

УДК 620:178.3

DOI 10.47049/2226-1893-2023-4-36-48

## ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОРПУСУ ЕЛЕКТРОХОДА НА ІНЕРЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

**О.М. Шумило**

к.т.н., професор кафедри

«Судові енергетичні установки та технічна експлуатація»

*shumylo.alexander@gmail.com*

*Одеський національний морський університет, Одеса, Україна*

*Анотація.* Запропоновано метод оцінки інерційних характеристик. Обґрунтовано необхідність врахування режимних показників гребної електроенергетичної установки при розрахунках цих характеристик.

*Розрахунок здійснюється на основі аналізу перехідних режимів пропульсивних комплексів електроходів на відповідних маневрах. Встановлені основні показники сигналів управління які забезпечують необхідні параметри, без перевищення переважувальних здібностей гребної установки.*

*Виявлено параметри, що впливають на ці характеристики, оцінено ступінь впливу. Оцінено вплив геометричних параметрів корпусу суден на основні параметри розгону та гальмування судна. Проведено порівняльний аналіз впливу довжини корпусу судна на показники розгону та активного гальмування.*

*Поведінка суден з різною довжиною корпусу проілюстровано результатами моделювання відповідних маневрів.*

*Результати порівняльного аналізу показали, що зі збільшення довжини судна на 10 %, приблизно на стільки ж погіршуються параметри, які характеризують інерційність електроходів, але вони залишаються в межах, що регламентовані Регістром судноплавства.*

*Ключові слова:* електрохід; інерційні характеристики; вплив довжини судна на показники.

UDC 620:178.3

DOI 10.47049/2226-1893-2023-4-36-48

## INFLUENCE OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE ELECTRIC VESSEL'S HULL ON INERTIAL CHARACTERISTICS

**O.M. Shumylo**

Ph.D, Professor of the Department

«Ship power plants and technical operation»

*shumylo.alexander@gmail.com*

*Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine*

***Abstract.** A method of estimating inertial characteristics was proposed. The need to take into account the operating parameters of the propelling electric power plant when calculating these characteristics was substantiated. Calculations of inertial characteristics are based on the analysis of transient modes of electric vessels' propulsive complexes during the corresponding maneuvers. The main indicators of the control signals were established, which provide the necessary parameters without exceeding the overloading capabilities of the propelling plant. The parameters affecting these characteristics were identified. A degree of influence was estimated. The effect of the geometric parameters of the ships' hull on the main indicators of the ship's acceleration and braking was evaluated. A comparative analysis of the influence of the vessel's hull length during its acceleration and active braking was carried out. The behavior of vessels with different hull lengths was illustrated by the simulation results of the corresponding maneuvers. The results of the comparative analysis showed that with an increase in the length of the vessel by 10 %, the parameters characterizing the inertia of electric vessels deteriorate by approximately the same amount, remaining within the limits regulated by the Register.*

***Keywords:** electric vessel; inertial characteristics; the influence of the vessel length on their indicators.*

**Актуальність.** Інерційні властивості є важливими показниками, які необхідно врахувати, для забезпечення безаварійної експлуатації судна. Найчастіше, аварійні ситуації є саме результатом недостатнього знання та неврахування судноводіями саме інерційних властивостей судна.

Основними елементами інерції судна є час  $t$  і відстань  $X$ , які необхідні судну на придбання іншої заданої швидкості чи зупинки. Найбільшу інформацію щодо інерційних характеристик дають такі маневри: розгін судна до заданої швидкості; активне гальмування.

На інерційні характеристики судна впливають різні чинники: початкова швидкість, завантаження, крен, диферент, глибина місця, гідрометеорологічні умови. Але особливу значимість щодо забезпечення необхідних значень цих характеристик відводиться енергоозброєності судна, його енергетичній установці, її динамічним характеристикам.

В основному інерційно-гальмівні характеристики визначаються дослідним шляхом. Однак, можливість їх визначення розрахунковим шляхом менш витратно, і часто дає більше інформації. Подібні методи особливо потрібні на ранніх етапах проектування судна, або його модернізації. І, якщо в процесі модернізації передбачається зміна геометрії корпусу судна, цілком природньо виникає потреба в оцінці ступеня зміни саме інерційних характеристик. Розробка такого методу розрахунку є дуже актуальним завданням.

