

УДК 656.61.052

ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ НА МІЛКОВОДДІ

Товстокорий О. М., к.т.н., завідувач кафедри управління судном Херсонської державної морської академії;

Буряк О. О., аспірант кафедри управління судном Херсонської державної морської академії

В роботі запропоновано визначити залежність гальмівного шляху судна на мілководді від зменшення глибини під кілем.

За рахунок зменшення запасу води під кілем поведінка судна змінюється, тобто змінюються його маневрені характеристики. Має дуже важливе значення можливість знати, яким чином це стається. В сучасних обставинах цю проблему можна досліджувати, використовуючи сучасні електронні тренажери-симулятори.

До того ж можна визначити, як результати експериментів на тренажері відповідають теоретичним викладкам різних авторів щодо цього питання.

Ключові слова: гальмівний шлях, мілководдя, запас глибини під кілем, тренажер-симулятор.

Постановка проблеми в загальному вигляді. При плаванні на мілководді поведінка суден змінюється завдяки впливу нових сил, що обумовлені наявністю близько розташованого дна моря. Вплив мілководдя досліджувався і досліджується досить багато разів і у різних місцях. Так, виявлені закономірності впливу мілководдя на маневрені характеристики суден в залежності від швидкості, в залежності від форми суден та коефіцієнтів їхньої повноти, частково досліджена залежність від запасу води під кілем. Більш детальному дослідженню залежності маневрених елементів від запасу води під кілем заважають об'єктивні перешкоди, як то складність знайти ділянки моря з рівним рельєфом та глибинами, які поступово зменшуються та потреба проводити багато експериментів з діючими суднами, що потребує багато часу та великі матеріальні витрати. З виникненням електронних тренажерів – симуляторів такі експерименти стало можливим проводити з набагато меншими складнощами.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Багато авторів у різних виданнях приділяють увагу цьому питанню.

Так, Кубачев М. А. в [1] вважає, що вибіг судна при вільному гальмуванні на мілководді завжди менший, ніж на глибокій воді завдяки збільшенню опору води. Особливо це проявляється на граничному мілководді та великих швидкостях.

Ліхачов А. В. в [2] стверджує, що при однаковій початковій швидкості гальмівний шлях на мілководді і на глибокій воді відрізняються незначно.

Clark I. C. в [3] заявляє, що мінімальний гальмівний шлях судна при будь-якій швидкості зростає зі зменшенням глибини води. Це стається завдяки збільшенню маси судна завдяки збільшенню приєднаних мас води.

Daniel H. MacElrevey and Daniel E. MacElrevey в [4] вважають, що втрата швидкості при застопореному двигуні на мілководді завжди менша, ніж на глибокій воді і гальмівний шлях більше на мілководді.

Шарлай Г. М. в [5] також стверджує, що при однаковій початковій швидкості гальмівний шлях на мілководді і на глибокій воді відрізняються незначно.

Єрмолаєв Г. Г. в [6] вважає, що на мілководді гальмівні шляхи, як пасивного, так і активного гальмування, збільшуються.

Постановка завдання. Таким чином, в підручниках по управлінню суден існують принаймні три варіанта поведінки судна при пасивному гальмуванні. Нашим завданням буде або підтвердити один з запропонованих варіантів, або знайти свій особливий. Для цього ми використаємо тренажер-симулятор «TRANZAS 5000».

