

Завітаєв В.Л.

ДИНАМІКА ПАРАМЕТРІВ ОСТІЙНОСТІ СУДЕН ЗМІШАНОГО РІКА-МОРЕ ПЛАВАННЯ ТИПУ «БУГ» ПРИ РІЗНОМУ ЗАВАНТАЖЕННІ

Аналіз аварійності показує, що багато морських випадків, пов'язаних з перекиданням суден, обумовлено зміною остійності при вантаженні, вивантаженні і русі, особливо в умовах хвилювання. Причини тому - невмілі дії екіпажа при складанні вантажного плану і розрахунку параметрів остійності. Як показує аналіз, безпосередніми причинами більшості аварій і інцидентів на морі є помилки людей, керівників флотом з берега і суден, що знаходяться на борту, екіпажів суден, особливо судноводіїв.

Дане дослідження присвячене вирішенню питань, пов'язаних з практичною оцінкою безпеки судна типу Буг при перевезенні вантажів. Дане дослідження важливе для скорочення часу проведення ручних розрахунків параметрів остійності за відсутності відповідних програм.

Метою дослідження є розрахунок параметрів остійності судна при різному завантаженні і визначення їх критичних параметрів, при яких безпечна експлуатація судна порушується.

Для досягнення поставленої в роботі мети визначені наступні завдання дослідження: даний аналіз мореплавних якостей судна; вироблений аналіз остійності і особливості остійності при різному завантаженні; розроблені спільні діаграми статичної і динамічної остійності; розроблена звідна таблиця для порівняння отриманих результатів з нормативними параметрами остійності; проаналізовані результати дослідження.

Правильний розрахунок параметрів остійності судна - означає забезпечити його безпечно плавання при одночасному максимальному економічному ефекті. Розрахунок параметрів остійності - серйозна робота з великою кількістю рішень, з яких потрібно вибрати оптимальне для цих умов. Оптимальним в данному випадку - це збереження судном морехідних якостей.

***Ключові слова:** різне завантаження, безпека судна, параметри остійності, критерії остійності судна.*

Постановка проблеми.

Питанням визначення морських якостей та остійності морських суден присвячені дослідження таких вчених: Аксютин Л. Р. [1], Сизов В.Г. [2], Жинкин В.Б. [6], Савчук В.Д. [4], Лебедев В.Н. [5]. та ін.

Аналіз сучасних підходів щодо розрахунків параметрів остійності визначив проблему, пов'язану з відсутністю в «Інформації про остійність судна» різних варіантів розрахунків параметрів остійності, крім типових, і не визначені критичні їх параметри за вимогами Регістру.

Актуальність статті. Проведені дослідження погоджуються з Концепцією розвитку транспортного комплексу України на середньостроковий період до 2020 року, відповідає цілям та завданням, поставленим у Законі України “Про комплексну програму затвердження України як транзитної держави у 2002 – 2010 роках ” від 07.02.2002 № 30 а також зі стратегією розвитку внутрішнього водного транспорту на 2021-2031 роки.

Аналіз показує, що при розрахунках параметрів остійності судна не використовувалася попередня оцінка остійності судна по її осадкам. При складанні вантажного плану і розміщення вантажів робилося із застосуванням аналітичних розрахунків шляхом підбору різних варіантів і займало багато часу. Не використовувалась загальна картина параметрів остійності.

Якщо відсутні відповідні програми, дана методика важлива для скорочення часу проведення ручних розрахунків параметрів остійності. Вона присвячена вирішенню питань, пов'язаних з попередньою оцінкою параметрів остійності.

Мета статті. Метою статті є визначення динамики параметрів остійності і встановлення меж допустимих для безпеки плавання судна типу «Буг» параметрів остійності. Встановити які параметри остійності мають вплив на амплітуду качки, предели нахилу судна і кути залівання в умовах хвилювання, особливо при шквалах. Метою статті є максимальне використання розрахунків параметрів остійності для даного типу суден в короткий час і з мінімальною витратою часу наочне для безпечної їх експлуатації.

