

УДК 656.61.052:656.61.089.2

DOI: 10.31653/2306-5761.29.219.76-81

**VESSEL'S NAVIGATION SAFETY MANAGEMENT IN
SHALLOW WATERS AT THE PORT AREA****УПРАВЛІННЯ НАВІГАЦІЙНОЮ БЕЗПЕКОЮ СУДНА НА
МІЛКОВОДІ В АКВАТОРІЇ ПОРТУ****A.A. Golikov**, PhD, *associate professor*, **J.A. Oleynik**, *PhD student***А.О. Голіков**, *к.т.н., доцент*, **Ю.О. Олійник**, *аспірант**National University «Odessa Maritime Academy», Ukraine**Национальный университет «Одесская морская академия», Украина***ABSTRACT**

It often happens that ports serve larger vessels than for which they were developed. The main limitation is the depth and width of port waters. Draft determines the safety of traffic. In Ukrainian ports, the maximum clearance is set in accordance with the legislation on ports, however, you can change the maximum draft of the vessel coming from the current and forecast conditions regarding the water level.

The process of safe navigational motion is called maritime safety. It can be qualified as a set of technical, functional, and operational conditions, as well as a number of recommendations, rules, and procedures. It can minimize the likelihood of undesirable events that can result in damage or loss to a ship, cargo, port facilities, or environmental pollution. These factors are the result of vessel's functioning and the specific "man-ship-environment" system. This means that under certain conditions a suitable trajectory of a ship cannot be planned. So, it is not always possible to steer a ship along the correct planned trajectory. Environment is an important component of this system, in this situation to understand as the water area in which the vessel is moving. A quantitative assessment of shipping safety requires the use of appropriate, suitable criteria, measurements, and norms that make this possible. The criteria serve as the basis for the assessment, which can allow qualifying accidents. It ensures that security levels are managed. Applying the results of a navigation safety assessment is called security management. This can be used to design and modernize waterways and determine the conditions for their use. It can allow building and modernization of waterways elements (fairway, approach channel, entrances to the port and port basin, berth, anchorage zone, and turn area), which is the best way from an economic point of view, while supporting an appropriate level of vessel's safety.

This article presents an assessment of navigational risk in case of damage to the hull of the vessel from contact with the ground. The results of this study can be used to improve ship traffic safety in order to optimize port operations.

Keywords: navigation, ship safety, port water area, maneuvering.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями

Плавання на мілководді є однією з найскладніших умов, в яких буває судно в процесі експлуатації [1]. Найбільша кількість аварій відбуваються на території порту, тому так важливо належним чином вміти управляти навігаційною безпекою та давати правильну оцінку можливих ризиків.

Процес безпечного руху називається безпекою мореплавства.

Це можна кваліфікувати як набір технічних, організаційних і експлуатаційних умов, а також низкою рекомендацій, правил і процедур, які при використанні зводять до мінімуму ймовірність небажаних подій, наслідком яких може бути пошкодження або втрата судна, вантажу, портових споруд або забруднення навколишнього середовища. Оцінка цих ризиків представлена в даній статті.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми та виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

За останні десять років потреба в управлінні безпекою судном значно збільшилася, у зв'язку зі збільшенням трафіку в судноплаванні, також з підвищенням обсягів вантажоперевезень.

Експериментальні дослідження деяких питань безпеки мореплавства морських суден на мілководді розглянуті в роботі [2]. Дослідження руху суден по обмеженому фарватері розглянуто в роботі [3]. Розрахунок ймовірності торкання корпусом дна при плаванні судна по мілководдю розглянуто в роботі [4]. Експрес-оцінка мінімального запасу глибини під кілем судна, що йде в мілководний фарватер розглянута в роботі [5].

Формулювання цілей статті

Метою даної статті є розробка методу управління навігаційної безпеки, визначення оцінки ризику, також розрахунок ймовірності аварії на території порту. Можливість збільшення прохідної осадки на мілководді зберігаючи при цьому допустимі критерії ризику.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Рівень безпеки найчастіше визначається мірою ризику. Є багато способів його визначення. Як правило, ризик ідентифікується з можливими наслідками (втратами) небажаної події (аварії).

На практиці це означає необхідність оцінки концепції заходів щодо зниження ризику і розрахунку досягнутого зниження ризику і пов'язаної з цим величиною втрат.

Навігаційний ризик, може бути виражений як:

$$RN = PA \cdot C, \quad (1)$$

де: RN – навігаційний ризик;

PA – кількість аварій;

С – наслідки аварії у відповідних одиницях (збитки).

Знаючи ймовірність аварії, можна розрахувати її наслідки.

При визначенні ризику, можна виділити три методи:

- величина абсолютного ризику;
- постійна (константа) ризику;
- відносне зростання ризику.