**Стан досліджуваного питання.** Можливість точного визначення місця зупинки судна безпосередньо впливає на безпеку плавання. Тому, питанням забезпечення необхідних швидкісних та інерційних характеристики приділяється серйозна увага. Питанням керованості присвячені фундаментальні роботи відомих вчених у галузі управління суден Р.Я. Першиця [1], Г.В. Соболева та ін.

В основі розрахункових методів оцінки лежать результати рішення системи диференціальних рівнянь руху судна і роботи двигунів гребних гвинтів. Однак, і на практиці, і в переважній частині досліджень вирішується лише одне рівняння – перше. Частково це пояснюється тим, що все більше, увага приділяється питанням керованості суден з позицій побудови складних навігаційних комплексів, тренажерів, навчальних систем та комплексів [2, 3]. При цьому вважається, що судно знаходиться в хорошому технічному стані і рухається глибокою спокійною водою. Основним недоліком такого підходу (крім того, що не враховуються конкретні умови плавання, завантаження судна, технічний стан корпусу судна, гвинта і двигуна, зміна приєднаних маси та моменту води, взаємодія гвинта з корпусом судна) є припущення, що двигуни гребних гвинтів працюють на усталеному режимі.

В окремих дослідженнях, зроблено спробу врахувати неусталений характер роботи двигуна при розрахунку інерційних характеристик. Крутний момент двигуна при цьому визначається як функція циклової подачі палива та частоти обертання. Режим роботи двигуна визначається взаємним розташуванням зовнішніх і гвинтових характеристик, якими автоматично враховуються умови плавання і технічний стан двигуна та умови експлуатації суднового комплексу.

Однак, всі ці дослідження відносяться до гребних установок з безпосередньою передачею енергії від теплового двигуна на гребний гвинт.

Гребна електроенергетична установка сучасного електрохода – складна система, яка включає в себе судову електростанцію, перетворювачі електроенергії, гребні електродвигуни та гребні гвинти. Всі ці складові елементи працюють у перехідних режимах і перебувають у тісному взаємозв'язку. Такий підхід до розв'язування різноманітних завдань з аналізу маневреності суден з електрорухом запропоновано у роботах [4; 5]. З його допомогою можна проводити всебічний аналіз маневрених характеристик усіх складових пропульсивних комплексів, у тому числі – аналіз впливу конструктивних параметрів корпусу на інерційних характеристиках судна. Розробка такого методу оцінки є **метою даної роботи**.

**Основний матеріал.** Оцінку інерційні характеристики розглянемо на прикладі електрохода з частотно-керованими гребними електродвигунами. Визначення цих характеристик пропонується проводити за результатами розрахунку відповідних маневрів, які виконуються судовим пропульсивним комплексом. До його складу входять корпус судна, пропульсивні гребні електродвигуни, гребні гвинти, електроенергетична система. Адже, саме гребна електроенергетична установка, що входить, як складова частина, в єдину судову електроенергетичну систему, найбільше впливає на показники розгону і гальмування судна.

Управління процесом маневрування здійснюється переключенням рукоятки посту управління у відповідні положення переднього (розгін) та заднього (активне гальмування) ходу. Однак, при здійсненні таких маневрів, необхідно враховувати навантаження, які виникають в електроенергетичній установці, і особливо – в теплових двигунах генераторних агрегатів (ГА). Перевантажувальні можливості як гребної електричної установки, і теплових двигунів (значно більшою мірою) обмежені. Раптовий перехід гребних електродвигунів (ГЕД) з переднього ходу на задній неминуче призведе до неприпустимих навантажень на гребну електричну

уста-новку, на генераторні агрегати суднової електростанції, спрацьовування захисту від перевантаження і – до автоматичного зниження темпу зміни сигналів, управління, або – до невиконання маневру. Необхідно обмежувати як темп зміни сигналів управління, так і значення заданої частоти обертання гребних гвинтів, при пере-кладі рукоятки поста управління (ПУ) на задній хід.

Рішення поставленої задачі може бути здійснено за допомогою запропонованої в роботі [5] структурної схеми (рис. 1) та розробленої на її основі узагальненої математичної моделі перехідних режимів роботи.

