

Sagin C.C., Sagin C.B.

ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАЦІЇ РУХУ МОРСЬКИХ СУДЕН ПІД ЧАС ЇХ МАНЕВРУВАННЯ В СТИСНЕНИХ ВОДАХ

Проведено аналіз особливостей координації рухом морських суден під час їх маневрування в стиснених водах. Як одну з найважливіших проблем у суднопластві розглянуто забезпечення безпечного руху суден, що залежить від попередження та зниження ризику зіткнень суден морського транспорту під час їх знаходження як у відкритому морі, також і стиснених прибережних або портових водах. Визначено, що у сучасному суднопластві існує гостра необхідність забезпечення безпечного та ефективного розходження суден, особливо у випадку наявності навігаційних перешкод, а також під час маневрування суден в стиснених водах. Подібні ситуації виникають з будь-яким судном під час його виходу, або заходу в порт, а також під час навігаційних переходів в каналах, вузькостях та прибережних акваторіях. Зазначено, що методи та моделі з забезпечення безпеки суднопластва в переважній більшості випадків розроблені для умов, коли судна рухаються в відкритому морі, коли кожне з суден має досить вільного простору для виконання безпечного маневру та запобігання зіткнення з іншими суднами. При цьому питання безпечного маневрування суден в умовах стиснених вод відносяться до компетентності та відповідальності берегових диспетчерських центрів управління та дії лоцману, що знаходиться на борту судна – тобто до виконання функціональних обов'язків окремих структур та окремих представників, не пов'язаних з судовласником, фрахтівником, постачальником та замовником вантажу. В зв'язку з цим ціллю статті визначено розробка рекомендацій щодо формування гібридної системи координації руху морських суден під час їх маневрування в стиснених водах.

Шляхом аналізу сучасних варіантів забезпечення безпеки суднопластва під час знаходження та маневрування суден в стиснених водах доведено, що найбільш ефективною для цього випадку є гібридна системи координації рухом суден, яка являє собою синтез різних технологічних підходів та методів, які забезпечують комплексне та багаторівневе вирішення проблеми управління та безпеки суднопластва. Аналіз комплектації гібридної системи координації рухом висвітив, що вона поєднує в собі елементи автоматичної ідентифікаційної системи, радарної технології, супутникового навігаційного обладнання та програмного забезпечення для управління судовим рухом, що дозволяє забезпечити високу точність та оперативність у прийнятті рішень.

Ключові слова: безпека суднопластва, людський фактор, навігаційна безпека, навігаційна обстановка, маневрування суден, морське судно, морський транспорт, оптимізації процесу маневрування, розходження суден, стиснені води, системи підтримки прийняття рішень.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Морський та внутрішній водний транспорт відіграє визначальну роль у світовій транспортній системі, забезпечуючи ефективне та економічно вигідне перевезення вантажів. Безпека суднопластва є найважливішим аспектом забезпечення ефективної роботи світової транспортної системи. Однією з найважливіших проблем у суднопластві є забезпечення безпечного руху суден, що залежить від попередження та зниження ризику зіткнень суден морського транспорту під час їх знаходження як у відкритому морі, також і стиснених прибережних або портових водах [1, 2].

Поєднання сучасних технологій, вимог міжнародних стандартів, систематичного навчання та розвитку інтеграції з інноваційними технологіями допоможе створити більш безпечні обставини для забезпечення безпеки суднопластва. Застосування технологій інтелектуального аналізу даних, нейронних мереж, знання-орієнтованих систем та систем машинного навчання може значно

покращити прогнозування та аналіз даних, допомагаючи більш ефективно керувати суднами та мінімізувати ризики виникнення навігаційних небезпек [3-6]. Удосконалені системи моніторингу та контролю можуть забезпечити більш точне відстеження положення суден, їх швидкості та курсу, допомагаючи запобігти зіткненням та іншим аварійним подіям. Інновації також можуть сприяти екологічній стійкості судноплавства, допомагаючи знизити викиди шкідливих речовин та оптимізувати витрати палива. Компанії та уряди повинні інвестувати в розвиток таких технологій та впроваджувати їх на практиці, щоб зміцнити безпеку та ефективність судноплавства. Впровадження нових стандартів та нормативів також сприятиме розвитку морського транспорту, забезпечуючи безпеку руху суден, їх екологічну стійкість та захист навколишнього середовища [7-10].

У сучасному судноплавстві існує гостра необхідність забезпечення безпечного та ефективного розходження суден, особливо у випадку наявності навігаційних перешкод, а також під час маневрування суден в стиснених водах [11-13]. Подібні ситуації виникають з будь-яким судном під час його виходу, або заходу в порт, а також під час навігаційних переходів в каналах, вузькостях та прибережних акваторіях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виникнення аварійних ситуацій зближення суден у стиснених водах здебільшого відбувається через некоректні, несвоєчасні і некваліфіковані дії з боку навігаційного офіцера і зрідка через технічну несправність судової апаратури. Вибір та застосування екстрених та радикальних дій для уникнення зіткнення в таких випадках має бути миттєвим та негайним. Основними можливими діями для запобігання зіткненню в аварійних випадках можуть бути: екстремальне маневрування, екстрене гальмування або реверсування судовим двигуном, віддача якоря, а також можливе комплексне застосування перелічених методів, щоб уникнути зіткнення.

Умовами виникнення нестандартних ситуацій зближення суден у морі є ті випадки, коли група з двох і більше суден потрапляє в ситуації, в яких необхідно вживати низку послідовних розрахованих дій для уникнення та попередження зіткнення. Такі ситуації зараз відбуваються досить часто в районах активного судноплавства, прибережного плавання, під час плавання в системі поділу руху, а також у припортових водах. На практиці навігаційному офіцеру в таких ситуаціях необхідно детально прораховувати першочергові зміни курсу та швидкості судна і як це відобразиться на наступних ситуаціях зближення з іншими суднами [14, 15].

Під час вирішення такого роду ситуацій пріоритетним у виборі маневрування є дотримання вимог Міжнародних правил запобігання зіткненням суден у морі, прийнятих у 1972 р. (МППЗС-72), однак часто виникає необхідність оптимізації маневру для забезпечення безпечного розходження з усіма навігаційними перешкодами [16, 17].

Проблема оптимізації процесу маневрування з метою ухилення судна під час зустрічі з кількома суднами / перешкодами є актуальним та складним завданням, що вимагає застосування ефективних методів для безпечного розходження. В одному з досліджень представлена математична модель, розроблена на основі теорії оптимального управління, яка сприяє маневруванню та розходженню суден за наявності величезної кількості перешкод [18, 19].

