ряд зауважень:

1. Під час опису процесів, які відбуваються в електроенергетичній установці електроходу, введено багато суттєвих припущень. Відомо, що припущення зменшують точність результатів, які отримують. Слід було надати необхідне цьому обґрунтування.

2. Зустрічаються неідентичні тлумачення понять і процесів, так наприклад: енергетичні установки - силові установки; критерії якості - показники якості; безрозмірні параметри комплексу – критерії динамічної подібності.

3. Математичні залежності показників якості від параметрів комплексу в основному представлені досить складними поліномами. Фізична сутність цих залежностей автором не завжди в необхідній мірі описується, а умовні позначення окремих параметрів досить складні і не завжди зрозумілі.

4. Скомпліковано виглядають алгоритми пошуку оптимальних рішень, представлені в розділі 4. Перед тим, як розробляти свій метод оптимізації,

слід було б провести аналіз існуючих, виявити їх можливості, стосовно вирішуваних задач, і обґрунтовано перейти до пошуку свого методу рішення.

5. Пошуки оптимального управління гребними електроенергетичними установками зведені до пошуку оптимальних законів управління гребними електродвигунами. До процедури оптимізації не було включено первинний двигун, що обмежує області застосування результатів дослідження.

6. У розділі 4 (п. 4.6. Практичне використання отриманих рекомендацій) наводяться приклади пошуку оптимальних параметрів сигналів управління, що забезпечують мінімальний гальмівний шлях електрохода при реверсуванні. Вони не можуть претендувати на достатню повноту, так як сполучення безрозмірних параметрів $N_{\chi} = 0,21$; $C_{M18} = 43,9$; $C_{M20} = 0,97$ фізично можуть бути не реалізовані і практично не дають можливості якісної оцінки результатів аналізу.

7. Показники ефективності оптимізації занадто великі. Це має місце в тих випадках, коли в якості альтернативного (а при оптимізації – вихідного) вибирається погіршений, або занадто далекий від стаціонарної області варіант. Це слід було проаналізувати і дати відповідні пояснення.

8. В додатку И рекомендаціям з оптимального управління слід було надати пояснюючу інформацію щодо послідовності дій з їх використання.

Загальні зауваження по оформленню дисертації

Дисертацію оформлено згідно вимог до кандидатських дисертаційних робіт. При цьому, слід відзначити добре знання предмету дослідження, добру мову написання тексту дисертації.

Висновки

Всі висновки впливають із змісту роботи та відображають нові результати, отримані автором.

На підставі вищевикладеного зроблено висновок про те, що дисертаційна робота Чернікова П.С. є завершеною науковою роботою, що містить необхідні складові: оглядову, теоретичну, експериментальну і впровадження результатів досліджень. Мета, поставлена в дисертаційній роботі досягнута в результаті виконання всіх задач у ході дослідження.

Оцінка змісту дисертації, завершеність у цілому, відповідність оформлення дисертації вимогам, затвердженим МОН України.

Дисертація Чернікова П.С. є одноосібно написаною кваліфікаційною науковою працею, яка містить сукупність результатів та наукових положень, виставлених автором для публічного захисту, має власну внутрішню єдність і свідчить про особистий внесок автора у науку. У цілому робота являє собою продуману наукову працю, результати якої можуть бути використані для оптимального управління гребними електроенергетичними установками електроходів на маневрах.

Оцінка мови та стилю викладення дисертації і автореферату

Автореферат та дисертація написані грамотно, ясно та зрозуміло, з використанням науково-технічної термінології.

Загальний висновок по дисертаційній роботі

Незважаючи на наведені зауваження, загальна оцінка роботи – позитивна.

Аналізуючи зміст дисертаційної роботи в цілому, можливо відзначити наступне:

1. Область до якої автором присвячено дисертаційну роботу, безпосередньо стосується питань, які визначаються паспортом наукової спеціальності і присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної задачі, пов'язаної з оптимальним управлінням гребних електроенергетичних установок електроходів на маневрах.

2. Дисертація є завершеною науковою роботою, яка виконана з використанням сучасних методів дослідження, містить нові науково обґрунтовані результати та технічні рішення, впровадження яких сприяє підвищенню безпеки виконання маневрених операцій і поліпшенню економічних показників роботи електроходів з єдиною електроенергетичною системою на маневрах.

3. Текст автореферату і публікації достатньо повно відображають зміст і основні наукові результати виконаного дослідження.

4. Зауваження по роботі, відзначені у відгуку, не ставлять під сумнів вихідні наукові положення й основні результати дослідження, які пройшли апробацію.

5. Робота **відповідає** вимогам до кандидатських дисертацій за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту, а її автор – Черніков Павло Сергійович, у відповідності до п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент:

доцент кафедри «Управління експлуатаційною роботою»

Українського державного університету залізничного транспорту, кандидат технічних наук, доцент



П.В. Долгополов

Підпис доцента кафедри «Управління експлуатаційною роботою» Українського державного університету залізничного транспорту, кандидата технічних наук, доцента засвідчую



Особистий підпис засвідчую _____ 20__ р.
Завідуючий канцелярією
УкрДУЗТ

П.В. Долгополов