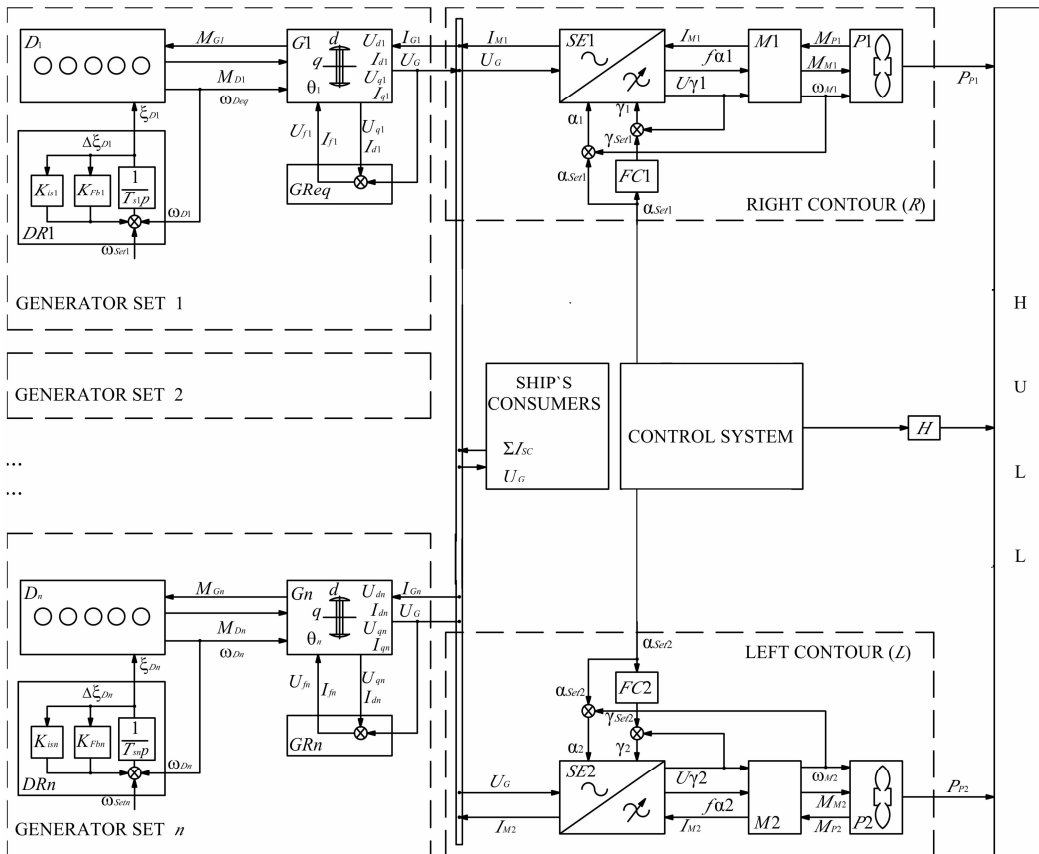


Рис. 1. Структурна схема пропульсивного комплексу

До складу пропульсивного комплексу входять такі основні складові:

– електрогенеруюча система, до якої входять декілька генераторних агрегатів GENERATOR SET з регульовальниками частоти обертання теплових двигунів та системами розподілу активної та реактивної потужності;

– два силових контури RIGHT CONTOR (R) та LEFT CONTOR (L), кожен з яких має, перетворювач частоти SE, гребний електродвигун M та гребний гвинт P (у якості гребних електродвигунів використані частотно-керовані двигуни; але,

узагальнений математичний опис, запропонований у моделі [5], охоплює всі типи двигунів, які використовують у системах електроруху);

- загальносуднові споживачі електроенергії SHIP'S CONSUMERS;
- система управління CONTROL SYSTEM;
- кермо –  $H$ ;
- корпус судна HULL.