Також існують окремі моделі, що аналізують початкове положення судна, його перешкоди та параметри їхнього руху. За допомогою спеціально розробленого алгоритму ці моделі генерують рекомендації щодо вибору безпечних курсів та швидкостей, що дозволяє сформувати оптимальне маневрування із використанням методів лінійного програмування для мінімізації ризиків зіткнення [20, 21]. З іншого боку, на розв'язання завдань, де застосовується нелінійне програмування, запропоновано метод нелінійної інтегральної інваріантності [22, 23]. Цей метод дозволяє створити допустимі зони маневрування, визначаючи безпечні області для руху судна в умовах складної навігаційної ситуації за участі зустрічних цілей. Такий підхід значно покращує безпеку судноплавства, забезпечуючи ефективне та безпечне розходження суден [24, 25].

У районах інтенсивного судноплавства часто виникають ситуації небезпечного зближення між трьома та більше суднами, де потрібна особлива увага до координації їхніх дій. Ці ситуації можуть вимагати різного типу поведінки від кожного судна, включаючи маневрування або збереження поточних параметрів руху для запобігання зіткненню. У таких умовах координаційна

система може вимагати від оперуючого судна формування гнучкої стратегії розходження. Ця стратегія включає пріоритетний маневр, який враховує необхідні дії інших суден, а також резервний маневр на випадок, якщо інші учасники не виконають своїх зобов'язань [26, 27].

Часто для уникнення зіткнень доцільним є маневр зміни курсу судна. Однак для точного розрахунку параметрів ухилення необхідно враховувати відповідність форм траєкторій істинного та відносного руху. У сценаріях, коли курс судна перетинається з курсами двох інших суден / перешкод та загальний маневр відмінності є не можливий, стаття пропонує безпечний розподіл двома послідовними маневрами: спочатку зміною курсу для ухилення від першої найближчої мети, потім зміною швидкості щодо другої перешкоди [28, 29].

Для ефективного виконання цих маневрів запропоновано аналітичні вирази та алгоритм розрахунку курсу ухилення, визначення моменту часу початку зниження швидкості активним гальмуванням та швидкості розходження для другого судна / перешкоди. Ці методи демонструються на чисельних прикладах та підкріплюються графічними ілюстраціями, що дозволяє наочно уявити ефективність запропонованих рішень [30, 31].

У багатьох наукових дослідженнях було ретельно вивчено форми істинної та відносної траєкторій розходження судна, яке після ухилення повертається на свою початково сплановану траєкторію. Встановлено, що коли швидкість судна вище, ніж у перешкоди, форми істинної та відносної траєкторій збігаються. Однак, якщо швидкість судна нижча за швидкість перешкоди, відносна траєкторія відрізняється від істинної, що вимагає додаткового аналізу для визначення оптимального маневру [32].

Також було досліджено особливості відображення істинної траєкторії ухилення ліворіч у низку різних відносних траєкторій, що дозволяє глибше зрозуміти динаміку руху у різних ситуаціях ухилення [33].

Додатково були розглянуті аналітичні умови для існування різноманітності маневрів розходження судна під час зустрічі з небезпечними перешкодами та за наявності лінійної навігаційної перешкоди, а також обмеження використання аналітичного підходу для розрахунку навігаційних небезпек під час вибору безпечної стратегії для розходження в подібній ситуації [34].

Зазначені методи та моделі були розроблені для випадків, коли судна рухаються в умовах відкритого моря, коли кожне з суден має досить вільного простору для виконання безпечного маневру та запобігання зіткнення з іншими суднами. При цьому питання безпечного маневрування суден в умовах стиснених вод відносяться до компетентності та відповідальності берегових диспетчерських центрів управління та дії лоцману, що знаходиться на борту судна – тобто до виконання функціональних обов'язків окремих структур та окремих представників, не пов'язаних з судновласником, фрахтівником, постачальником та замовником вантажу.

Формулювання цілей статті. Ціллю статті є розробка рекомендацій щодо формування гібридної системи координації руху морських суден під час їх маневрування в стиснених водах.

Виклад основного матеріалу. Одним з завдань безпеки судноплавства є забезпечення безпечного маневрування в стиснених водах. До стиснених вод преш за все відносяться внутрішні акваторії морських та річкових портів, суднохідні канали, вузькості, а деяких випадках місця якірних стоянок, отримання постачання, бункерування. Стиснені води характеризуються підвищеним рівнем навігаційних перешкод, збільшеною кількістю суден допоміжного флоту та інтенсивним рухом суден, які входять, або виходять з порту, що веде до зростання ризику виникнення морських аварій. Особливо актуальним питання безпечного маневрування стає для суден великої водотоннажності, чиї маневрові характеристики погіршуються через збільшені розміри судна (довжину, ширину та осадку). За таких умов навіть маневрування з залученням портових плавальних засобів (буксирів) та портових тягачів займає тривалий час, який поруч з характеристиками судна, залежить від площі портової акваторії. Як приклад, що підтверджує це висловлювання, в табл. 1 наведені статистичні дані, які відображають маневрові характеристики суден-контейнеровозів з різною контейнерною місткістю.

Таблиця 1 – Час маневрування суден-контейнеровозів під час проведення швартовних операцій у портовій акваторії

Контейнерна місткість судна, TEU	Морський порт (за зростанням площі портової акваторії)				
	Пірей (Греція)	Сантос (Бразилія)	Сінгапур (Сінгапур)	Роттердам (Голландія)	Гуанчжоу (Китай)
1000 (Handysize)	35 хв	30 хв	25 хв	20 хв	20 хв
1700 (Handymax)	45 хв	35 хв	25 хв	25 хв	20 хв
2500 (Feeder)	60 хв	50 хв	35 хв	30 хв	25 хв
4000 (Sub-Panamax)	70 хв	60 хв	50 хв	45 хв	40 хв
7000 (Panamax)	85 хв	80 хв	75 хв	70 хв	60 хв
10000 (Super-Panamax)	120 хв	110 хв	100 хв	90 хв	80 хв

Результати аналізу витрат часу на швартовні операції свідчать про значний вплив кількох ключових факторів. Одним із найважливіших є площа акваторії, у великих портах із розвинутою інфраструктурою, таких як Роттердам чи Сінгапур, маневрування проходить швидше завдяки просторим акваторіям і чіткій організації руху суден. Це забезпечує безпеку та ефективність маневрів, особливо для великих суден.

