

Клочков Ю.П.

## ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ВЕЛИКОТОННАЖНИМИ СУДНАМИ ПРИ ПРОХОДІ СУЕЦЬКОГО КАНАЛУ

У статті розглянуто особливості управління великотоннажними суднами під час проходження Суецького каналу, одного з найважливіших морських шляхів, що з'єднує Середземне та Червоне моря. Проаналізовано технічні, навігаційні та природні виклики, з якими стикаються судноводії, зокрема обмежений простір для маневрування, вплив мілководдя, ефекти гідродинамічної взаємодії, висока парусність контейнеровозів, інтенсивний рух суден, а також несприятливі погодні умови, такі як сильний вітер, густий туман і піщані бурі. Особливу увагу приділено впливу конструктивних характеристик сучасних великотоннажних суден класу *Ultra Large Container Ships (ULCS)* на керованість в умовах вузьких каналів. Наголошено, що розміри таких суден значно перевищують граничні параметри каналу, що створює додаткові ризики, особливо під час зустрічного руху суден. У статті запропоновано низку рекомендацій для підвищення безпеки навігації. Зокрема, підкреслено необхідність перегляду існуючих правил плавання Суецьким каналом, з чітким розподілом відповідальності між капітаном і лоцманом та впровадженням протоколів дій у надзвичайних ситуаціях. Запропоновано оптимізувати швидкісний режим руху суден, що дозволить зменшити гідродинамічні ризики, та застосовувати буксири для підтримки курсу, особливо у складних погодних умовах. Запропоновано впровадження спеціалізованих математичних моделей для розрахунку оптимальних траєкторій руху з урахуванням усіх ключових факторів: вітрових навантажень, осадки судна, метеорологічних умов та гідродинамічних ефектів. Реалізація цих заходів дозволить мінімізувати ризики аварій, підвищити ефективність судноплавства, забезпечити стабільне функціонування Суецького каналу та зберегти його стратегічне значення у глобальній транспортній системі.

**Ключові слова:** Суецький канал, судно, судноводії, великотоннажні судна, навігація, управління судном, безпека, судноводіння, маневрування, погодні умови.

**Постановка проблеми.** Суецький канал є однією з найважливіших судноплавних артерій світу, яка сполучає Середземне та Червоне моря, скорочуючи час доставки вантажів між Європою та Азією. Його загальна довжина становить 193,3 км, а ширина змінюється від 205 до 225 метрів на поверхні води та близько 121 метрів по дну каналу. Глибина каналу становить у середньому 24 метри, що дозволяє пропускати судна з максимальною осадкою до 20 метрів. Однак ці параметри є граничними, і будь-яке відхилення може створити загрозу для безпеки судноплавства. Сучасні великотоннажні судна, такі як контейнеровози класу *Ultra Large Container Ships (ULCS)*, можуть досягати довжини понад 400 метрів, ширини 60 метрів та висоти надводного борту близько 30 метрів. Водотоннажність таких суден перевищує 200 тисяч тонн. Їхні величезні розміри роблять процес маневрування надзвичайно складним, особливо в обмежених умовах Суецького каналу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблематика управління суднами у складних навігаційних умовах отримала значну увагу серед науковців і практиків. Дослідження Драчова В.М. та Мальцева А.С. висвітлюють маневрені характеристики великотоннажних суден у вузьких каналах, тоді як Сизов В.Г. вивчав теоретичні аспекти впливу мілководдя на керованість суден. Роботи також підкреслюють значення точного прогнозування траєкторії руху судна, враховуючи особливості його конструкції та погодні умови. Разом з тим, необхідність розробки практичних рекомендацій для проходження Суецького каналу залишається актуальною.

**Виклад основного матеріалу.** Проходження Суецького каналу є надзвичайно складним завданням через низку факторів. Одним із головних є обмежений простір для маневрування. Ширина каналу у вузьких ділянках сягає лише 205-225 метрів, тоді як довжина сучасних контейнеровозів може перевищувати 400 метрів, а ширина, подекуди, сягає 60 метрів. Слід

