

Mannarova O.V., Urum N.S., Shevchenko A.P., Lisovskyi S.V.

LOW-SULPHUR MARINE DIESEL FUELS AND THEIR ANTI-WEAR PROPERTIES: STATE AND PROSPECTS OF THEIR USE

The aim of the work is to study the methods of regulating the anti-wear properties of diesel fuels, their negative and positive impact on the reliability of marine diesel fuel equipment. This goal is achieved by clarifying the content of the main methods for regulating the anti-wear properties of diesel fuels. The method of adding anti-wear additives to low-sulphur diesel fuels is considered. It is established that the concentration of additives in low-sulphur distillate fuel in the amount of 0.015÷0.02% by weight significantly improves the anti-wear properties of marine diesel fuels. It is emphasised that studies of the impact of adding mineral oil to diesel fuel, which improves the lubricity of the fuel, have not yet been completed. It is proved that the addition of vegetable oil to diesel fuel improves its anti-wear properties. It has been shown that a mixture of vegetable oils in any proportion with petroleum products allows the synthesis of motor fuels with predetermined physical and chemical properties. It is emphasised that the study of the anti-wear properties of blends of traditional diesel fuel and 1, 2, 5, 10 and 20% palm oil methyl esters revealed that the friction force decreases most strongly with an increase in the concentration of biodiesel from 1% to 5%, reaching a minimum at 10% biodiesel content. The most significant result of the study is a critical analysis of the main ways to regulate the anti-wear properties of diesel fuels by adding anti-wear additives, various types of vegetable oils, biofuels, and mineral oil in certain proportions to diesel fuel. Further work is to conduct studies to identify the impact of different types of diesel fuels on the wear rate of precision pairs of fuel equipment of marine diesel engines to develop reasonable recommendations aimed at improving their reliability.

Keywords: *anti-wear properties, diesel fuel, low-sulphur distillate fuel, vegetable oil, mineral oil, biofuel.*

УДК 629.5

doi.org/10.33298/2226-8553.2024.2.40.07

Сагін С.С., Ворохобін І.І.

МІНІМІЗАЦІЯ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ МОРСЬКИХ ПОДІЙ ПІД ЧАС НАВІГАЦІЙНИХ ПЕРЕХОДІВ СУДЕН МОРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Розглянуті методи контролю та управління ризиками під час навігаційного переходу суден морського транспорту з використанням штучного інтелекту. Процес аналізу ризику морських подій становить фундаментальну основу для розроблення профілактичних стратегій, які включають методики мінімізації ризику виникнення небезпеки та контроль за ними, що є критично важливими для уникнення подій, які можуть призвести до суттєвих втрат або пошкоджень. Необхідність системного підходу до аналізу ризиків пов'язаних з використанням штучного інтелекту для суден морського транспорту включає ідентифікацію, оцінку та мінімізацію потенційних загроз.

Аналітичний підхід для оцінювання ймовірностей і частоти виникнення морських подій дозволяє не лише детально оцінити можливі ризики, але також класифікувати їх згідно з встановленими критеріями для кращого управління та запобігання. Такий підхід сприяє підвищенню точності в оцінці ризиків та розробці ефективних стратегій їх мінімізації, що є

ключовим для забезпечення безпеки судноплавства та зниження вірогідності виникнення потенційних втрат.

Комплексний підхід до оцінки ризику використання штучного інтелекту у навігації охоплює ідентифікацію та оцінку потенційних ризиків для безпеки судноплавства та ефективності навігаційних систем. Особлива увага приділяється надійності технології, доступності даних, кібербезпеці, інтеграції з людським фактором, та етичним питанням. Обґрунтоване прийняття рішень у цих напрямках забезпечує безпеку судноплавства та ефективність навігаційних систем, що використовують штучний інтелект.

Послідовність оцінки ризиків під час використання штучного інтелекту під час навігаційних переходів суден морського транспорту є важливим інструментом для забезпечення безпечного та ефективного впровадження цієї технології в навігаційні системи. Це сприяє зменшенню ризиків виникнення небезпеки морських подій і підвищенню надійності рішень, прийнятих на основі даних, які знаходяться в реальному часі.