Ефективність буксирів також суттєво впливає на швидкість швартування, використання сучасних високопродуктивних буксирів скорочує час операцій і забезпечує точне позиціонування суден навіть за складних погодних умов. Більші судна, такі як Panamax і Super-Panamax, потребують більше часу через їхню довжину, ширину та осадку. Це вимагає використання підрулювальних пристроїв (bow thrusters) і сучасних систем з азимутальними двигунами (azimuth thrusters), які підвищують маневровість суден.

У невеликих портах, таких як Сантус чи Пірей, час швартування є довшим через обмеженість акваторії та недостатню кількість допоміжного флоту. Водночас у сучасних портах, таких як Сінгапур чи Гуанчжоу, завдяки новітнім технологіям і автоматизації процесів час швартування значно скорочується.

Оптимізація портової інфраструктури, модернізація допоміжного флоту, впровадження сучасних кермових систем і використання підрулювальних пристроїв є вирішальними чинниками для забезпечення безпеки й ефективності швартувальних операцій.

Використання маневрування в умовах руху судна в стиснених водах відноситься до нестандартних ситуацій зближення суден. Особливу актуальність забезпечення безпечного маневрування в стиснених водах набуває у випадках, коли відбувається скупчення двох і більше потенційно небезпечних зближень одночасно, що може бути обумовлено кількома важливими факторами, що наведені на рис. 1.



Рисунок 1 – Аналіз синтезу маневрування судна в стиснених водах

Основними факторами, що обумовлюють переваги використання синтезу маневрування судна в стиснених водах є:

1) комплексність ситуацій. Нестандартні ситуації зближення, коли судна знаходяться в стиснених водах та перебувають у положенні близькості один до одного, вимагають складного та швидкого аналізу множини змінних. Це включає в себе швидкості та курси суден, їх розміри та вантажопідйомність, а також поточні метеорологічні умови та течії. Синтез маневрування дозволяє систематизувати та оптимізувати прийняття рішень на основі комплексного аналізу всіх даних;

2) безпека. Під час накопичення кількох суден в стиснених водах ризик зіткнення значно зростає. Оптимальне маневрування повинне бути розраховано в такий спосіб, щоб мінімізувати ймовірність аварій, забезпечуючи безпечну відстань між усіма суднами у районі руху ;

3) ефективність реагування. В умовах високої щільності морського трафіку в стиснених водах і за умов виникнення множинних зближень, реакція на виконання маневрування повинна бути не тільки швидкою, а й точно розрахованою. Синтез маневрування забезпечує можливість використовувати попередньо розроблені алгоритми для швидкого та ефективного прийняття рішення;

4) передбачуваність та координація. Важливим аспектом під час маневрування суден в стиснених водах є також передбачуваність дій всіх учасників морського руху. Синтезовані маневри дозволяють діяти злагоджено, що особливо критично, коли кілька суден одночасно намагаються уникнути зіткнень;

5) дотримання міжнародних правил. Усі маневри повинні відповідати вимогам МПЗЗС. Синтез маневрування забезпечує можливість впровадження цими правилами алгоритмів, що гарантує законність дій капітанів;

6) використання сучасних технологій. У сучасних умовах доступні різні технологічні засоби, включаючи автоматичну ідентифікаційну систему (Automatic Identification System – AIS), системи управління рухом суден, супутникова навігація, а також систем інтелектуального аналізу даних і систем підтримки прийняття рішень (Decision Support System – DSS), дозволяє значно підвищити точність та оперативність ухвалення рішень. Ці інструменти можуть бути інтегровані в процес синтезу маневрування для підвищення точності та оперативності прийняття рішень.

Таким чином, синтез маневрування є визначальним елементом в управлінні безпекою судноплавства у складних та потенційно небезпечних умовах. Він дозволяє як мінімізувати ризики, так і підвищити загальну ефективність морських операцій за умов інтенсивного руху. Синтез оптимального управління судном під час забезпечення розходження суден у морі є складним процесом, що вимагає розрахунку безлічі змінних і параметрів.

Оптимальне управління не тільки сприяє безпеці мореплавства, а й підвищує ефективність використання судна, скорочуючи час та витрату палива. Основним завданням у цьому процесі є розробка та реалізація стратегії управління, яка дозволяє досягти бажаного результату з мінімальними витратами та ризиками.

У даний час, хоча основним методом управління під час маневрування в стиснених водах залишається локально незалежне управління кожним судном, цей підхід з часом може змінитися. Дослідження щодо попередження зіткнення суден під час їх маневрування в стиснених водах все частіше фокусуються на розвитку методів, які дозволяють більш активно використовувати координовані та узгоджені стратегії управління. Це передбачає більш комплексний підхід до безпеки судноплавства, який може запропонувати більш високу ефективність і надійність в управлінні морським трафіком, особливо в умовах високої щільності та складності морських операцій.

Використання гібридної системи координації для попередження зіткнення суден у морі в нестандартних ситуаціях відіграє основну роль у сучасній навігації. Ця система являє собою синтез різних технологічних підходів та методів, які забезпечують комплексне та багаторівневе вирішення проблеми управління та безпеки судноплавства. Гібридна система координації поєднує в собі елементи AIS, радарної технології, супутникового навігаційного обладнання та програмного

забезпечення для управління судновим рухом, що дозволяє забезпечити високу точність та оперативність у прийнятті рішень. Основними перевагами гібридної системи координації є:

1) підвищення точності даних – гібридна система координації дозволяє використовувати дані з різних джерел для отримання найбільш точної та актуальної інформації про положення суден, їх швидкість і напрямок руху; це критично важливо для запобігання зіткненню, особливо в умовах поганої видимості або високої щільності трафіку [35];

2) оперативне реагування на зміни – система забезпечує можливість швидко реагувати на навігаційні обставини, що змінюються, аналізуючи дані в реальному часі; завдяки цьому можливо вчасно коригувати курс і швидкість суден, мінімізуючи ризик зіткнень [36];

3) інтеграція та координація – гібридна система забезпечує ефективну координацію між суднами та береговими службами управління, що дозволяє оптимізувати шлях суден, виходячи з поточної обстановки та прогнозованих умов [37];

4) управління в складних умовах – у районах з високою інтенсивністю руху або в умовах складних гідрометеорологічних факторів гібридна система координації може автоматично запропонувати найбезпечніші шляхи для всіх суден, у районі руху [38];

5) підтримка прийняття рішень – система не лише надає дані, а й аналізує їх за допомогою алгоритмічних методів, пропонуючи рішення для оптимального маневрування, що суттєво покращує процес прийняття рішень на містку [39];

6) координація з енергетичною установкою судна – необхідність як можливо скорішого або миттєвого виконання завдань з навігаційного містка щодо маневрування або реверсування головного двигуна з одночасним попередженням його теплового або механічного перенавантаження та підтриманням екологічних показників роботи [40];

7) узгодження сумісних дій з суднами допоміжного флоту – система забезпечує управління не лише вантажними суднами, що рухаються в стиснених водах, але також суднами, що допомагають їй виконувати маневрування (портовими буксирами та тягачами) [41];

8) зменшення людського фактора – інтеграція різних систем допомагає мінімізувати помилки, пов'язані з людським фактором, оскільки автоматизація процесів та надання об'єктивних даних зменшує залежність від суб'єктивної оцінки ситуації екіпажем [42].