Викладення матеріалу дослідження. Для проведення експериментів використаємо наступні моделі суден, тактико-технічні дані яких зведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Тактико-технічні дані суден, які задіяні в експерименті

№	Назва судна	Водотонажність <i>t</i>	$T_n, м$	$T_k, м$	C_b	L_{pp}/B
1	Балкер в баласті	44081	7,4	8,0	0,818	6,718
2	Балкер в вантажі	64062	10,9	10,9	0,837	6,718
3	Автомобілевоз	19587	6,6	6,9	0,486	5,882
4	Контейнеровоз MAERSK	191000	13,7	13,7	0,66	6,732
5	Контейнеровоз MSC	32025	9,6	10,0	0,678	7,587
6	Пасажирське судно	44000	8,0	8,0	0,647	6,966
7	Судно-постачальник для шельфу	5291	6,6	6,6	0,644	3,85
8	Пасажирський пором-ролкер	7797	5,3	5,3	0,552	4,864
9	Танкер для роботи на шельфі	160529	15,9	15,9	0,84	5,696
10	Судно ріка-море СОРМОВСЬКИЙ	4514	3,4	3,6	0,849	8,455
11	Танкер	135000	14,9	14,9	0,879	5,365

Для усіх суден робимо експеримент маневру пасивного гальмування на різних глибинах H , які співвідносяться до осідання d в пропорціях $H = 1,1d; 1,25d; 1,5d; 2d; 3d; 4d$; гранична глибина, при якій відчувається мілководдя; глибока вода. Початкова швидкість – максимальна швидкість, яку може розвинути конкретне судно на мінімальній глибині. Кінцева швидкість – швидкість, при якій судно ще може утримуватись на курсі. Кермо – в положенні «автостерновий». Замірялася максимальна відстань у морських милях, яку пройшло судно до кінця експерименту. Результати заносилися в табл. 2.

Таблиця 2 – Гальмівні шляхи пасивного гальмування суден, що задіяні в експерименті, в морських милях

№	Назва судна	$1,1d$	$1,25d$	$1,5d$	$2d$	$3d$	$4d$	$ГГ$	$ГВ$
1	Балкер в баласті	2,378	2,359	2,364	2,331	2,273	2,289	2,549	2,543
2	Балкер в вантажі	3,618	3,576	3,483	3,457	3,445	3,442	3,639	3,722
3	Автомобілевоз	1,862	1,833	1,770	1,745	1,717	1,706	1,758	1,769
4	Контейнеровоз MAERSK	8,797	8,623	7,695	7,111	6,554	6,461	6,71	6,718
5	Контейнеровоз MSC	2,455	2,406	2,293	2,207	2,132	2,124	2,192	2,183
6	Пасажирське судно	1,573	1,595	1,929	2,219	2,318	2,414	2,402	2,503
7	Судно-постачальник для шельфу	0,553	0,429	0,443	0,476	0,51	0,549	0,56	0,556
8	Пасажирський пором-ролкер	0,381	0,396	0,413	0,436	0,473	0,486	0,485	0,479
9	Танкер для роботи на шельфі	4,075	4,063	4,015	4,004	3,995	3,984	4,21	4,212
10	СОРМОВСЬКИЙ	1,097	1,084	1,074	1,102	1,091	1,09	1,24	1,246
11	Танкер	4,851	4,574	4,513	4,71	5,149	5,499	5,508	5,515

По даним цієї таблиці побудуємо графік, де простежимо залежність гальмівного шляху різних типів суден від глибини моря (рис. 1).

Для того, щоб мати можливість порівняти відхилення величини гальмівного шляху при зменшенні глибини моря від початкового гальмівного шляху пасивного гальмування на глибокій воді перебудуємо цей графік за новою схемою. Гальмівну відстань для кожного судна на глибокій воді приймемо за 100%. Інші гальмівні шляхи порахуємо у відсотках до гальмівного шляху на глибокій воді. Результати занесемо в табл. 3.

По даним цієї таблиці знов побудуємо графік, де простежимо залежність пасивних гальмівних шляхів різних типів суден від глибини моря, але вже у відсотках від гальмівних шляхів на глибокій воді (рис. 2).