Модель представлена у відносних одиницях. За допомогою розробленого на її основі методу розрахунку, можна знаходити поточні (у відносному часі) значення відносних режимних показників всіх складових частин комплексу в процесі виконання маневрів. Зокрема:

- кутової швидкості обертання  $\omega_D$ , крутного моменту  $M_D$  та потужності  $P_D$  первинних двигунів;
- напруги  $U_G$  та струму  $I_G$  генераторів;
- напруги  $U_M$ , струму  $I_M$ , крутного моменту  $M_M$  та кутової швидкості обертання  $\omega_M$  ГЕД;
- моменту опору  $M_P$  та упору  $P_P$  гребних гвинтів;
- параметрів руху судна у зв'язаній XYZ (складових швидкості  $v_X$  і  $v_Y$  по подовжній  $X$  і поперечній  $Y$  осях корпусу судна, та кутовій швидкості обертання  $\Omega_X$  навколо вертикальної осі  $Z$ ) та у незв'язаній  $X_1Y_1Z_1$  (складових швидкості  $v_{X1}$ ,  $v_{Y1}$ , кута швидкості  $\varphi$ , кута курсу  $\psi$  та пройденого шляху  $X_1$ ,  $Y_1$ ) з ним системах координат.

Модель дозволяє проводити удосконалений аналіз поведінки всіх складових частин електроенергетичної установки та корпусу судна як при прямолінійному русі, так і на криволінійній траєкторії. Але, постановка завдання, дає можливість спростити модель, не втративши при цьому всю необхідну (відповідно до поставлених цілей) інформацію. А саме, будемо вважати, що:

- оскільки розглядається лише прямолінійний рух судна, в математичній моделі рівняння руху вздовж поперечної осі судна  $Y$  і рівняння обертального руху навколо вертикальної осі  $Z$  можуть бути опущені;
- перехідні процеси в регуляторах швидкості обертання теплових двигунів (ТД) практично не впливають на інерційні характеристики судна; виходячи з цього, вважаючи, що теплові двигуни ГА працюють на регуляторних характеристиках зі статизмом, якій не перевищує 1 %, можна вважати, що кутова швидкість їх обертання постійна з точністю до статизму;
- оскільки дослідження охоплюють електроходи з єдиною судновою електроенергетичною системою (як найбільш поширені), будемо вважати, що потужність пропульсивної установки становить 60 %, а потужність загальносуднових споживачів електроенергії – 40 % потужності генераторних агрегатів суднової електростанції.

За допомогою розробленого методу розрахунку було проведено дослідження перехідних режимів роботи пропульсивних комплексів під час руху на прямолінійній траєкторії. Метою досліджень була оцінка інерційних характеристик електроходів з різною геометрією корпусу судна. Імітаційну модель було розроблено на мові JAVA.

Як приклад, на рис. 2 наведено результати розрахунків перехідних режимів роботи електрохода при виконанні двох маневрів, що чергуються: розгін судна (до встановленої швидкості  $v = 1$ ) – гальмування (перекладанням рукоятки ПУ в протилежний напрямок) до зупинки ( $v = 0$ ).

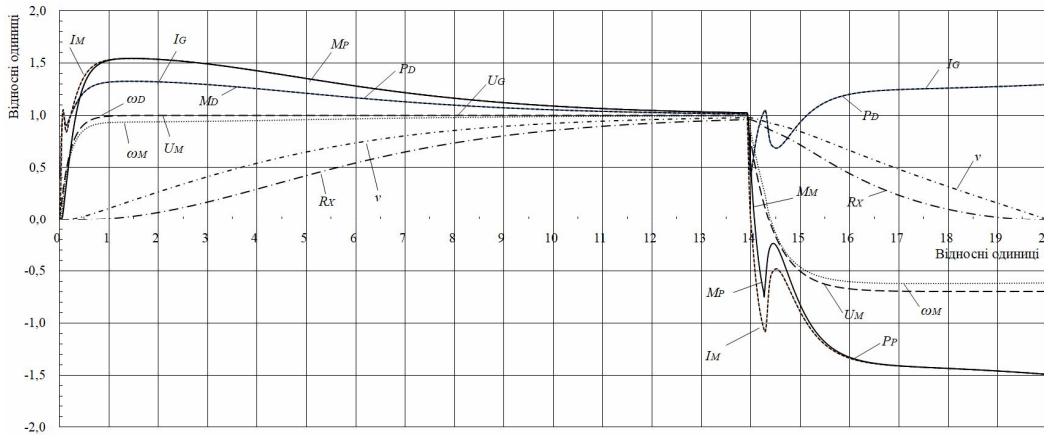


Рис. 2. Поточні значення режимних показників під час виконання маневру «розгін – гальмування»

Розрахунки проведені при інтенсивному розгоні та раптовому гальмуванні. Як видно з результатів, при такому маневруванні і в генераторних агрегатах, і в гребних електродвигунах виникають відчутні перевантаження, що перевищують допустимі значення. Необхідно обмежувати як темпи зміни сигналів управління і при розгоні, і при гальмуванні, так і задані значення частоти обертання ГЕД, при перекладі рукоятки ПУ в положення заднього ходу. Для визначення цих обмежень було проведено додаткові дослідження. Нижче наведено їх результати.