Блок-схема гібридної системи координації рухом морських суден під час їх маневрування в стиснених водах надана на рис. 2.

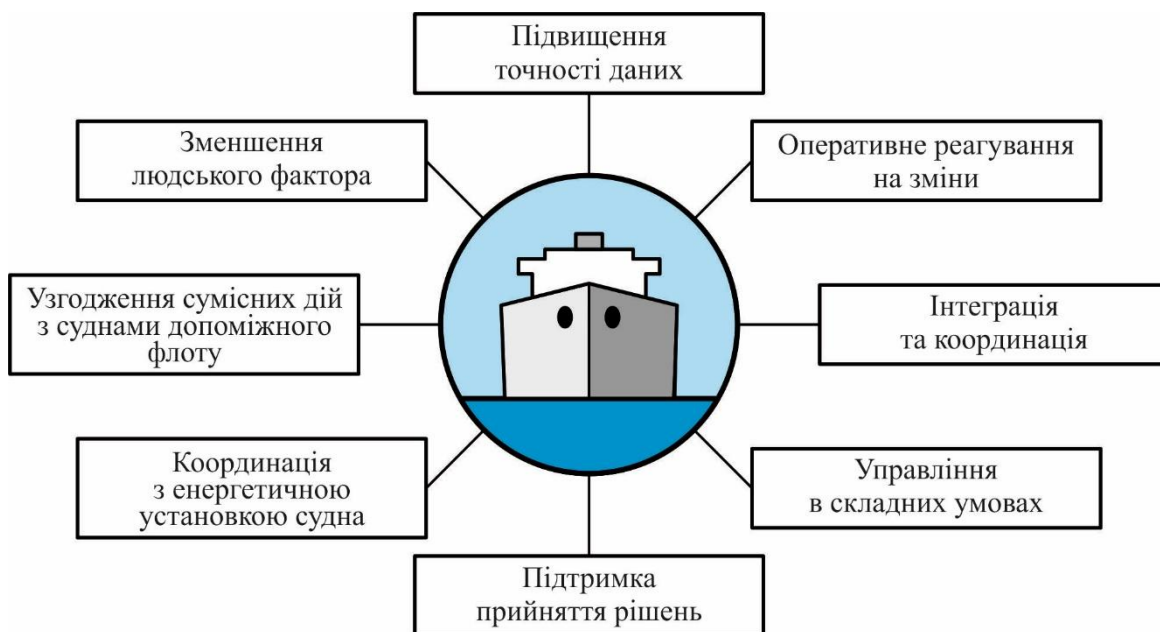


Рисунок 2 – Блок-схема гібридної системи координації рухом морських суден під час їх маневрування в стиснених водах

Подальший розвиток гібридних систем координації має зосереджуватися на інтеграції новітніх технологій збору та аналізу інформації, для прозорого обміну даними між учасниками морського руху для покращення прогнозування ризиків та автоматизації процесів управління [43-46]. Одним із ключових напрямків є створення автоматичного програмного забезпечення для взаємодії між судовими системами та береговими системами управління рухом суден, що дозволить досягти високого рівня узгодженості дій.

Крім того, важливою є стандартизація форматів даних, які обробляються гібридними системами, для забезпечення сумісності між різними портовими комплексами та судовими системами. Також впровадження додаткових модулів прогнозування екологічного впливу дозволить забезпечити не лише безпеку та ефективність судноплавства, але й дотримання вимог щодо зменшення викидів парникових газів та збереження морського середовища.

Висновки. Гібридна система координації є важливим інструментом у сучасній морській навігації, забезпечуючи не лише підвищення безпеки судноплавства, а й сприяючи більш ефективному та економічно вигідному використанню суден завдяки оптимізації шляху судна та скороченню часу під час навігаційного переходу. У запропонованій гібридній системі координації МПЗС-72 є першим рівнем.

Під час небезпечного зближення двох суден їх дії координуються через бінарного координатора, який надсилає їм координатійні сигнали до виконання спільного маневру відмінності. На цьому рівні координатор аналізує взаємне розташування суден, враховує їх статуси та визначає їх взаємні зобов'язання щодо маневрування.

У разі небезпечного зближення трьох суден активується другий рівень гібридної системи координації. Цей рівень передбачає формування додаткових координатійних сигналів для управління поведінкою базового судна щодо другого та третього суден, уточнюючи тип необхідної різноманітності маневру. Якщо сигнали координації вказують, що обидва судна повинні поступитися, базове судно організує ухилення або спільним маневром для обох суден, або двома окремими маневрами, по одному для кожного судна.

Подальші дослідження пов'язані з розробкою програмного апарату, що враховує геометричні, вантажні та швидкісні характеристики суден; навігаційні та гідрометеорологічні характеристики морських портів; а також характеристики суден допоміжного флоту морських портів, що забезпечують рух та маневрування суден в стиснених водах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дакі О.А., Пліта Л.Л., Трофименко І.В., Федунів В.М. Особливості та вимоги щодо навігаційного забезпечення безпеки судноводіння на внутрішніх судноплавних шляхах // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2022. – Вип. 2(36). – С. 184-194. doi.org/10.33298/2226-8553.2022.2.36.15.
2. Левченко О.В. Синтез варіантів дій судноводія у небезпечних ситуаціях з урахуванням часових та ресурсних обмежень у судових СППР // Водний транспорт: Збірник наукових праць. – 2021. – Вип. 3(34). – С. 89-98. doi.org/10.33298/2226-8553/2021.3.34.10.
3. Sagin S., Kuropyatnyk O., Sagin A., Tkachenko I., Fomin O., Píštěk V., Kučera P. Ensuring the Environmental Friendliness of Drillships during Their Operation in Special Ecological Regions of Northern Europe // Journal Marine Science and Engineering. – 2022. – Vol. 10(9). – P. 1331. https://doi.org/10.3390/jmse10091331.
4. Левінський М.В., Левінський В.М. Вибір параметрів системи стабілізації курсу судна при дії водно-хвильових збурень // Автоматизація судових технічних засобів: наук.-техн. зб. – 2020. – Вип. 26. – С.27-40. DOI: 10.31653/1819-3293-2020-1-26-27-40.
5. Тимочко О.І., Тимошук О.М., Руденко В.М., Сітков О.М. Ситуаційна обізнаність операторів берегових центрів управління як основна передумова безпечної експлуатації автономних безпілотних суден // Водний транспорт. – 2024. – № 1(39). – С. 49-58. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.1.39.05