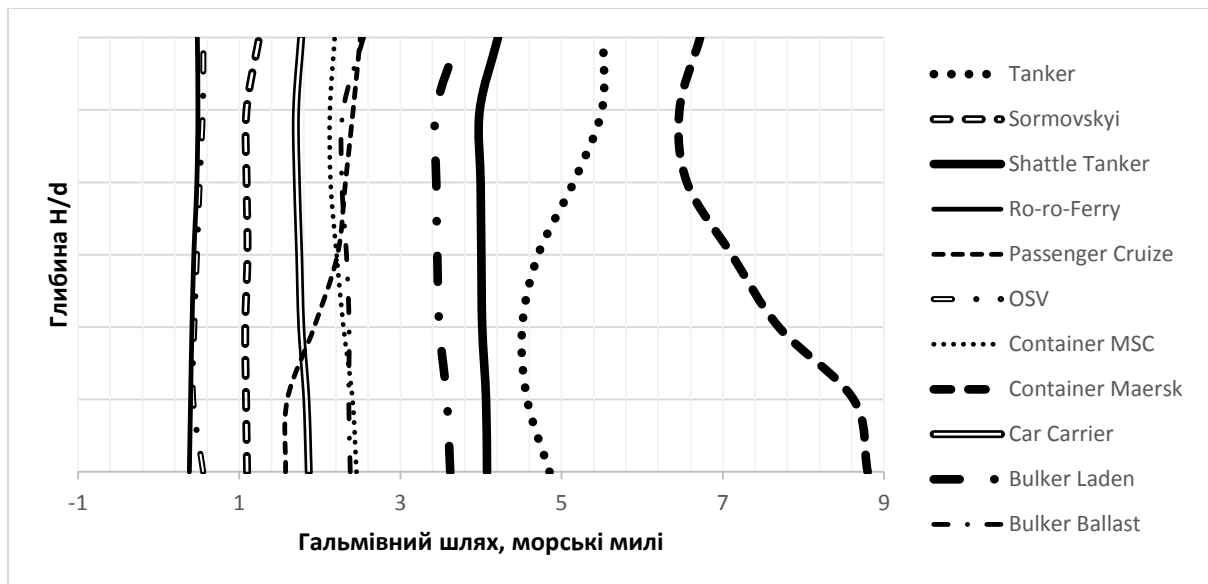


Рисунок 1 – Залежність гальмівного шляху різних типів суден від глибини моря

Таблиця 3 – Гальмівні шляхи пасивного гальмування суден, що задіяні в експерименті, у відсотках від гальмівних шляхів на глибокій воді

№	Назва судна	1,1d	1,25d	1,5d	2d	3d	4d	ГГ	ГВ
1	Балкер в баласті	94	93	93	92	89	90	100	100
2	Балкер в вантажі	97	96	94	93	93	92	98	100
3	Автомобілевоз	105	104	100	99	97	96	99	100
4	Контейнеровоз MAERSK	131	128	115	106	98	96	100	100
5	Контейнеровоз MSC	112	110	105	101	98	97	100	100
6	Пасажирське судно	63	64	77	89	93	96	96	100
7	Судно-постачальник для шельфу	99	77	80	86	92	99	101	100
8	Пасажирський пором-ролкер	80	83	86	91	99	101	101	100
9	Танкер для роботи на шельфі	97	96	95	95	95	95	100	100
10	СОРМОВСЬКИЙ	88	87	86	88	88	87	100	100
11	Танкер	88	83	82	85	93	100	100	100