зазначити, що з 60 – 95 кілометр каналу, дозволяється двохсторонній рух суден [1]. Наприклад, якщо будуть розминатись два судна шириною 50 метрів розминатимуться в каналі, то вільна відстань в каналі буде трохи більше 100 метрів. І це лише на поверхні води, а по дну каналу може бути набагато меншою (хоча б через те, що стінки каналу можуть зсуватися). Це означає, що навіть незначна помилка у розрахунках може призвести до серйозних наслідків, таких як пошкодження судна або блокування каналу. Показова подія сталася 29 вересня 2014 року, коли 324-метрове судно Colombo Express втратило керування та врізалось в борт схожого за розмірами судна Maersk Tanjung під час проходження Суецького каналу. Причина зіткнення офіційно не була розголошена. Однак повтор зіткнення за допомогою AIS показує, що Colombo Express намагався обігнати Maersk Tanjung, коли втратив керування. Це призвело до припущень, що причиною могла стати так званий ефект відбитої хвилі, коли асиметричний потік навколо судна, викликаний близькістю до берегів, спричиняє різницю тиску (принцип Бернуллі) між лівим і правим бортами [2]. У результаті на судно діє бічна сила, спрямована переважно до найближчого берега, а також момент, який зміщує ніс судна до центру водного шляху. Більш того, великотоннажні судна при русі з високою швидкістю набувають накопичений момент інерції, який при поворотах великих суден контейнеровозів, особливо різких, змушує вектор дії сили відхилятися від курсу судна до 30-40°, що викликає дрейф судна в протилежний бік повороту [3]. Саме це могло статись з судном Colombo Express. Спочатку воно прижалося до берега каналу, і коли судноводії вирішили різко повернути судно ближче до осі каналу, при перекладці керма в бік осі каналу, судно ще більше відхилилось до берегу через накопичений момент інерції, а потім в дію вступила гідродинамічна взаємодія з берегом, і відбита хвиля різко відштовхнула ніс судна в сторону осі каналу (рисунок 1), що й привело до зіткнення із судном Maersk Tanjung.



Рисунок 1 – Ситуація за декілька секунд до зіткнення суден Colombo Express та Maersk Tanjung

Контейнеровози ще й характеризуються високою парусністю як у завантаженому, так і в баластному стані, що є типовою особливістю цього типу суден. У завантаженому стані їх парусність збільшується через велику кількість контейнерів на палубі, тоді як у баласті – через значну площу надводного борту, високу надбудову та малу осадку. Зменшення підводного об'єму судна призводить до зниження опору води, що робить його більш вразливим до впливу вітру. На низькій швидкості, коли потік води, що потрапляє на перо керма, створює недостатній тиск, момент бокової сили руля часто не може компенсувати момент від дії вітру. У таких умовах навіть слабкий вітер може значно ускладнити керування судна. Сильний бічний вітер, характерний для регіону, може швидко вивести судно з рівноваги. Наприклад, пориви вітру можуть викликати бічний дрейф, що

призводить до відхилення від курсу та необхідності корекції. Саме так сталося з сумнозвісним контейнеровозом Ever Given у 23 березня 2021 року. Сильний вітер буквально за лічені хвилини поставив гігантське судно поперек каналу [4].

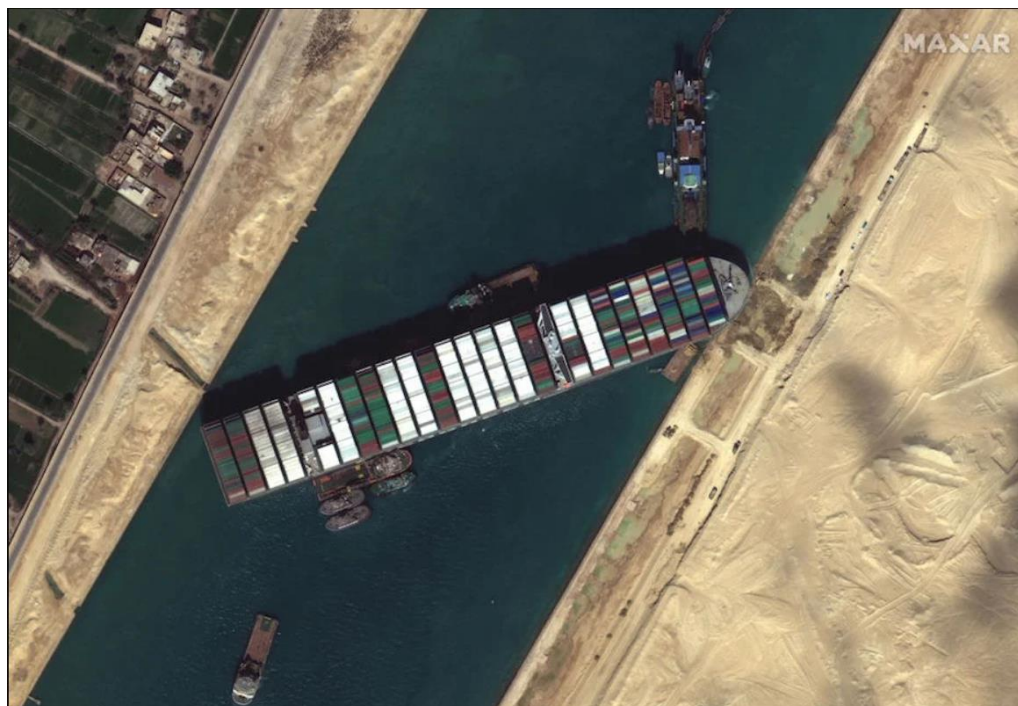


Рисунок 2 – Судно Ever Given, яке заблокувало Суецький канал

У зимовий період густий туман і часті дощі додатково ускладнюють ситуацію, обмежуючи видимість та ускладнюючи оцінку відстаней до інших суден чи берегів. Піщані бурі, характерні для літнього періоду, можуть раптово виникати, роблячи навігацію майже неможливою [5].