6. Богом'я В.І. Метод розпізнавання підводних об'єктів за допомогою багатопроменевого сонара для забезпечення безпеки безпілотного підводного апарату. // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2023. – Вип. 2(38). – С. 96-102. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.10.
7. Гончарук І.П., Никифоров Ю.О., Кошарська Л.В., Головань А.І. Особливості впливу відновлюваної енергетики на ефективність і екологічність морського транспорту. // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2023. – Вип. 2(38). – С. 73-80. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.08.
8. Sagin S.V., Kuropyatnik A.A. Application of the system of recirculation of exhaust gases for the reduction of the concentration of nitric oxides in the exhaust gases of the ship diesels // American Scientific Journal. – 2017. – № 15. – Iss. 2. – P. 67-71.
9. Sagin S.V. Improving the performance parameters of systems fluids // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Vienna. – 2018. – № 7-8. – P. 55-59. doi.org/10.29013/AJT-18-7.8-55-59.
10. Sagin S.V., Sagin S.S., Fomin O., Gaichenia O., Zablotskyi Y., Pířtšek V., Kučera P. Use of biofuels in marine diesel engines for sustainable and safe maritime transport // Renewable Energy. – 2024. – P. 120221. doi: https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120221.
11. Sagin S.V., Sagin S.S., Madey V. Analysis of methods of managing the environmental safety of the navigation passage of ships of maritime transport // Technology Audit and Production Reserves. – 2023. – № 4 (3(72)). – P. 33–42. doi: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.286039.
12. Sagin S.V., Karianskyi S., Sagin S.S., Volkov O., Zablotskyi Y., Fomin O., Pířtšek V., Kučera P. Ensuring the safety of maritime transportation of drilling fluids by platform supply-class vessel // Applied Ocean Research. – 2023. – Vol. 140. – P. 103745. https://doi.org/10.1016/j.apor.2023.103745.
13. Тимошук О.М., Боріна М.В. Дослідження методів підвищення екологічності суднових енергетичних установок у водному середовищі // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2022. – Вип. 2(36). – С. 240-252. doi.org/10.33298/2226-8553.2022.2.36.21.
14. Ворохобин І.І., Бурмака І.О., Кулаков М.О., Петриченко О.О. Спосіб департаментизації електронної карти при зовнішньому управлінні розходження суден в зоні відповідальності СУРС // Судноводіння: науково-технічний збірник. – 2021. – Вип. 32. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 26-33. DOI: 10.31653/2306-5761.32.2021.26-33.
15. Sagin S.V., Sagin S.S., Madey V. Analysis of methods of managing the environmental safety of the navigation passage of ships of maritime transport // Technology Audit and Production Reserves. – 2023. – № 4 (3(72)). – P. 33–42. doi: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.286039.
16. Бурмака І.А., Ворохобин І.І., Федоров Д.Б. Учет динамики судов при автоматическом выборе маневра расхождения уклонением одного судна и пассивным торможением другого // Судноводіння : науково-технічний збірник. – 2021. – Вип. 31. –С. 80-88. DOI: 10.31653/2306-5761.31.2021.80-88.
17. Sagin S., Kuropyatnyk O., Tkachenko I. Ensuring the environmental friendliness of marine diesel engines of specialized ships // Суднові енергетичні установки : науково-технічний збірник. – 2022. – Вип. 45. – Одеса: НУ«ОМА». – С. 5-16. doi: 10.31653/smf45.2022.5-16.
18. Burmaka I., Vorokhobin I., Melnyk O., Burmaka O., Sagin S. Method of Prompt Evasive Manuever Selection to Alter Ship's Course or Speed // Transactions on Maritime Science. – 2022. – Vol. 11(1). – P. 1-9. https://doi.org/10.7225/toms.v11.n01.w01.
19. Сагін С.В., Сагін С.С. Використання штучного інтелекту в ситуаціях надмірного зближення суден // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2024. – Вип. 1(39). – С. 215-225. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.1.39.22.
22. Sagin S., Madey V., Sagin A., Stoliaryk T., Fomin O., Kučera P. Ensuring Reliable and Safe Operation of Trunk Diesel Engines of Marine Transport Vessels // Journal Marine Science and Engineering. – 2022. – Vol. 10. – Iss. 10. – P. 1373. https://doi.org/10.3390/jmse10101373.
23. Sagin S.V., Kuropyatnyk O.A. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines // Naše more: International Journal of Maritime Science and Technology. – 2018. – Vol. 65(2). – P. 78-86. doi.org/10.17818/NM/2018/2.3.