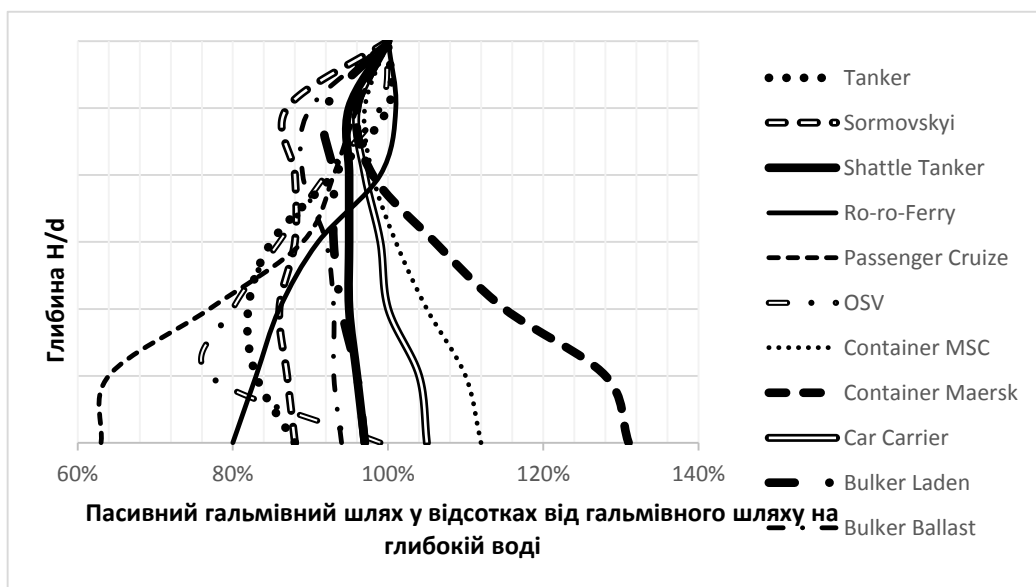


Рисунок 2 – Залежність пасивних гальмівних шляхів різних типів суден від глибини моря, у відсотках від гальмівних шляхів на глибокій воді

Проаналізувавши цей графік, можна сказати, що з 11 суден у двох суден гальмівний шлях пасивного гальмування на мілководді збільшився (Контейнеровоз MAERSK – на

31 %, Контейнеровоз MSC – на 12 %); у чотирьох зменшився (Пасажи́рське судно – на 37 %, Пасажи́рський пором-ро́лкер – на 20 %, Сормо́вський – на 12 %, Танке́р – на 12 %) на 5 суднах – зміна не перевищувала 5 %, що можна вважати відстань практично не змінилася (Балкер в баласті, Балкер в вантажі, Автомо́білевоз, Судно-постачальник для шельфу, Танкер для роботи на шельфі). До того ж треба додати, що у двох суден графіки не мають постійної тенденції до зростання або до зниження (Судно-постачальник для шельфу і Танкер).

Для того, щоб провести повний аналіз гальмівних шляхів цих типів суден на тренажері-симуляторі вважаємо за потрібне провести експерименти активного гальмування на цих же суднах в тих же самих умовах.

Результати цих експериментів занесені в табл. 4.

Таблиця 4 – Гальмівні шляхи активного гальмування суден, що задіяні в експерименті, в морських милях

№	Назва судна	1,1d	1,25d	1,5d	2d	3d	4d	ГВ
1	Балкер в баласті	0,531	0,511	0,49	0,391	0,314	0,32	0,3
2	Балкер в вантажі	0,653	0,632	0,569	0,5	0,479	0,463	0,459
3	Автомо́білевоз	0,444	0,448	0,447	0,443	0,44	0,439	0,449
4	Контейнеровоз MAERSK	0,936	0,925	0,866	0,829	0,825	0,81	0,813
5	Контейнеровоз MSC	0,56	0,546	0,499	0,468	0,473	0,476	0,473
6	Пасажи́рське судно	0,378	0,376	0,398	0,402	0,401	0,408	0,39
7	Судно-постачальник для шельфу	0,06	0,058	0,062	0,059	0,06	0,055	0,06
8	Пасажи́рський пором-ро́лкер	0,099	0,101	0,103	0,107	0,105	0,098	0,099
9	Танке́р для роботи на шельфі	0,93	0,925	0,915	0,892	0,884	0,868	0,869
10	СО́РМОВСЬКИЙ	0,234	0,226	0,209	0,208	0,196	0,188	0,193
11	Танке́р	1,355	1,276	1,233	1,208	1,213	1,22	1,213

По даним цієї таблиці побудуємо графік, де простежимо залежність гальмівного шляху активного гальмування різних типів суден від глибини моря (рис. 3).