Закони зміни керуючих сигналів кожного силового контуру мають вигляд:

а) при розгоні

$$\mu_{Macc} = \mu_{Maccset} (1 - e^{-K_{1acc} T});$$

б) при реверсі з переднього ходу на задній

$$\mu_{Mrev} = (-\mu_{Maccset} - \mu_{Mrevset}) (1 - e^{-K_{1rev} T}),$$

де  $\mu_{Macc}$  і  $\mu_{Mrev}$  – сигнали управління перетворювачами електроенергії, які забезпечують живлення гребних електродвигунів при розгоні і реверсі, та їх усталенні значення –  $\mu_{Maccset}$  і  $\mu_{Maccset}$ ;

$K_{1acc}$  і  $K_{1rev}$  – постійні часу при розгоні і при реверсі ГЕД.

У якості критеріїв (показників якості) оцінки впливу величин  $K_{1acc}$ ,  $K_{1rev}$  і  $\mu_{Mrev}$  на перехідні процеси в комплексі прийняті:

- максимальні значення кидка струму генератора  $I_{Gaccmax}$  (потужності теплового двигуна  $P_{Daccmax}$ ) на початковому етапі розгону електрохода;
- значення струму генератора  $I_{Gaccset}$  (потужності теплового двигуна  $P_{Daccset}$ ), що встановлюються після закінчення перехідного режиму розгону електрохода;
- максимальні значення кидка струму гребного електродвигуна  $I_{Maccmax}$  на початковому етапі розгону електрохода;
- значення струму гребного електродвигуна  $I_{Maccset}$ , що встановлюються після закінчення перехідного режиму розгону електрохода;
- пройдений електроходом шлях – повний вибіг –  $X_{1acc}$ ;
- тривалість розгону  $T_{acc}$ ;
- максимальні значення кидка струму генератора  $I_{Grevmax}$  (потужності теплового двигуна  $P_{Drevmax}$ ) на початковому етапі гальмування;
- значення струму генератора  $I_{Grevset}$  (потужності теплового двигуна  $P_{Drevset}$ ), наприкінці гальмування електрохода;
- максимальні значення кидка струму гребного електродвигуна  $I_{Mrevmax}$  на початковому етапі гальмування електрохода;
- струм гребного електродвигуна  $I_{Mrevset}$  наприкінці гальмування електроходу;
- гальмівний шлях електроходу  $X_{1rev}$ ;
- тривалість реверсу  $T_{rev}$ ;

Усі критерії оцінювалися у відносних одиницях. Нижче представлені результати досліджень впливу  $K_{1acc}$  (табл. 1),  $K_{1rev}$  (табл. 2) і  $\mu_{Mrev}$  (табл. 3) на перелічені вище критерії при розгоні і гальмуванні судна.

Таблиця 1

Вплив коефіцієнта  $K_{1acc}$  на показники розгону

Показник якості	Значення коефіцієнта $K_{1acc}$					
	0,3	0,5	1	2	5	8
$I_{Gaccmax}$	1,1	1,2	1,25	1,3	1,33	1,35
$I_{Gaccset}$ ( $P_{Daccset}$ )	1	1	1	1	1	1
$I_{Maccmax}$	1,2	1,32	1,45	1,5	1,55	1,55
$I_{Maccset}$	1	1	1	1	1	1
$X_{1acc}$	19,7	16,5	15	14,4	14	13,8
$T_{acc}$	11,47	10,05	9,62	9,54	9,52	9,51

Аналіз результатів показує таке. При інтенсивному розгоні ( $K_{1acc} = 2-8$ ) гребних електродвигунів різко зростають навантаження на генераторні агрегати, і особливо їх теплові двигуни, що неминуче призведе до спрацьовування захисту від перевантаження. У діапазоні  $K_{1acc} = 0,3-2$  навантаження знаходяться в допустимих

межах, проте суттєво зростає тривалість розгону та пройдений судном шлях. Прийнятним варіантом є  $K_{1acc} = 1$ .