Виклад основного матеріалу.

Безпека мореплавання є основною якістю морського судна і є найважливішою умовою можливості ефективної експлуатації. Значні розміри морських суден, зростання швидкостей руху, збільшення інтенсивності руху на морських шляхах, плавання суден у складних метеорологічних умовах та інші причини роблять проблему безпеки мореплавання найбільш пріоритетною та актуальною в оцінці сучасного стану та розвитку морського транспорту. Найбільш тяжкими порушеннями безпеки плавання вважаються випадки, коли аварії призводять до морських катастроф і загибелі суден. Людський фактор залишається одним із найголовніших факторів, що впливають на безпеку експлуатації морських суден.

Найбільш важливий етап розрахунків параметрів остійності полягає в складанні вантажного плану судна, розподілі вантажів між різними вантажними приміщеннями судна, розміщенні запасів палива, мастила, провізії, пiтної води і ін. на перехід судна та визначення координат загальної маси судна і поперечної метацентричної висоти. Правильне завантаження судна впливає не лише на збереження вантажу, але і на безпеку плавання судна.

Розміщення вантажів на судні повинно забезпечувати виконання таких основних умов: максимальне використання вантажопідйомності і вантажомісткості судна; гарантія, що на всіх етапах рейсу остійність судна не стане нижче меж, передбачених нормативними вимогами Регістру судноплавства; одночасно має бути виключено і виникнення надмірної остійності.

Використовуючи Інформацію про остійність судна за осадкою при заданому навантаженні, з урахуванням щільності води, знаходять аплікату метацентру і початкову остійність за формулою:

$$h_o = Z_m - Z_g,$$

де Z_m – метацентр при даному навантаженні, м;

Z_g – центр ваги судна, м.

Під час дослідження використовувалась методика визначення параметрів остійності і типове завантаження судна з використанням Інформації про остійність судна і таблиць вручну. Розрахунок параметрів остійності здійснювалися по типовим завантаженням із Інформації про остійність, правил Регістру, будови діаграм статичної (ДСО) і динамічної остійності (ДДО) за осадками з використанням максимального, проміжних і мінімального завантаження судна вручну.

Під час будови діаграм ДСО і ДДО використовувались Пантокарени. За вимогами Регістру для судна типу «Буг» встановлено нормативні параметри остійності: максимальне плече статичної остійності $l_{\max} \geq 0,2$ м, кут, що відповідає максимуму діаграми $\theta_{\max} \geq 30^\circ$, кут закату діаграми $\theta_{\nu} \geq 50^\circ$, виправлена метацентрична висота $h \geq 0,15$ і критерій погоди $K \geq 1$.

Таблиця 1 – Розрахунок плечей статичної та динамічної остійності з використанням пантокарен