Ключові слова: аналіз та оцінка ризиків, безпека судноплавства, метод управління ризиками, морський транспорт, навігаційний перехід, штучний інтелект.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Забезпечення та реалізація постійного аналізу ризиків, пов'язаних з використанням штучного інтелекту на судах морського транспорту, вимагають систематичного підходу до ідентифікації, оцінки та мінімізації потенційних загроз [1-5]. Ключовим аспектом є розробка та втілення науково обґрунтованих методик, які забезпечують глибокий аналіз впливу штучного інтелекту на безпеку, ефективність та стійкість морських транспортних систем[6, 7].

Наукові дослідження у цій області фокусуються на створенні детальних моделей для прогнозування прийняття рішень з боку штучного інтелекту під час навігаційних переходів суден морського транспорту[8, 9]. Це включає в себе вивчення алгоритмів машинного навчання, здатних аналізувати і адаптуватися до змінних морських умов та потенційно непередбачуваних ситуацій, що виникають під час морських перевезень. Особлива увага приділяється квантитативному аналізу ризиків, що дозволяє не лише ідентифікувати існуючі загрози, але й оцінити їх вплив на безпеку операцій.

Процес оцінки ризиків включає в себе не тільки технічні аспекти, але також етичні та правові[10, 11]. Важливо забезпечити, щоб впровадження штучного інтелекту відповідало міжнародним нормам і стандартам, а також не порушувало етичних стандартів. Ретельне дослідження можливих негативних наслідків, які можуть виникнути помилкові дії систем на основі штучного інтелекту, є критично важливим для запобігання можливим аваріям або іншим неприємним інцидентам[12, 13].

З практичного боку, знання та навички з правильної ідентифікації та реагування на ризики, які несе застосування штучного інтелекту, повинні бути інтегровані в процеси навчання та кваліфікаційного вдосконалення морських фахівців. Розробка спеціалізованих курсів та тренінгів для морських інженерів, навігаторів та інших спеціалістів, що залучені до управління та експлуатації суден, може значно підвищити рівень безпеки та оптимізувати використання штучного інтелекту в індустрії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенню питання аналізу ризиків під час застосування штучного інтелекту присвячено ряд наукових досліджень, у яких було розглянуто питання оптимізації маршрутів суден, автоматичного управління, зменшення ризику аварій та аналізу морської безпеки та екології[14-17]. Значна увага приділяється використанню штучного інтелекту для підвищення ефективності морського транспорту через вдосконалені методики комп'ютерного зору, глибокого навчання та автоматизації процесів. Також важливою є розробка моделей оцінки ризиків на основі великих даних, які дозволяють виявляти і оцінювати потенційні загрози, що знижують кількість аварій та підвищують загальну безпеку морських перевезень[18, 19]. Значна увага приділяється також розробці квалітативних та кількісних

моделей оцінки ризиків, що включають аналіз потенційних наслідків аварій, оцінку збитків та моделювання різних сценаріїв для виявлення слабких місць в системах безпеки. Такі моделі допомагають у прийнятті обґрунтованих рішень та формуванні стратегій мінімізації ризиків[20, 21]. З урахуванням високого рівня потенційних загроз, що можуть супроводжувати застосування штучного інтелекту, важливим є чітке усвідомлення та ретельне врахування всіх можливих ризиків при його використанні на суднах морського транспорту. Постійний моніторинг і адаптація до змінюваних умов дозволяють значно підвищити безпеку і надійність морських перевезень[22-24].

Формулювання цілей статті. Ціллю статті є створення ефективних алгоритмів для постійного моніторингу та управління ризиками через використання штучного інтелекту під час навігаційних переходів суден морського транспорту.

Виклад основного матеріалу. Одним із ключових елементів ефективних систем управління є систематичний підхід до ідентифікації небезпек та оцінки пов'язаних ризиків з метою надання інформації для сприяння прийняттю рішень щодо необхідності впровадження заходів зі зменшення ризиків. Процес оцінки ризиків призначений для ретельного вивчення того, що стосується будь-якої діяльності та може завдати шкоди, щоб можна було прийняти рішення щодо того, чи було вжито достатніх запобіжних заходів, чи потрібно зробити більше щоб запобігти шкоді.