24. Головань А.І. Концептуальна модель планування та оптимізації графіків технічного обслуговування вантажних суден. // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2023. – Вип. 1(37). – С. 107-115. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.12.
24. Сагін С.В., Бондар С.А. Розробка методу діагностування технічного стану елементів головної енергетичної установки засобів водного транспорту // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2023. – № 2(38). – С. 175-186. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.19.
25. Тимошук О.М., Мельник О.В. Аналіз можливості використання маневру розходження зміною курсу // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2023. – Вип. 1(37). – С. 96-102. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.10.
26. Сагін С.В., Сагін С.С. Визначення методу управління рухом суден морського транспорту під час забезпечення їх безпечного розходження // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2023. – Вип. 2(38). – С. 187-198. doi.org/10.33298/2226-8553/2023.2.38.20.
27. Майданевич С.Б., Тимошук О.М. Суб'єкти та принципи міжнародного морського права // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2021. – Вип. 3(34). – С. 39-47. doi.org/10.33298/2226-8553/2021.3.34.05.
28. Тимошук О.М., Дакі О.А., Бойко О.А., Карадобрій Т.А. Аналітичний огляд адаптивних систем керування судном та шляхи їх побудови // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2020. – Вип. 3(31). – С. 120-125. https://doi.org/10.33298/2226-8553/2020.3.31.13.
29. Тимочко О.І., Левченко О.В., Руденко В.М., Сітков О.М. Використання гібридних роботизованих комплексів для інспекції морських нафтогазових об'єктів // Водний транспорт: Збірник наукових праць. – 2024. – Вип. 2(40). – С. 6-22. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.2.40.01.
30. Sagin S.V., Kuropyatnyk O.A., Zablotskyi Yu.V. Gaichenia O.V. Supplying of Marine Diesel Engine Ecological Parameters // Nase More : International Journal of Maritime Science & Technology. – 2022. – Vol.69. – Iss.1. – P. 53-61. DOI 10.17818/NM/2022/1.7.
30. Сагін С.В., Заблоцький Ю.В. Діагностування технічного стану судових енергетичних установок засобів водного транспорту // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2023. – № 2(38). – С. 164-175. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.18.
31. Sagin S., Sagin A. Development of method for managing risk factors for emergency situations when using low-sulfur content fuel in marine diesel engines // Technology Audit and Production Reserves. – 2023. – № 5 (1(73)). – P. 37–43. doi: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.290198.
32. Ворохобин І.І. Зависимость вероятности безопасного прохождения судном стесненного района от закона распределения погрешности смещения // Судноводіння: науково-технічний збірник. – 2020. – Вип. 30. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 58-66. DOI: 10.31653/2306-5761.30.2020.58-66.
33. Sagin A.S., Zablotskyi Yu.V. Reliability maintenance of fuel equipment on marine and inland navigation vessels // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific journal. – 2021. – № 7–8 (July – August). – P. 14-17. https://doi.org/10.29013/AJT-21-7.8-14-17.
34. Petrychenko O., Levinskyi M., Prytula D., Vynohradova A. Fuel options for the future: a comparative overview of properties and prospects // Transport Systems and Technologies. – 2023. – № 41. – P. 96-106. https://doi.org/10.32703/2617-9059-2023-41-8.
35. Kuropyatnyk O.A., Sagin S.V. Exhaust Gas Recirculation as a Major Technique Designed to Reduce NOx Emissions from Marine Diesel Engines // Naše more: International Journal of Maritime Science and Technology. – 2019. – Vol. 66(1). – P. 1-9. https://doi.org/10.17818/NM/2019/1.1.
36. Сагін С.С., Ворохобін І.І. Мінімізація ризику виникнення небезпеки морських подій під час навігаційних переходів суден морського транспорту // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2024. – Вип. 2(40). – С. 76-88.
37. Сагін С.В., Куропятник О.А. Визначення оптимальних режимів процесів управління випускними газами судових дизелів // Водний транспорт: Збірник наукових праць. – 2024. – Вип. 2(40). – С. 173-185. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.2.40.16.
38. Мадей В.В., Сагін С.В., Волков О.М. Управління процесом впорскування під час використання в судових дизелях паливних сумішей до складу яких входить паливо біологічного походження // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2024. – Вип. 1(39). – С. 193-205.

doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.21.

39. Сагін С.В., Куропятник О.А. Визначення оптимальних режимів процесів управління випускними газами судових дизелів // Водний транспорт: Збірник наукових праць. – 2024. – Вип. 2(40). – С. 173-185. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.2.40.16.

40. Levynskyi M. Automatic diagnostic of marine diesel generator lubricating oil condition // Автоматизація судових технічних засобів: наук.-техн. зб. – 2023. – Вип. 28. – Одеса: НУ «ОМА». – С. 106-120. DOI: 10.31653/1819-3293-2023-1-28-106-120

41. Sagin S.V. Determination of the optimal recovery time of the rheological characteristics of marine diesel engine lubricating oils // Materials of the International Conference “Process Management and Scientific Developments” (Birmingham, United Kingdom, January 16, 2020. Part 4). – P. 195-202. DOI. 10.34660/INF.2020.4.52991.

42. Petrychenko O., Levynskyi M. Trends and preconditions for widespread adoption of liquefied natural gas in maritime transport // Transport Systems and Technologies. – 2024. – № 43. – P. 21-36. https://doi.org/10.32703/2617-9059-2024-43-2.

43. Sagin S., Madey V., Stoliaryk T. Analysis of mechanical energy losses in marine diesels // Technology Audit and Production Reserves. – 2021. – № 5 (2 (61)). – P. 26-32. doi: http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.239698.

44. Sagin S. V., Stoliaryk T. O. Comparative assessment of marine diesel engine oils // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific journal. – 2021. – № 7-8 (July – August). – P. 29-35. https://doi.org/10.29013/AJT-21-7.8-29-35.

45. Sagin S. V., Kuropyatnyk O. A. Using exhaust gas bypass for achieving the environmental performance of marine diesel engines // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific journal. – 2021. – № 7-8 (July – August). – P. 36-43. https://doi.org/10.29013/AJT-21-7.8-36-43.

46. Sagin S.V. Decrease in mechanical losses in high-pressure fuel equipment of marine diesel engines // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration”. Part 1. August 31, 2019. Beijing, PRC. – P. 139-145. DOI. 10.34660/INF.2019.15.36258.

REFERENCES

1. Daki O.A., Plita L.L., Trofymenko I.V., Fedunov V.M. Feature and requirements for navigational safety of navigation on inland waterways // Water transport. – 2022. – № 2(36). – P. 184-194. doi.org/10.33298/2226-8553.2022.2.36.15.

2. Levchenko O. Synthesis of vessels' options in dangerous situations taking into account time and resource restrictions in vessel DSS. // Water transport. – 2021. – № 3(34). – P. 89-98. doi.org/10.33298/2226-8553/2021.3.34.10.

3. Sagin S., Kuropyatnyk O., Sagin A., Tkachenko I., Fomin O., Píštěk V., Kučera P. Ensuring the Environmental Friendliness of Drillships during Their Operation in Special Ecological Regions of Northern Europe // Journal Marine Science and Engineering. – 2022. – Vol. 10(9). – P. 1331. https://doi.org/10.3390/jmse10091331.

4. Levynskyi M.V., Levynskyi V.M. Choosing the structure and parameters of vessel's course automatic control system under the influence of water-wave disturbances // Automation of ship technical facilities. – 2020. – Вип. 26. – С.27-40. DOI: 10.31653/1819-3293-2020-1-26-27-40.