| Розрахункові величини | Значення розрахункових величин при $D=8655$ т, $Z_g=5,35$ м, $h=1,97$ м | | | | | | |
|--|--|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Кут θ° | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| $\sin \theta$ | 0 | 0,174 | 0,342 | 0,5 | 0,643 | 0,766 | 0,866 |
| Плече ост. форми l_ϕ (м) (із пантокарен) | 0 | 1,25 | 2,26 | 3,16 | 3,79 | 4,13 | 4,24 |
| Плече ост. ваги. l_B (м) $Z_g \sin \theta$ | 0 | 0,93 | 1,83 | 2,68 | 3,43 | 4,10 | 4,63 |
| Плече ст. ост. l (м) ($l_\phi - l_B$) | 0 | 0,32 | 0,43 | 0,48 | 0,36 | 0,03 | -0,29 |
| Σ інт $l_{ст}$ | 0 | 0,32 | 1,07 | 1,98 | 2,82 | 3,21 | |
| $l_d = 0,087 * \Sigma$ інт $* \sin \theta$ | 0 | 0,03 | 0,09 | 0,17 | 0,25 | 0,28 | |
| Розрахункові величини | при $D_1=7187$ т $Z=5,35$ м $h=2,62$ м | | | | | | |
| Плече ост. форми l_ϕ (м) | 0 | 1,33 | 2,51 | 3,57 | 4,23 | 4,53 | 4,60 |
| Плече ост. ваги. l_B (м) | 0 | 0,93 | 1,83 | 2,68 | 3,43 | 4,10 | 4,63 |
| Плече ст. ост. l (м) | 0 | 0,40 | 0,68 | 0,89 | 0,80 | 0,43 | 0,03 |
| Σ інт $l_{ст}$ | 0 | 0,40 | 1,48 | 3,05 | 4,74 | 5,98 | 6,44 |
| l_d | 0 | 0,03 | 0,13 | 0,27 | 0,41 | 0,52 | 0,56 |
| Розрахункові величини | D= 6611 т $Z=5,35$ м $h=2,87$ м | | | | | | |
| Плече ост. форми l_ϕ (м) | 0 | 1,36 | 2,62 | 3,70 | 4,37 | 4,66 | 4,70 |
| Плече ост. ваги. l_B (м) | 0 | 0,93 | 1,83 | 2,68 | 3,43 | 4,10 | 4,63 |
| Плече ст. ост. l (м) | 0 | 0,43 | 0,79 | 1,02 | 0,94 | 0,56 | 0,07 |
| Σ інт $l_{ст}$ | 0 | 0,43 | 1,65 | 3,46 | 5,42 | 6,92 | 7,55 |
| l_d | 0 | 0,04 | 0,14 | 0,30 | 0,47 | 0,60 | 0,66 |
| Розрахункові величини | при $D=5301$ т, $Z_g=5,35$ м $h=3,78$ м | | | | | | |
| Плече ост. форми l_ϕ (м) | 0 | 1,50 | 3,00 | 4,06 | 4,71 | 4,97 | 4,95 |
| Плече ост. ваги. l_B (м) | 0 | 0,93 | 1,83 | 2,68 | 3,43 | 4,10 | 4,63 |
| Плече ст. ост. l (м) | 0 | 0,63 | 1,17 | 1,38 | 1,28 | 0,87 | 0,32 |
| Σ інт $l_{ст}$ | 0 | 0,63 | 2,43 | 4,98 | 7,64 | 9,79 | 10,98 |
| l_d | 0 | 0,05 | 0,21 | 0,43 | 0,66 | 0,85 | 0,96 |

Таблиця 2 – Схема розрахунків параметрів остійності

| Найменування величин | Позначення та формули |
|--|---|
| Водотоннажність масова, т | D |
| Осадка судна, м | T |
| Площа парусності, м ² | A _v (з інформації про остійність) |
| Підвищення ЦП над ватерлінією, м | Z _v (з інформації про остійність) |
| Розрахунковий тиск вітру, Па | P _v (з таблиці правил Регістру) |
| Аргумент | $\sqrt{ho/B}$ |
| Множник, градуси | Y (з табл. правил Регістру) |
| Кренящий момент від вітру, кНм | M _v = 0.001 P _v A _v Z _v |
| Відносна ширина | B/T |
| Безрозмірний множник | X ₁ (з табл. правил Регістру) |
| Коефіцієнт загальної повноти | δ (з інформації про остійність) |
| Безрозмірний множник | X ₂ (з таблиці правил Регістру) |
| Відносна. площа вилицьових кілів, м ² | 100 A _k / (LB) |
| Коефіцієнт | к (з таблиці правил Регістру) |
| Амплітуда хитавиці, градус | Θ _{2z} =кX ₁ X ₂ Y |
| Кут заливання, градус | Θf (з інформації про остійність) |
| Плече перекидаючого моменту, м | l _{пр} (з діагр. дин.остійності) |
| Перекидальний момент, (кНм) | M _п =gD l _{пр} |
| Критерій погоди | K _п = M _п /M _v |