Під час використання штучного інтелекту на суднах морського транспорту, важливо також аналізувати ризики, пов'язані з використанням самого штучного інтелекту. Серед таких ризиків можуть бути питання конфіденційності, безпеки даних, етичні аспекти та можливість помилкових рішень, прийнятих на основі хибних алгоритмів штучного інтелекту. Системи управління повинні враховувати ці ризики та розробляти відповідні заходи для їх мінімізації, забезпечуючи таким чином не тільки ефективність, але й безпеку впровадження штучного інтелекту у при використанні на суднах морського транспорту. Процес управління ризиками, спрямований на обмеження загроз до контрольованого рівня, є критично важливим у контексті застосування штучного інтелекту. Інтегративний підхід до управління ризиками може значно зменшити або нейтралізувати ризики, пом'якшити наслідки потенційних інцидентів, забезпечуючи критично важливу інформацію для прийняття обґрунтованих рішень або навіть запобігти інцидентам, що можуть призвести до нещасних випадків або спричинити їх.

Процес управління ризиком в разі використання штучного інтелекту є важливим інструментом прийняття рішень, який використовується для підвищення операційної результативності. Цей процес включає ідентифікацію, оцінку та управління ризиками, що дозволяє зменшити потенціал збитків і підвищити ймовірність успішного виконання операцій. Ефективне управління ризиком підвищує здатність операторів компаній приймати обґрунтовані рішення, базуючись на всебічному аналізі потенційних небезпек та їх наслідків.

Процес управління ризиком також дозволяє мінімізувати ризики до прийняттого рівня, пропорційного виконанню робіт. Правильне застосування цього процесу сприяє зменшенню нещасних випадків та пов'язаних з ними витрат, що в свою чергу веде до більш ефективного використання ресурсів.

Ідентифікація небезпек включає виявлення потенційних загроз, які можуть вплинути на діяльність, особливо в контексті впровадження штучного інтелекту. Оцінка наслідків і ймовірностей включає аналіз ступеня тяжкості можливих наслідків небезпек і частоти/ймовірності їх виникнення. Впровадження заходів із запобігання та пом'якшення передбачає розробку і реалізацію стратегій для запобігання або зменшення негативних наслідків виявлених ризиків, що є особливо важливим при використанні штучного інтелекту у критичних застосуваннях.

Ризик (Р) визначається як функція тяжкості можливих наслідків (Н) небезпеки та частоти/ймовірності виникнення (Ч) цієї конкретної небезпеки. Цей підхід дозволяє систематично оцінювати ризики та приймати обґрунтовані рішення для їх ефективного управління, забезпечуючи таким чином безпеку та стабільність операцій.

$$\text{РИЗИК (P)} = \text{НАСЛІДКИ (H)} \times \text{ЧАСТОТА ВИНЕКНЕННЯ (Ч)}$$

З огляду на ці знання, оцінений ризик небезпеки може бути використаний для прийняття надійних рішень щодо підвищення безпеки шляхом зменшення ризику, а ризики можна зменшити шляхом зменшення тяжкості наслідків або частоти/ймовірності появи або комбінації два.

Оцінка ризику, це процес розрахунку ризику ідентифікованої небезпеки або гіпотетичного сценарію.

Управління ризиками – це процес використання результатів, отриманих під час оцінки ризиків, і впровадження додаткових заходів запобігання та пом'якшення або альтернативних заходів (контроль ризику або варіанти контролю), щоб зменшити або усунути ризик. Схема цього процесу показана на рис.1.

Однією з цілей якісної оцінки ризиків при використанні штучного інтелекту. є розвиток достатнього досвіду застосування процесу, щоб оцінка ризиків стала автоматичною або інтуїтивно зрозумілою частиною методології прийняття рішень. Для формалізації процесу оцінки ризику пропонується використання методології матриці ризиків:



Рисунок 1 – Алгоритм оцінки небезпеки під час управління ризиками

1) визначення проблеми та опис системи. На цьому етапі необхідно визначити судно або діяльність, ризики якої слід оцінити. Перш ніж розпочати оцінку ризиків, всі зацікавлені сторони повинні мати спільне розуміння цілей, методів, які будуть використовуватися, необхідних ресурсів і способів застосування результатів;

2) визначення методу ідентифікації небезпеки або потенційного інциденту. Ідентифікація небезпек здійснюється за допомогою систематичного підходу, зосереджуючись на діях або бездіяльності людини, технологічному обладнанні, приладах і зовнішніх факторах, які можуть спричинити інцидент. Небезпека може існувати в поточній операції або бути результатом змін у

ній. На цьому етапі також можна розгорнути детальний гіпотетичний сценарій ризику, що описує послідовність подій, які можуть призвести до інциденту;

3) оцінка ймовірності та наслідків з існуючими заходами контролю. Частотний аналіз використовується для оцінки ймовірності виникнення різних інцидентів або небезпек. Ймовірність визначається на основі послідовності подій у гіпотетичному сценарії. Матриця ризиків визначає п'ять рівнів ймовірності на основі частоти, з якою гіпотетичний сценарій може відбутися, показано в табл 1.