5. Tymochko O.I., Tymoshchuk O.M., Rudenko V.M., Sitkov O.M. Situational awareness of operators of coastal control centre as a basic prerequisite for the safe operation of autonomous unmanned vessels // Water transport. – 2024. – № 1(39). – С. 49-58. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.1.39.05

6. Bohomia V.I. A method for recognizing underwater objects using multibeam sonar to ensure the safety of an unmanned underwater vehicle. // Water transport. – 2023. – № 2(38). – P. 96-102. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.10.

7. Honcharuk I.P., Nykyforov Yu.O., Kosharska L.B., Golovan A.I. Features of the influence of renewable energy on the efficiency and environmental safety of marine transport// Water transport. – 2023. – № 2(38). – P. 73-80. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.08.

8. Sagin S.V., Kuropyatnik A.A. Application of the system of recirculation of exhaust gases for the reduction of the concentration of nitric oxides in the exhaust gases of the ship diesels // *American Scientific Journal*. – 2017. – № 15. – Iss. 2. – P. 67-71.
9. Sagin S.V. Improving the performance parameters of systems fluids // *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, Vienna*. – 2018. – № 7-8. – P. 55-59. doi.org/10.29013/AJT-18-7.8-55-59.
10. Sagin S.V., Sagin S.S., Fomin O., Gaichenia O., Zablotskyi Y., Píšťek V., Kučera P. Use of biofuels in marine diesel engines for sustainable and safe maritime transport // *Renewable Energy*. – 2024. – P. 120221. doi: https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120221.
11. Sagin S.V., Sagin S.S., Madey V. Analysis of methods of managing the environmental safety of the navigation passage of ships of maritime transport // *Technology Audit and Production Reserves*. – 2023. – № 4 (3(72)). – P. 33–42. doi: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.286039.
12. Sagin S.V., Karianskyi S., Sagin S.S., Volkov O., Zablotskyi Y., Fomin O., Píšťek V., Kučera P. Ensuring the safety of maritime transportation of drilling fluids by platform supply-class vessel // *Applied Ocean Research*. – 2023. – Vol. 140. – P. 103745. https://doi.org/10.1016/j.apor.2023.103745.
13. Tymoshchuk O., Borina M. Research of methods of enhancing the environmental facility of ship power plants in the aquatic environment // *Water transport*. – 2022. – №. 2(36). – P. 240-252. doi.org/10.33298/2226-8553.2022.2.36.21.
14. Vorokhobin I., Burmaka I., Kulakov M., Petrychenko O.A. Method of electronic chart departmenisation under external control of vessels' passing in VTS areas // *Shipping & Navigation: Research journal*. – 2021. – Vol.32. – P.26-33. doi.org/10.31653/2306-5761.32.2021.26-33.
15. Sagin S.V., Sagin S.S., Madey V. Analysis of methods of managing the environmental safety of the navigation passage of ships of maritime transport // *Technology Audit and Production Reserves*. – 2023. – № 4 (3(72)). – P. 33-42. doi: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.286039.
16. Burmaka I., Vorokhobin I., Fedorov D. Account dynamics of ships at the automatic choice of manoeuvre of divergence by deviation of one ship and by the passive braking of the other // *Shipping & Navigation: Research journal*. – 2021. – Vol.31. – P.80-88. doi.org/10.31653/2306-5761.31.2021.80-88.
17. Sagin S., Kuropyatnyk O., Tkachenko I. Ensuring the environmental friendliness of marine diesel engines of specialized ships // *Ship power plants*. – 2022. – Vol. 45. – P. 5-16. doi: 10.31653/smf45.2022.5-16.
18. Burmaka I., Vorokhobin I., Melnyk O., Burmaka O., Sagin S. Method of Prompt Evasive Manuever Selection to Alter Ship's Course or Speed // *Transactions on Maritime Science*. – 2022. – Vol. 11(1). – P. 1-9. https://doi.org/10.7225/toms.v11.n01.w01.
19. Sagin S.S., Sagin S.V. Use of artificial intelligence in the situations of excessive vessels approaching // *Water Transport*. – 2024. – №. 1(39). – P. 215-225. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.1.39.22.
20. Sagin S.V., Zablotskyi Yu.V. Development of a method for diagnosing the technical condition of elements of the main power plant of water transport // *Water transport*. – 2023. – №. 2(38). – P. 164-175. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.18.
21. Sagin S.V., Bondar S.A. Development of a method for diagnosing the technical condition of elements of the main power plant of water transport *Water transport*. – 2023. – №. 2(38). – P. 175-186. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.19.
22. Sagin S., Madey V., Sagin A., Stoliaryk T., Fomin O., Kučera P. Ensuring Reliable and Safe Operation of Trunk Diesel Engines of Marine Transport Vessels // *Journal Marine Science and Engineering*. – 2022. – Vol. 10. – Iss. 10. – P. 1373. https://doi.org/10.3390/jmse10101373.
23. Sagin S.V., Kuropyatnyk O.A. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines // *Naše more: International Journal of Maritime Science and Technology*. – 2018. – Vol. 65(2). – P. 78-86. doi.org/10.17818/NM/2018/2.3.
24. Golovan A.I. Conceptual model of planning and optimization of cargo vessel maintenance schedules. // *Water transport*. – 2023. – № 1(37). – P. 107-115. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.12.
25. Tymoshchuk O., Melnyk O. Analysis of the possibility of using the divergence maneuver by changing the course // *Water Transport: Collection of scientific works*. – 2023 – Vol.1(37). – P.96-102. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.10.