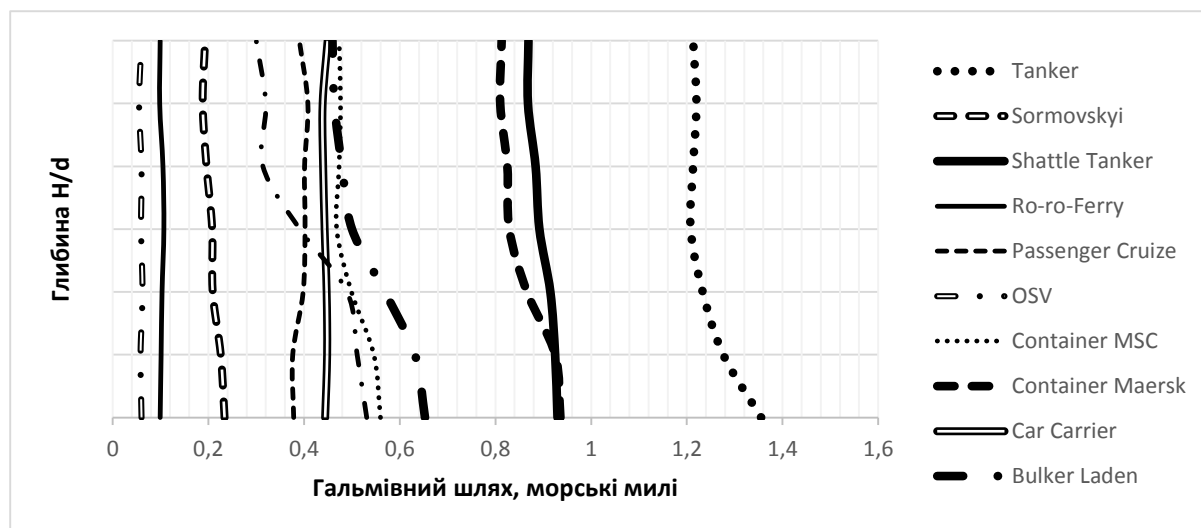


Рисунок 3 – Залежність гальмівного шляху активного гальмування різних типів суден від глибини моря

Також перерахуємо значення гальмівного шляху активного гальмування у відсотках від гальмівного шляху на глибокій воді і представимо результати у вигляді табл. 5

Таблиця 5 – Гальмівні шляхи активного гальмування суден, що задіяні в експерименті, у відсотках від гальмівних шляхів на глибокій воді

№	Назва судна	1,1d	1,25d	1,5d	2d	3d	4d	ГВ
1	Балкер в баласті	177	170	163	130	105	107	100
2	Балкер в вантажі	142	138	124	109	104	101	100
3	Автомобілевоз	99	100	100	99	98	98	100
4	Контейнеровоз MAERSK	115	114	107	102	101	100	100
5	Контейнеровоз MSC	118	115	106	99	100	92	100
6	Пасажирське судно	97	96	102	103	103	105	100
7	Судно-постачальник для шельфу	100	97	103	98	100	92	100
8	Пасажирський пором-ролкер	100	102	104	108	106	99	100
9	Танкер для роботи на шельфі	107	106	105	103	102	100	100
10	СОРМОВСЬКИЙ	121	117	108	108	102	97	100
11	Танкер	112	105	102	100	100	101	100

По даним цієї таблиці знов побудуємо графік, де простежимо залежність активних гальмівних шляхів різних типів суден від глибини моря, але вже у відсотках від гальмівних шляхів на глибокій воді (рис. 4).