Вплив коефіцієнта  $K_{1rev}$ , (інтенсивності гальмування) проілюстровано в табл. 2.

Таблиця 2

Вплив коефіцієнта  $K_{1rev}$  на показники гальмування

Показник якості	Значення коефіцієнта $K_{1rev}$			
	0,5	0,75	1	1,3
$I_{Grevmax}$	0,8	0,85	0,9	0,98
$I_{Grevset}$ ( $P_{Drevset}$ )	1,07	1,08	1,09	1,3
$I_{Mrevmax}$	0,65	0,77	0,82	0,95
$I_{Mrevset}$	1,12	1,15	1,156	1,49
$X_{1rev}$	5,04	4,41	4,04	3,36
$T_{rev}$	9,7	8,8	8,3	6,7

Аналіз результатів показує, що з урахуванням динамічних навантажень на електроенергетичну установку та ступеня погіршення інерційних характеристик судна при підвищенні інтенсивності гальмування електроходу, прийнятним варіантом є  $K_{1rev} = 1$ .

Вплив значення частоти обертання гребних електродвигунів  $\mu_{Mrev}$ , яка має бути встановлена системою управління, при перекладі рукоятки ПУ в положення заднього ходу, проілюстрована в табл. 3.

Таблиця 3

Вплив  $\mu_{Mrev}$  на показники гальмування

Показник якості	Значення $\mu_{Mrev}$			
	0,4	0,6	0,7	0,8
$I_{Grevmax}$	0,84	0,9	0,95	0,97
$I_{Grevset}$ ( $P_{Drevset}$ )	0,75	1,1	1,3	1,5
$I_{Mrevmax}$	0,77	0,82	0,84	0,9
$I_{Mrevset}$	0,58	1,156	1,49	1,85
$X_{1rev}$	5,56	4,07	3,61	3,27
$T_{rev}$	12,9	8	6,9	5,9



Порівняння інерційних властивостей судна і показників, які характеризують навантаження на електроенергетичну установку, дає підстави обмежити значення  $\mu_{Mrev}$  величиною у  $\mu_{Mrev} = 0,6$ .

Результати проведених досліджень дозволили перейти до вирішення основного завдання – оцінки впливу геометричних параметрів корпусу електрохода на його інерційні характеристики.

Як приклад, розглянемо електрохід, основні параметри якого наведені у табл. 4.

Таблиця 4

Основні параметри електроходів

Параметр	Базове судно	Альтернативне судно	Параметр	Базове судно	Альтернативне судно
Маса, т	29.698	32.757	Сумарний упор гребних гвинтів, кН	1602	1602
Довжина по КВЛ, м	251,2	276,2	Момент інерції гребного гвинта, кг·м <sup>2</sup>	7132	7132
Ширина по КВЛ, м	32	32	Обертвий момент ГЕД, кН·м	146,1	146,1
Осадка середня, м	6,6	6,2	Потужність електроенергетичної установки, кВт	30.600	30.600
Швидкість руху, м/с	11,3	11,3	Діаметр гвинта, м	4,95	4,95
Коефіцієнт повноти моделі шпангоуту	0,98	0,98	Пропульсивна потужність одного ГЕД, кВт	9.180	9.180
Наведена площа зануреної частини діаметральної площини, м <sup>2</sup>	1615	1668	Приведений до валу ГЕД момент інерції, кг·м <sup>2</sup>	7404	7404
Площа керма, м <sup>2</sup>	28	28	Частота обертання гвинта, об./хв.	120	120
Коефіцієнт засмокування	0,136	0,137			

Відповідно до математичної моделі [5] перехідних режимів роботи, поточні значення режимних показників і основні показники якості маневрування визначаються узагальненими безрозмірними параметрами пропульсивного комплексу електрохода. У альтернативного судна, при русі прямолінійною траєкторією істотно змінюються чисельні значення безрозмірних параметрів  $N_X$ ,  $N_M$  і відносний час  $T$ :

$$N_X = \frac{L \sum K_{Pj} P_{ej0}}{(m + \lambda_{11}) v_0^2} ; N_M = \frac{M_{M0} L}{J_M \omega_{M0} v_0} ; T = \frac{v_0}{L} t ,$$

де  $L$  – довжина судна;

$P_{ej}$  та  $K_{Pj}$  – корисний упор гребного гвинта та його частка у сумарному упорі відповідно;

$m$  – маса судна;

$\lambda_{11}$  – приєднані маси води вздовж осі  $X$ ;

$v_0$  – швидкість руху судна;

$J_M$  – приєднаний до валу гребного електродвигуна момент інерції двигуна, гвинта та приєднаної до нього маси води;

$\omega_M$  – кутова швидкість обертання ГЕД;

$t$  – поточний час.