У першому методі певне значення ризику відноситься до передбачуваної межі значення.

Іноді це значення вказується в нормативних документах.

$$RN \leq R_p, \quad (2)$$

де: RN – певна величина ризику;

R_p – допустима межа значення ризику.

Наступний метод постійного ризику - це розвиток першого. Він застосовується в ситуаціях, коли наслідки аварії можуть змінитися. Це може мати місце, коли судно певного розміру, маневрує на певній акваторії, у свою чергу, перевозить вантажі різного ступеня небезпеки (різні наслідки в разі аварії, наприклад, вугілля та інші види сировини нафти). Потім, щоб підтримувати постійний рівень безпеки, ризику повинні бути рівні один одному.

$$RN_1 = RN_2 = PA_1 \cdot C_1 = PA_2 \cdot C_2, \quad (3)$$

де: RN_1, RN_2 – навігаційний ризик;

PA_1, C_1 - ймовірність нещасного випадку та наслідки аварії з вантажем малого ступеня небезпеки;

PA_2, C_2 - ймовірність та наслідки аварії з вантажем більш високого ступеня небезпеки.

Враховуючи, що ризик є комбінацією ймовірності аварії і її наслідків, можна записати наступне:

$$\rho R = \rho PA + \rho S, \quad (4)$$

де: ρPA – відносне збільшення ймовірності аварії;

ρS – відносне збільшення наслідків аварії.

Безпечний рух судна в певній галузі можна описати як стан, при якому його корпус не торкається морського дна. Умова, яка повинна бути виконана, є наступною:

$$RB \geq (H_i - \delta H) - (T - \delta r), \quad (5)$$

Основна помилка у визначенні глибини пов'язана з наступними помилками:

- неточний прийом ехосигналів;
- неправильне визначення глибини під кілем;
- неправильне визначення рівня води;
- помилка через забруднення дна.

На помилку визначення осадки впливає наступне:

- помилка визначення зміни осадки у прісній воді;
- неточне визначення осадки при хвилюванні;

- неточна оцінка просідання судна.

Наслідки, що виникають після удару корпусу о ґрунт, під час руху залежать від ряду факторів. Максимальне навантаження на корпус судна F_k для такого випадку може бути визначена як:

$$F_k(t) = 1 - \exp(-t/t_c), \quad (6)$$

де: t_c – період, протягом якого попередньо встановлене навантаження на корпус судна буде підвищуватися при ударі о дно.

$$t_c = [P/1 - F_k(P_A)]^{-1}, \quad (7)$$

де: $F_k(P_A)$ – ймовірність, що навантаження на корпус буде вище допустимого під час удару.

$$F_k(P_A) = P[Q_{sgr} \geq ZG], \quad (8)$$

При визначенні ймовірності пошкодження корпусу судна при ударі слід враховувати, що не кожне таке зіткнення закінчується серйозною аварією, отже, з цього можна вивести формулу:

$$P_{AW} = P_A \times F_k(P_A), \quad (9)$$

де: P_{AW} – ймовірність аварії при маневрах судна;

P_A – ймовірність того, що судно торкнеться дна;

$F_k(P_A)$ – ймовірність того, що навантаження на корпус більше допустимого у разі удару о дно.

Ймовірність аварії може бути виражена пуассонівським процесом як:

$$P_A(x=n) = \lambda^n \times e^{-\lambda} / n!, \quad (10)$$

Такий розподіл дозволяє кваліфікувати ймовірність аварії по певній кількості. Ймовірність n або більше аварій, дорівнює:

$$P_A(x>0) = 1 - e^{-\lambda}, \quad (11)$$

Якщо аварія не відбувається в даний період, то можна записати в такий спосіб:

$$P_A(x=0) = e^{-\lambda}, \quad (12)$$

Маючи задану кількість експлуатованих судів за конкретний період часу, можна визначити ймовірність аварії:

$$p = \lambda / IR \times t_c, \quad (13)$$

Це значення ймовірності аварії може бути використано у якості критерію для маневрування суден в акваторіях портів.

Ймовірність удару судна о дно може бути прийнята в якості критерію для оцінки безпеки маневрів судна в акваторії порту.

На підставі статистичних даних, що зображають кількість пошкоджених суден і кількість ударів о дно, ймовірність пошкодження корпусу може бути замінена індикатором пошкодження. Тоді ймовірність аварії буде дорівнювати:

$$P_{AW} = P_A \times W_w, \quad (14)$$

де: W_w – індикатор пошкодження корпусу.

Рівень втрат, понесених від удару, залежить від багатьох факторів, найбільш важливим з яких є тип ґрунту.