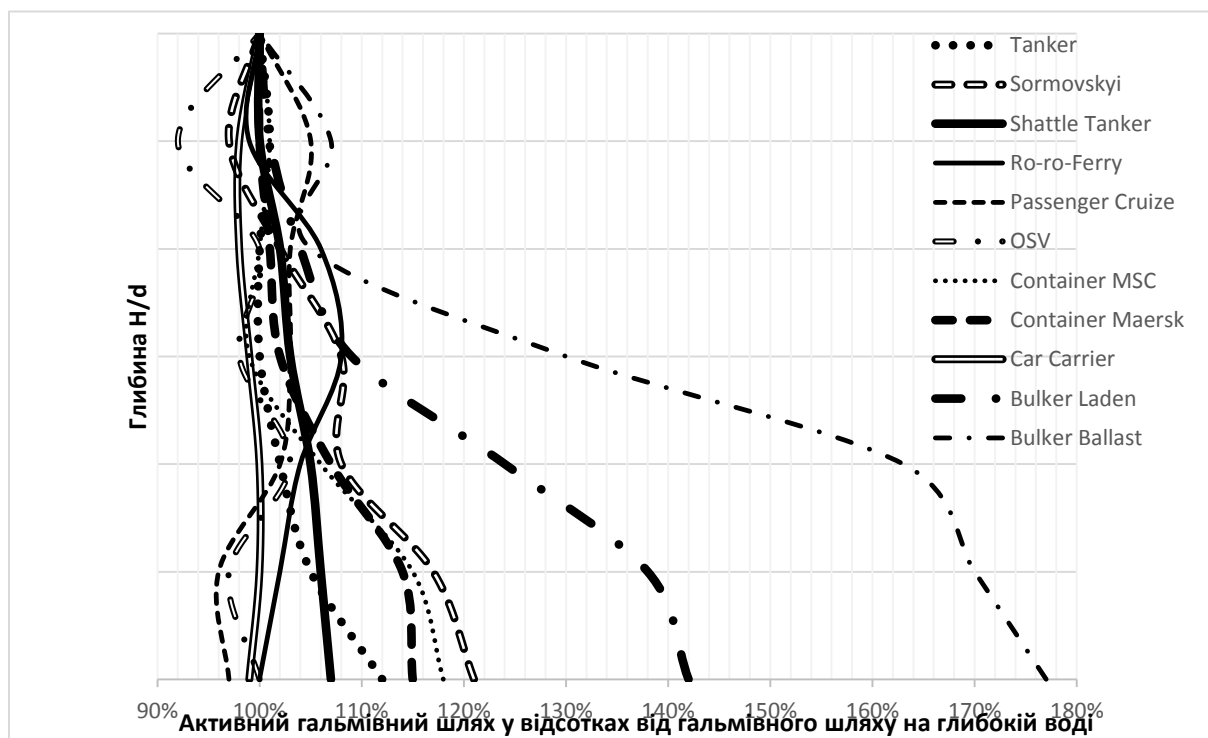


Рисунок 4 – Залежність активних гальмівних шляхів різних типів суден від глибини моря, у відсотках від гальмівних шляхів на глибокій воді

При активному гальмуванні майже в усіх джерелах вважається, що гальмівний шлях має збільшитися.

У нашому експерименті з 11 суден у 7 з них гальмівний шлях збільшився 7 до 77 %. У двох суден він залишився незмінним і у двох зменшився на 1–3 %. Тобто можна вважати, що на 7 суднах гальмівний шлях при активному гальмуванні змінювався таким чином, як передбачалося, а на решті 4 не змінювався або майже не змінювався.

Висновки

1. Таким чином, про гальмівний шлях активного гальмування при зменшенні глибини на більшості суден можна сказати, що він змінювався, як передбачалося.

2. Що ж стосується гальмівного шляху пасивного гальмування, то можна визначити, що для більшості суден при зменшенні глибини гальмівний шлях не зазнавав суттєвої тенденції до збільшення, або зменшення і або продовжував залишатися в межах початкового шляху на глибокій воді, або змінювався хаотично. Це не зовсім відповідає

теоретичним викладкам багатьох авторів.