Оцінка впливу геометричних розмірів на інерційні характеристики проведена на прикладі розрахунку двох маневрів, що чергуються. Це – розгін судна до встановленого значення швидкості  $v = 0,98$  (у відносних одиницях) – активне гальмування переведенням рукоятки ПУ в положення заднього ходу (з урахуванням обмежень на  $K_{1rev}$  і  $\mu_{Mrev}$ , відповідно до табл. 2 і табл. 3) до  $v = 0$ .

На рис. 3 показані траєкторії руху базового та альтернативного електроходів. Судна займають положення, яке відповідає закінченню розгону та початку гальмування (рух електроходів показано у відносному часі). Електрохід, який розташований ліворуч (відносно напрямку руху) – відповідає базовому варіанту. Той, що показаний праворуч – альтернативний варіант.

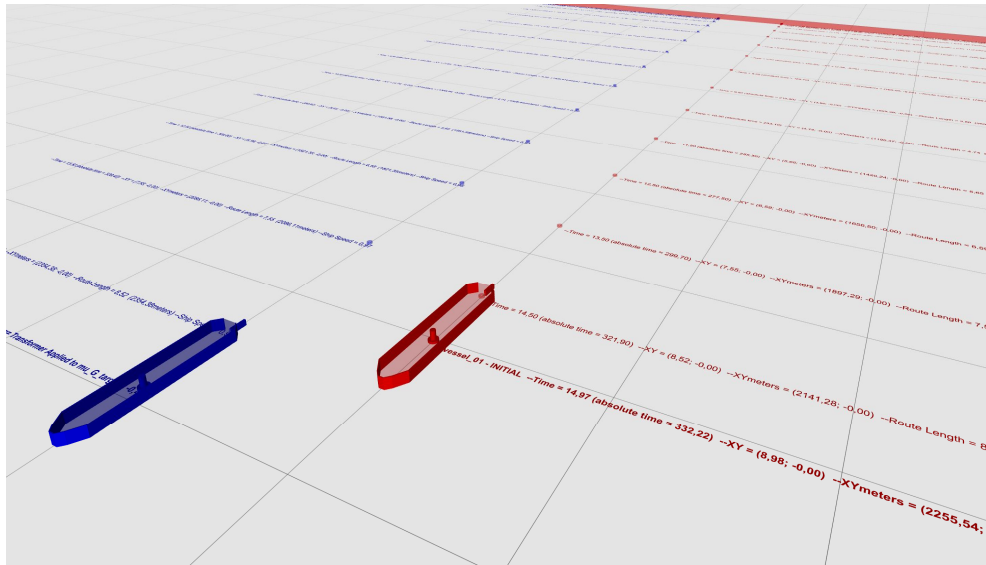


Рис. 3. Траєкторії руху суден під час маневрування

По характерним точкам траєкторії руху базового і альтернативного судна, зазначені:

- тривалості обох маневрів у відносному ( $T$ ) та абсолютному ( $t$ ) часі;
- пройдений судном шлях (вибіг електрохода) у відносних (у довжинах судна) та абсолютних (у метрах) одиницях.

Аналіз поточних значень основних режимних показників (ці криві – аналогічні тим, що були приведені на рис. 2) показав, що основні показники якості роботи електроенергетичної установки як у базового, так і у альтернативного судна на розглянутих маневрах перебувають у допустимих межах.

Таким чином, обидва судна успішно виконали маневр. Результати порівняльного аналізу інерційних характеристик (в абсолютних одиницях) для базового та альтернативного електроходів наведені в табл. 5.