Крім того, мілководдя викликає гідродинамічне осідання судна, збільшуючи ризик контакту з дном. До цього додається ефект "берегового присмоктування", який може зміщувати судно з запланованого курсу. Механізм дії цього ефекту полягає в тому, що зменшення глибини води під кілем викликає зниження тиску води, що утримує судно, створюючи додаткову силу, яка зміщує його до берега.

Вплив течій також є важливим фактором. Суецький канал не має природного припливно-відпливного режиму, однак потоки води в ньому створюються через рух суден, природний нахил та сизигійні приливи в Середземному морі, які іноді спричиняють сильні течії в каналі в напрямку Червоного моря, які іноді сягають двох вузлів. Ці течії можуть змінювати напрямок і швидкість, що вимагає від екіпажу постійного моніторингу і швидкої реакції. Збільшення швидкості течії в вузьких ділянках каналу може викликати нестабільність курсу судна, що ще більше ускладнює маневрування [6].

Інтенсивний трафік у каналі, де щоденно проходить до 50 суден, створює додаткові виклики. Необхідність дотримання чіткого графіку руху обмежує можливості для маневрування, а будь-яка затримка може спричинити затори [7].

Для вирішення цих проблем рекомендується впровадження комплексу заходів для підвищення безпеки навігації. Одним із ключових рішень є використання сучасних електронних картографічних систем (ECDIS), які забезпечують високу точність прогнозування траєкторії руху. Такі системи дозволяють екіпажу в режимі реального часу оцінювати параметри руху судна, включаючи швидкість і гідродинамічні характеристики. Застосування ECDIS також допомагає враховувати погодні умови, що особливо важливо під час піщаних бур чи дощів.

Не менш важливим є редагування та оновлення всіх документів та інструкцій, пов'язаних з транзитом суден через канал. Необхідність внесення змін до правил плавання Суецьким каналом є вкрай важливою, щоб забезпечити чіткий розподіл відповідальності за безпеку судноплавства [8]. Сьогоднішні інструкції створюють правову невизначеність: лоцман бере на себе управління судном під час проходу каналу, але вся відповідальність за безпеку залишається за капітаном. Такий підхід може призводити до конфліктів у прийнятті рішень та створювати ризики у критичних ситуаціях. Чітке визначення ролей і обов'язків дозволило б уникнути двозначностей. Додатково, важливо передбачити чіткі протоколи дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Впровадження таких змін дозволить мінімізувати аварійні ризики та покращити безпеку судноплавства у цьому стратегічно важливому регіоні.

Оптимізація швидкісного режиму є ще одним важливим аспектом. Підтримання швидкості в межах 7-8 вузлів дозволить зменшити гідродинамічне осідання і забезпечити стабільність руху судна. Водночас залучення буксирів для корекції курсу, особливо у вітряних умовах, може суттєво знизити ризик зіткнень або осадження на міліну. Використання буксирів також може бути корисним у разі раптових змін погодних умов, коли судно потребує додаткової підтримки для утримання курсу.

Також, розробка спеціалізованих математичних моделей для розрахунку оптимальної траєкторії руху судна може значно спростити процес планування. Такі моделі враховують усі ключові фактори, включаючи вітрильність, осадку, гідродинамічні сили та метеорологічні умови. Завдяки цьому екіпаж матиме змогу більш точно прогнозувати поведінку судна в складних умовах. Крім того, автоматизація процесів дозволяє мінімізувати людський фактор, що є одним із ключових чинників аварій.

**Висновки.** Суецький канал є однією з найважливіших судноплавних артерій світу, проте експлуатація цього водного шляху сучасними великотоннажними суднами стикається з численними викликами. Обмежений простір для маневрування, вплив сильного вітру та течій, а також інтенсивний трафік створюють значні ризики для безпеки судноплавства. Приклади інцидентів, таких як зіткнення судна Colombo Express з Maersk Tanjung чи блокування каналу судном Ever Given, підкреслюють актуальність проблеми.