Таблиця 3 – Розрахунок параметрів остійності

| Найменування величин | Позначення та формули | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|
| Водотоннажність масова, т | 8655 | 7187 | 6611 | 5301 |
| Осадка судна, м | 4,80 | 4,10 | 3,80 | 3.1 |
| Площа парусності, м ² | 528 | 708 | 772 | 1010 |
| Підвищення ЦП над ватерлінією, м | 2,96 | 3,42 | 3,60 | 4,25 |
| Розрахунковий тиск вітру, Па | 5580 | 5740 | 5840 | 6100 |
| Кренящий момент від вітру, кНм | 8721 | 13898 | 16230 | 26184 |
| Відносна. площа вилицьових кілів, % | 1,575 | 1,575 | 1,575 | 1,575 |
| Коефіцієнт | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 0.92 |
| Відносна ширина | 3,416 | 4,039 | 4,301 | 5.355 |
| Безрозмірний множник | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,82 |
| Коефіцієнт загальної повноти | 0,854 | 0,840 | 0,836 | 0.819 |
| Безрозмірний множник | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Аргумент | 0,117 | 0,102 | 0,098 | 0,084 |
| Амплітуда хитавиці, градус | 23,2 | 22,6 | 21,9 | 19.9 |
| Кут заливання, градус | 34,1 | 34,7 | 36,4 | 37,4 |
| Плече перекидального моменту, м | 0,2 | 0,30 | 0,32 | 0,5 |

Таблиця 4 – Перевірка остійності за вимогами Реєстру

| Характеристики та відповідні вимоги | Позначення | Значення величин | | | | |
|--|---------------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | Норм. | 8655 | 7187 | 6611 | 5301 |
| Максимальне плече статичної остійності | ℓ_{\max} | $\geq 0,2$ | 0,48 | 0,89 | 1,02 | 1,38 |
| Кут, що відповідає максимуму діаграми | θ_m | $\geq 30^\circ$ | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Кут заката діаграми | θ_v | $\geq 50^\circ$ | 50 | 60 | 61 | 62 |
| Випр. метацентрична висота | h | $\geq 0,15$ | 1,97 | 2,62 | 2,87 | 3,78 |
| Критерій погоди | K | ≥ 1 | 1,947 | 1,521 | 1,278 | 0,993 |

Висновок. Для досягнення поставленої мети в роботі визначене наступне: запропонована методика визначення параметрів остійності; предложена таблиця розрахунків параметрів остійності при мінімальному, максимальному і проміжних завантаженнях судна; побудовані діаграми ДСО і ДДО; впроваджена порівняльна таблиця стосовно відповідності вимогам Регістру параметрів остійності для максимального, проміжних і мінімального завантаження судна.

Визначена динаміка параметрів остійності для судна типу «Буг», а саме: при збільшенні завантаження зростають всі параметри остійності. Амплітуда хитавиці збільшується, а кут заливання зменшується.

Визначені критичні параметри остійності для безпеки судна, а саме: при мінімальному завантаженні $D = 5301$ т, середньої осадки судна $T_{cp} = 3,1$ м і виправленої аплікати ваги $z_g = 5,35$ м критерій погоди не відповідає вимогам Регістру безпеки експлуатації судна і потребує зменшення z_g ; при максимальному завантаженні $D = 8655$ т, середньої осадки судна $T_{cp} = 4,8$ м і виправленої аплікати ваги $z_g = 5,35$ м кут, що відповідає максимуму діаграми і кут заката діаграми знаходяться на межі і для безпеки судна потребує зменшення z_g .