Таблиця 5

*Інерційні характеристики електрохода*

	Показники інерційних характеристик			
	тривалість розгону $t$ , с	вибіг судна $X_{acc}$ , м	тривалість гальмування $t$ , с	тормозний шлях $X_{rev}$ , м
Базовий електрохід	358,8	2431	199	1100
Альтернативний електрохід	392,1	2657	218	1212
Ступінь погіршення (збільшення) показників, %	9,3	9,3	9,3	10

Порівняння результатів розрахунків показує таке: як і слід було очікувати, зі збільшенням довжини судна, його інерційні характеристики змінюються у гірший бік. Всі показники – і тривалості розгону і гальмування, і пройдений електроходом шлях збільшуються. Однак, погіршення цих характеристик невелике, і воно залишається в межах, що регламентуються Регістром суднопластва.

**Висновки**

1. Зміна геометричних розмірів судна впливає на його інерційні характеристики. Зокрема, зі збільшенням довжини з 251,2 м до 276,2 м, що становить близько 10 %, у такому ж співвідношенні погіршуються і інерційні характеристики електроходів.

2. Доцільність збільшення довжини судна має визначатися цілями модернізації. Якщо погіршення інерційних характеристик у межах 10 % не є визначальним, подібні конструктивні зміни можуть бути рекомендовані.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Перишц Р.Я. Управляемость и управление судном. – Л.: Судостроение, 1983. – 272 с.*
2. *Teresa Abramowicz-Gerigk, Mirosław K. Gerigk. Experimental study on the selected aspects of bow thruster generated flow field at ship zero-speed conditions. Ocean Engineering, 2020, vol. 209(92):107463. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2020.107463.*
3. *Kupraty O.. Mathematical modelling of construction of ship turning trajectory using autonomous bow thruster work and research of bow thruster control specifics. Scientific Journal of Gdynia Maritime University, No. 118, June 2021, P. 7-23. DOI: 10.26408/118.01.*
4. *Яровенко В.А. Расчет и оптимизация переходных режимов пропульсивных комплексов электроходов. – Одесса: Маяк, 1999. – 188 с.*
5. *Яровенко В.А. Метод расчета переходных режимов гребных электроэнергетических установок электроходов / В.А. Яровенко, П.С. Черников // Електротехніка і електромеханіка. – 2017. – № 6. С. 32-41. DOI: 10.20998/2074-272X. 2017.6.05*

## REFERENCE

1. *Pershits R.YA. (1983) Upravlyayemost' i upravleniye sudnom [Ship control and management]. Leningrad: Sudostroenie. (in Russian).*
2. *Teresa Abramowicz-Gerigk, Mirosław K. Gerigk. (2020) Experimental study on the selected aspects of bow thruster generated flow field at ship zero-speed conditions. Ocean Engineering, vol. 209(92):107463. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2020.107463.*
3. *Kupraty O. Mathematical modelling of construction of ship turning trajectory using autonomous bow thruster work and research of bow thruster control specifics. Scientific Journal of Gdynia Maritime University, No. 118, June 2021, pp. 7-23. DOI: 10.26408/118.01.*
4. *Yarovenko V.A. (1999) Raschet i optimizatsiya perekhodnykh rezhimov propul'sivnykh kompleksov elektrokhodov. [Calculation and optimization of transient modes of propulsion complexes of electric ships] – Odesa: Mayak, (in Ukraine).*

5. Yarovenko V.A. (2017) *Metod rascheta perekhodnykh rezhimov grebnykh elektroenergeticheskikh ustanovok elektrokhodov [Method for calculating transient modes of propulsion electric power plants of electric ships] / V.A. Yarovenko, P.C. Chernikov // Yelektrotekhnika i yelektromekhanika. – № 6. P. 32-41. DOI: 10.20998/2074-272X.2017.6.05*

*Стаття надійшла до редакції 15.11.2023*

**Посилання на статтю: Шумило О.М.** Вплив геометричних параметрів корпусу електрохода на інерційні характеристики // Вісник Одеського національного морського університету: Зб. наук. праць, 2023. № 4. С. 36-48. DOI 10.47049/2226-1893-2023-4-36-48.

*Article received 15.11.2023*

**Reference to the article: Shumylo O.** Influence of the geometric parameters of the electric vessel's hull on inertial characteristics // Herald of Odesa national maritime university: Coll. scient. works. 2023. № 4 P. 36-48. DOI 10.47049/2226-1893-2023-4-36-48.