26. Sagin S.V., Sagin S.S., Determination of the method of controlling the movement of marine transport vessels while ensuring their safe divergences *Water transport*. – 2023. – № 2(38). – С. 187-198. doi.org/10.33298/2226-8553/2023.2.38.20.
27. Maydanevich S.B., Tymoshchuk O. Subjects and principles of the international maritime law // *Water transport*. – 2021. – №. 3(34). – P. 39-47. doi.org/10.33298/2226-8553/2021.3.34.05.
28. Tymoshchuk O., Daki O., Boyko O., Karadobriy T. Analytical Inspection of adaptive vessel control systems and ways of their construction // *Water Transport: Collection of scientific works*. – 2020. – №. 3(31). – P. 120-125. doi.org/10.33298/2226-8553/2020.3.31.13.
29. Tymochko O.I., Levchenko O.V., Rudenko V.M., Sitkov O.M. Use of hybrid robotic complex for inspection of marine oil and gas facilities // *Water transport*. – 2024. – №. 2(40). – P. 6-22. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.2.40.01.
30. Sagin S.V., Kuropyatnyk O.A., Zablotskyi Yu.V. Gaichenia O.V. Supplying of Marine Diesel Engine Ecological Parameters // *Nase More : International Journal of Maritime Science & Technology*. – 2022. – Vol. 69. – Iss.1. – P. 53-61. DOI 10.17818/NM/2022/1.7.
31. Sagin S., Sagin A. Development of method for managing risk factors for emergency situations when using low-sulfur content fuel in marine diesel engines // *Technology Audit and Production Reserves*. – 2023. – № 5 (1(73)). – P. 37–43. doi: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.290198.
32. Vorokhobin I. Impact of the cross-track error distribution law on safe navigation in narrow waters // *Shipping & Navigation: Research journal*. – 2020. – Vol.30. – P.58-66. doi.org/10.31653/2306-5761.30.2020.58-66.
33. Sagin A.S., Zablotskyi Yu.V. Reliability maintenance of fuel equipment on marine and inland navigation vessels // *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific journal*. – 2021. – № 7–8 (July – August). – P. 14-17. https://doi.org/10.29013/AJT-21-7.8-14-17.
34. Petrychenko O., Levinskyi M., Prytula D., Vynohradova A. Fuel options for the future: a comparative overview of properties and prospects // *Transport Systems and Technologies*. – 2023. – № 41. – P. 96-106. https://doi.org/10.32703/2617-9059-2023-41-8.
35. Kuropyatnyk O.A., Sagin S.V. Exhaust Gas Recirculation as a Major Technique Designed to Reduce NOx Emissions from Marine Diesel Engines // *Naše more: International Journal of Maritime Science and Technology*. – 2019. – Vol. 66(1). – P. 1-9. https://doi.org/10.17818/NM/2019/1.1.
36. Sagin S.S., Vorokhobin I.I. Minimizing the risk of maritime incidents during navigation passages of sea transport vessels // *Water transport*. – 2024. – №. 2(40). – P. 76-88.
37. Sagin S.V., Kuropyatnyk O.A. Determination of optimal modes of exhaust gas control processes for marine diesel engines // *Water transport*. – 2024. – №. 1(39). – P. 173-185. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.2.40.16.
38. Madey V.V., Sagin S.V., Volkov O.M. Ensuring operational performance of diesel engines of marine vessels when using fuel of biological origin // *Water transport*. – 2024. – №. 1(39). – P. 193-205. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.21.
39. Sagin S.V., Kuropyatnyk O.A. Determination of optimal modes of exhaust gas control processes for marine diesel engines // *Water transport*. – 2024. – №. 1(39). – P. 173-185. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.2.40.16.
40. Levinskyi M. Automatic diagnostic of marine diesel generator lubricating oil condition // *Automation of ship technical facilities*. – 2023. – № 28. – P. 106-120. DOI: 10.31653/1819-3293-2023-1-28-106-120
41. Sagin S.V. Determination of the optimal recovery time of the rheological characteristics of marine diesel engine lubricating oils // *Materials of the International Conference “Process Management and Scientific Developments”* (Birmingham, United Kingdom, January 16, 2020. Part 4). – P. 195-202. DOI. 10.34660/INF.2020.4.52991.
42. Petrychenko O., Levinskyi M. Trends and preconditions for widespread adoption of liquefied natural gas in maritime transport // *Transport Systems and Technologies*. – 2024. – № 43. – P. 21-36. https://doi.org/10.32703/2617-9059-2024-43-2.
43. Sagin S., Madey V., Stoliaryk T. Analysis of mechanical energy losses in marine diesels // *Technology Audit and Production Reserves*. – 2021. – № 5 (2 (61)). – P. 26-32. doi: http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.239698.

44. Sagin S. V., Stoliaryk T. O. Comparative assessment of marine diesel engine oils // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific journal. – 2021. – № 7-8 (July – August). – P. 29-35. <https://doi.org/10.29013/AJT-21-7.8-29-35>.
45. Sagin S. V., Kuropyatnyk O. A. Using exhaust gas bypass for achieving the environmental performance of marine diesel engines // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific journal. – 2021. – № 7-8 (July – August). – P. 36-43. <https://doi.org/10.29013/AJT-21-7.8-36-43>.
46. Sagin S.V. Decrease in mechanical losses in high-pressure fuel equipment of marine diesel engines // Materials of the International Conference “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration”. Part 1. August 31, 2019. Beijing, PRC. – P. 139-145. DOI. 10.34660/INF.2019.15.36258.

Sagin S.S., Sagin S.V.

USING A HYBRID SYSTEM FOR COORDINATING THE MOVEMENT OF SEA VESSELS DURING THEIR MANEUVERING IN COMPRESSED WATERS

The analysis of the features of coordination of the movement of sea vessels during their maneuvering in compressed waters was carried out. Ensuring the safe movement of vessels was considered as one of the most important problems in shipping, which depends on preventing and reducing the risk of collisions of sea transport vessels during their presence both in the open sea and in compressed coastal or port waters. It was determined that in modern shipping there is an urgent need to ensure safe and effective separation of vessels, especially in the case of navigational obstacles, as well as during maneuvering of vessels in compressed waters. Similar situations arise with any vessel during its exit or entry into the port, as well as during navigational passages in channels, narrows and coastal waters. It is noted that methods and models for ensuring the safety of navigation in the vast majority of cases are developed for conditions when vessels move in the open sea, when each of the vessels has enough free space to perform a safe maneuver and prevent collision with other vessels. At the same time, the issues of safe maneuvering of vessels in conditions of compressed waters relate to the competence and responsibility of coastal dispatch centers and the actions of the pilot on board the vessel - that is, to the performance of functional duties of individual structures and individual representatives not related to the shipowner, charterer, supplier and customer of the cargo. In this regard, the purpose of the article is to develop recommendations for the formation of a hybrid system for coordinating the movement of sea vessels during their maneuvering in compressed waters. By analyzing modern options for ensuring navigation safety during the location and maneuvering of vessels in compressed waters, it has been proven that the most effective for this case is a hybrid system of vessel traffic coordination, which is a synthesis of various technological approaches and methods that provide a comprehensive and multi-level solution to the problem of navigation management and safety. Analysis of the configuration of the hybrid system of traffic coordination revealed that it combines elements of an automatic identification system, radar technology, satellite navigation equipment and software for vessel traffic management, which allows for high accuracy and efficiency in decision-making.

Keywords: constrained port waters, decision support systems, maritime transport, navigation safety, navigation safety, navigation situation, optimization of the maneuvering process, sea vessel, vessel divergence, vessel maneuvering