Для забезпечення безпеки необхідно оновити правила та протоколи навігації, зокрема чітко розподілити відповідальність між капітаном і лоцманом та передбачити протоколи дій у надзвичайних ситуаціях. Важливим є впровадження сучасних електронних систем, які дозволяють точно прогнозувати траєкторії руху суден і враховувати складні умови. Зменшення швидкості в критичних зонах каналу, а також залучення буксирів для підтримки курсу значно знизять ризики аварій. Додатково слід розробити математичні моделі для прогнозування поведінки суден в обмеженому просторі, що допоможе екіпажу краще підготуватися до можливих труднощів. Реалізація цих заходів сприятиме мінімізації ризиків, підвищенню ефективності судноплавства та забезпеченню стабільного функціонування Суецького каналу як ключового елемента світової транспортної системи.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Suez Canal Authority, Canal Characteristics, 2019, Ismailia, Egypt
2. Gary Peters, Sea collisions: investigation through simulation, [електронний ресурс].– режим доступу до ресурсу: <https://www.ship-technology.com/author/gary-peterspmgoperations-com/>
3. Sergiienko V. V. In the emergency trap. Morvesti №12-2020. [електронний ресурс].– режим доступу до ресурсу: <http://www.morvesti.com>.
4. United Arab Insurance Federation, «Insurance Report on Ever Given grounding in Suez Canal» //, 2021, с. 2-7.
5. United Kingdom Hydrographic Office, Mediterranean Pilot Vol. V (NP 49), p 220;
6. Сизов В.Г. Теория корабля [текст]: учебн. пособие / В.Г. Сизов. –Одесса: Феникс, 2003. – 92 с.

7. UN Trade and Development (UNCTAD), Suez and Panama Canal disruptions threaten global trade and development, 2024, [електронний ресурс].– режим доступу до ресурсу: <https://unctad.org/news/suez-and-panama-canal-disruptions-threaten-global-trade-and-development>;
8. Suez Canal Authority, Rules of Navigation//, 2020, p. 5.

## REFERENCES

1. Suez Canal Authority, Canal Characteristics // 2019, Ismailia, Egypt
2. Gary Peters, Sea collisions: investigation through simulation, [electronic resource].– Access: <https://www.ship-technology.com/author/gary-peterspmgoperations-com/>
3. Sergiienko V. V. In the emergency trap. Morvesti №12-2020. [electronic resource].– Access: <http://www.morvesti.com>.
4. United Arab Insurance Federation, «Insurance Report on Ever Given grounding in Suez Canal» //, 2021, с. 2-7.
5. United Kingdom Hydrographic Office, Mediterranean Pilot Vol. V (NP 49), p 220;
6. Сизов В.Г. Теория корабля [текст]: учебн. пособие / В.Г. Сизов. –Одесса: Феникс, 2003. – 92 с.
7. UN Trade and Development (UNCTAD), Suez and Panama Canal disruptions threaten global trade and development, 2024, [electronic resource].– Access: <https://unctad.org/news/suez-and-panama-canal-disruptions-threaten-global-trade-and-development>;
8. Suez Canal Authority, Rules of Navigation//, 2020, Ismailia, Egypt, p. 5.

**Klochkov. Y.P.**

### **FEATURES OF CONTROL OF THE LARGE TONNAGE SHIPS WHILE NAVIGATING THE SUEZ CANAL**

*This article examines the features of control of the large-tonnage vessels while navigating the Suez Canal, one of the most critical maritime routes connecting the Mediterranean and Red Seas. It analyses technical, navigational, and environmental challenges faced by mariners, including limited manoeuvring space, shallow water effects, hydrodynamic interaction phenomena, high windage area of container ships, intensive vessel traffic, and adverse weather conditions such as strong winds, dense fog, and sandstorms. Special attention is given to the impact of the structural characteristics of modern Ultra Large Container Ships (ULCS) on manoeuvrability in narrow channels. It is emphasized that the dimensions of these vessels significantly exceed the canal's limiting parameters, creating additional risks, especially during two-way vessel traffic. The article proposes several recommendations for improving navigation safety. In particular, it highlights the need to revise existing navigation rules for the Suez Canal, with a clear distribution of responsibility between captains and pilots, and the introduction of emergency response protocols. It also suggests optimizing vessel speed to reduce hydrodynamic risks and employing tugs to assist in course maintenance, particularly in adverse weather conditions. The article recommends the development of specialized mathematical models to calculate optimal vessel trajectories, considering key factors such as wind loads, vessel draft, meteorological conditions, and hydrodynamic effects. The implementation of these measures will minimize accident risks, enhance navigation efficiency, ensure the stable operation of the Suez Canal, and maintain its strategic importance in the global transportation system.*

**Keywords:** Suez Canal, vessel, mariner, large-tonnage vessels, navigation, ship management, safety, shiphandling, manoeuvring, weather conditions.