Коли судно вдаряє дно, його корпус тисне на ґрунт, що призводить до пасивного тиску. Цей тиск є реакцією ґрунту на тиск корпусу судна. Пасивний тиск на ґрунт збільшується з тиском на корпус. Коли максимально допустиме значення перевищено, утворюється площа ґрунту, яка починає відсуватися з-під корпусу судна. Збільшення пасивного тиску (для незв'язних ґрунтів) поряд зі збільшенням тиску корпусу відбувається через структурні зміни в ґрунті.

Спочатку еластичний ґрунт стає пружно-пластичним, потім пластичним. Цей стан, в якому всі частинки знаходяться в стані граничної рівноваги, що відповідає граничному значенню пасивного тиску ґрунту. Тиск судна на ґрунт змушує корпус проникати в ґрунт.

Це явище відбувається як в незв'язних ґрунтах, таких як гравій та піски або їх суміші, так і у зв'язкових ґрунтах, включаючи глинистий гравій та піщано-гравійних сумішей, глинисті піски, глину і мул.

Аналіз дії корпусу судна на ґрунт при ударі показує, що є схожість з діями кранців. Це означає, що ґрунт є середовищем, що поглинає енергію удару. Величина поглинання енергії в основному залежить від властивостей ґрунту.

Суда, що просідають на незв'язних ґрунтах на певну глибину, не мають пошкоджень корпусу.

Імовірність ушкодження корпусу судна може бути взята в якості критерію оцінки безпеки та використана для поліпшення роботи порту.

Дотик дна корпусом судна означає фізичний контакт, але це не завжди призводить до пошкоджень.

Висновки та перспективи подальшої роботи за даним напрямком

Запас води під кілем повинен гарантувати безпечне маневрування судів в акваторії порту. Це залежить від багатьох факторів, однак найбільш важливим є рівень води. Якщо відстань між кілем і ґрунтом достатня, то безпека судна поліпшується, але якщо допустима осадка судна менше, це призводить до:

- зменшення прийнятої кількості вантажу, що означає менший заробіток для портових і стивідорних компаній;
- зниження прибутку судновласників, оскільки місткість судна не використовується повністю;
- зниження портових зборів, оскільки вони залежать від тоннажу судна (стоянка, буксирування тощо);
- відмова великих судів від використання послуг порту, де вони не можуть використовувати свою загальну вантажопідйомність.

Тому вважається за необхідне провести дослідження, спрямоване на розробку методу, що дозволяє визначити мінімальний запас під кілем при збереженні рівня безпеки. Тоді рішення про те, чи може судно маневрувати в акваторії порту, будуть прийматися з прийнятним ризиком. Метод оцінки безпеки, заснований на ймовірності зіткнення, розраховується з використанням пуассоновського процесу. Параметри цього процесу можуть бути зменшені,

поки не буде досягнутий заданий критерій безпеки. В якості критерію була використана ймовірність дотику судна ґрунту за один прохід.

Беручи до уваги можливість серйозного пошкодження корпусу судна, цей метод може бути використаний для вибору оптимальної осадки судна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ганнесен В.В. Плавание на мелководье и в узкости учебное пособие для судоводителей [Электронный режим] – Режим доступа: <http://pilotservice.narod.ru/masters/SHALW/SHALW.htm> - загол. с экрана.
2. Смирнов В.П. Экспериментальные исследования некоторых вопросов безопасности мореплавания морских судов на мелководье: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.15. - Л., 1978. - 26 с.
3. Сухомел Г.И. Исследование движения судов по ограниченным фарватерам: монография. - Киев: Изд-во АН УССР, 1956. - 164 с.
4. Воробьев Ю. Л. Расчет вероятности касания корпусом дна при плавании судна по мелководному фарватеру // ОНМУ Вісник Одеського національного морського університету. - 2010. - Вип. 30. - С. 26-35.
5. Воробьев Ю.Л. Экспресс-оценка минимального запаса глубины под килем судна, идущего в мелководном фарватере // ОНМУ Вісник Одеського національного морського університету. - 2010. - Вип. 29. - 2010. - С. 26-38.
6. Голіков А.О., Мусаєв М.А., Олійник Ю.А., Сучасні проблеми Морського порту Маріуполь, Випуск № 28 - 2018 р.
7. Голіков А.О., Олійник Ю.О., Оцінка ризиків та рівня безпеки при зіткненні судна з мостом, стр 170-172 Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2019)
8. Ковалев А.П. К вопросу о проседании судна на мелководье и в канале // Морской транспорт. Сер. Безопасность мореплавания. 1984. Вып.5 (165). с. 19-22.
9. Паданев Ф.И., Шувалов В.П. Обеспечение безопасности проводки судов с предельными осадками // Морской транспорт. Сер. Безопасность мореплавания. 1983. Вып.6 (156). с. 11-18.