Тому ми вважаємо, що для визначення законів зміни маневрених характеристик судна на мілководді експерименти слід продовжити.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Демин С. И. Управление судном / Демин С. И., Жуков Е. И. и др. – М. : Транспорт, 1991. – 359 с.с
2. Лихачев А. В. Управление судном. Учебник для морских вузов. СПб.: Изд-во политехн. ун-та, 2004. 504 с.
3. Ship Dynamics Fore Mariner. I.C.Clark BSc MSc MNI. Published by the Nautical Institute 202 lamberth Rd, London SE1 7LQ. The Nautical Institute 2005.
4. MacElrevey, Daniel H. Shiphandling for mariners / by Daniel H. MacElrevey and Daniel E. MacElrevey. 4th ed. Cornell Maritime Press. Centerville, Mariland. – 2004. – 386 p.
5. Шарлай Г. Н. Управление морским судном : учебное пособие / Г. Н. Шарлай. – Владивосток : Мор. гос. ун-т, 2015. – 566 с.
6. Справочник капитана дальнего плавания / Л. Р. Аксютин, В. М. Бондарь, Г. Г. Ермолаев и др.; под ред. Г. Г. Ермолаева – М. : Транспорт, 1988. – 248 с.

REFERENCES

1. Demin S. I. Upravlenie sudnom / Demin S. I., Zhukov E. I. i dr. – M. : Transport, 1991. – 359 s.s
2. Likhachev A. V. Upravlenie sudnom. Uchebnik dlya morskikh vuzov. SPb.: Izd-vo politekhn. un-ta, 2004. 504 s.
3. Ship Dynamics Fore Mariner. I.C.Clark BSc MSc MNI. Published by the Nautical Institute 202 lamberth Rd, London SE1 7LQ. The Nautical Institute 2005.
4. MacElrevey, Daniel H. Shiphandling for mariners / by Daniel H. MacElrevey and Daniel E. MacElrevey. 4th ed. Cornell Maritime Press. Centerville, Mariland. – 2004. – 386 p.
5. Sharlayj G. N. Upravlenie morskim sudnom : uchebnoe posobie / G. N. Sharlayj. – Vladivostok : Mor. gos. un-t, 2015. – 566 s.
6. Spravochnik kapitana daljnego plavannya / L. R. Aksyutin, V. M. Bondarj, G. G. Ermolaev i dr.; pod red. G. G. Ermolaeva – M. : Transport, 1988. – 248 s.

Товстокорый О. Н., Бурак А. А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОРМОЗНОГО ПУТИ НА МЕЛКОВОДЬЕ

В работе предложено определить зависимость тормозного пути судна на мелководье от уменьшения глубины под килем.

За счет уменьшения запаса воды под килем поведение судна изменяется, то есть изменяются его маневренные характеристики. Очень важное значение имеет возможность знать, каким образом это происходит.

В современных условиях эту проблему можно исследовать, используя современные электронные тренажеры-симуляторы.

К тому же можно определить, как результаты экспериментов на тренажере соответствуют теоретическим выкладкам различных авторов относительно этого вопроса.

Ключевые слова: *тормозной путь, мелководье, запас глубины под килем, тренажер-симулятор.*

Tovstokoryi O. M., Burak O. O. DETERMINATION OF STOPPING DISTANCE ON SHELLOW WATER

In article addition of stopping distance of the vessel depending on under keel clearance is offered to determine. Due to decreasing of under keel clearance behavior of a vessel is changed, i.e., maneuvering characteristics are changed. It's very important to have possibility to know, how it's happened.

In present conditions this problem can be investigated using modern electronic training simulators.

Also it's possible to determine, how results of experiments are corresponding with theoretical issues of different authors regarding this problem.

Keywords: *stopping distance, shallow water, under keel clearance, training simulator.*

© Товстокорый О.М., Бурак О.О.

Статтю прийнято
до редакції 16.02.18