Результати дослідження дозволить при складанні вантажного плану судна заздалегідь передбачати кількість вантажу може прийняти судно на борт і безпечні параметри остійності. Дана методика дозволить прискорити складання вантажного плану для ефективного використання судна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аксютин Л. Р. Грузовой план судна: Учебное пособие для ВУЗов. - Одесса.: Латстар, 1999, 138 с.
2. В.Г.Сизов. Теорія корабля. Учебн. пособ. Одесск. национальн. морская акад. - Одесса: ФЕНЖС, 2003. 284 с.
3. Донцов С.В. Основи теорії корабля. Учебное пособие – Одесса: Мореходное училище им. А.И.Маринеско ОНМА, 2013, 189 с..
4. В.Д. Савчук. Технология перевозки грузов. ОНМА. Одесса. Учебник для вузов, 2007, 354 с.
5. В.Н.Лебедев. Технология перевозок. ГУМРФ им. Адмирала С.О.Макарова, СПб. Учебник для ВУЗов, 2015, 444 с.
6. Жинкин В.Б. Теория и устройство корабля: Учебник.– СПб.: Судостроение, 2000. 336 с.
7. Фрид Е.Г. Устройство судна. – Л.: Судостроение, 1989. – 342 с.

8. Revision of the Code on Intact Stability. Submitted by Germany. (MSC78/24/1) (15 December 2003) . International maritime organization. 2003. London.

REFERENCES

1. Aksutin L.R. Freight plan of ship: train aid for Institutions of higher learning. Odesa.: Latstar, 1999,138 p.
2. VG Sizov. Ship theory. Учебн. allowance. Odessa. national Marine Acad. - Odessa: FENZHS, 2003. 284 p.
3. Dontsov SV. Fundamentals of ship theory. Textbook - Odessa: Naval Academy. AIMarinesco ONMA, 2013,189 p ..
4. V.D. Savchuk. Cargo transportation technology. ONMA. Odessa. Textbook for universities, 2007, 354 p.
5. V. N.Lebedev. Transportation technology. GUMRF them. Admiral SO Makarov, St. Petersburg. Textbook for Universities, 2015, 444 p.
6. Zhinkin V.B. Theory and structure of the ship: Textbook.– St. Petersburg: Shipbuilding, 2000. 336 p.
7. Fried E.G. Ship design. - L .: Sudostroenie, 1989. - 342 s.
8. Revision of the Code on Intact Stability. Submitted by Germany. (MSC78/24/1) (15 December 2003) . International maritime organization. 2003. London.

Zavitaev V.L.

DYNAMICS OF ACCESSIBILITY PARAMETERS OF VESSELS OF THE MISHANY RIKA-SEA NAVIGATION OF THE TYPE "BUG" IN THE DIFFERENT LOAD

The analysis of the accident rate shows that a lot of sea volatility, connected with the overturning of ships, is conditioned by a change of stamina in the case of vantage, vivantage and Russia, especially in the minds of praise. The reasons for this are the unsatisfactory crew during the folding of the vintage plan and the adjustment of the stability parameters. As the analysis shows, the unmediated causes of most accidents and incidents at sea are pardons of people, sailors from the shore and ships that are on board, crews of ships, especially shipowners.

This report is dedicated to the completion of food, connected with a practical assessment of the safety of a Bug-type vessel during the transportation of passengers. This follow-up is important for the short time of carrying out manual surveys in the parameters of the stability for the duration of the programs.

The topic is given to the actual doslidnitsky tasks.

The method of investigation is to analyze the parameters of the vessel's safety in case of various engagement and deviance of their critical parameters, under which the safe operation of the vessel is damaged.

For the achievement of the task put in the robot, the next task was assigned: data analysis of the seaworthiness of the vessel; deviations in the analysis of stamina and particularity of stamina in case of different engagement; razrobleni spilni diagrams of static and dynamic stability; split the star table for comparing the results with the normative parameters of stability; analyzed the results of the investigation.

The correct rozrahunok parametriv stiynosti vessel - means to secure yogo safe sailing at one-hour maximum economic effect. Rozrahunok parametriv ostiynosti - a serious robot with a great number of decisions, from which it is necessary to choose the best for their minds. Optimal in this situation - tse savings by the vessel of sea yakos.

Key words: *different cost, ship safety, safety parameters, ship safety criteria.*