Ця методологія дозволяє систематично та всебічно підходити до оцінки ризиків, забезпечуючи їх адекватне управління та мінімізацію потенційних збитків. Оцінка наслідків згрупована за чотирма основними категоріями: здоров'я та безпека працівників, довкілля, економіка / активи та репутація / громадські порушення. Рівень серйозності визначається для кожної з цих категорій на основі наслідків, зазначених у гіпотетичному сценарії, як показано в таблиці 2. Оцінка наслідків згрупована за чотирма основними категоріями: здоров'я та безпека працівників, навколишнє середовище, економіка / активи та репутація / громадські порушення.

Таблиця 1 – Описи ймовірностей і частоти виникнення подій

Види ймовірностей		Частота виникнення
5	Часті – можливість повторних інцидентів	Частіше одного разу за рейс
4	Ймовірний – можливість поодиноких інцидентів	Один раз на рік – сценарій нещасного випадку мав місце в минулому та/або очікується, що він відбудеться в майбутньому
3	Час від часу – можливість колись виникнути	Раз на 5 років – може статися сценарій нещасного випадку
2	Віддалений – навряд чи відбудеться	Раз на 10 років – сценарій аварії вважається малоймовірним
1	Дуже малоймовірно – практично неможливо	Один раз на 30 років і більше

Оцінка наслідків згрупована за чотирма основними категоріями: здоров'я та безпека працівників, навколишнє середовище, економіка / активи та репутація / громадські порушення. Рівень серйозності визначається для кожної з цих категорій на основі наслідків, зазначених у гіпотетичному сценарії, як показано в табл.2. Після ідентифікації небезпек і потенційних нещасних випадків або подій для системи чи процесу, а також оцінки частоти або наслідків цих подій відповідно до існуючих заходів контролю, можна оцінити відносні ризики, пов'язані з цими подіями. Матриця ризиків служить механізмом для розподілу ризиків і прийняття рішень щодо їх прийнятності, використовуючи підхід до категоризації ризиків. Кожна клітинка в матриці ризиків відповідає певній комбінації частоти та наслідків, і їй можна призначити пріоритетний номер. Після ідентифікації небезпек і потенційних нещасних випадків або подій для системи чи процесу, а також оцінки частоти або наслідків цих подій відповідно до існуючих заходів контролю, можна оцінити відносні ризики, пов'язані з цими подіями. Матриця ризиків служить механізмом для розподілу ризиків і прийняття рішень щодо їх прийнятності, використовуючи підхід до категоризації ризиків. Кожна клітинка в матриці ризиків відповідає певній комбінації частоти та наслідків, і їй можна призначити пріоритетний номер. Після ідентифікації небезпек і потенційних нещасних випадків або подій для системи чи процесу, а також оцінки частоти або наслідків цих подій відповідно до існуючих заходів контролю, можна оцінити відносні ризики, пов'язані з цими подіями. Матриця ризиків служить механізмом для розподілу ризиків і прийняття рішень щодо їх прийнятності, використовуючи підхід до категоризації ризиків. Кожна клітинка в матриці ризиків відповідає певній комбінації частоти та наслідків, і їй можна призначити пріоритетний номер. Після ідентифікації небезпек і потенційних нещасних випадків або подій для системи чи процесу, а також оцінки частоти або

наслідків цих подій відповідно до існуючих заходів контролю, можна оцінити відносні ризики, пов'язані з цими подіями. Матриця ризиків служить механізмом для розподілу ризиків і прийняття рішень щодо їх прийнятності, використовуючи підхід до категоризації ризиків. Кожна клітинка в матриці ризиків відповідає певній комбінації частоти та наслідків, і їй можна призначити пріоритетний номер.

Таблиця 2 – Загальна оцінка наслідків ризиків для суден морського транспорту

№	Ознака небезпеки	Вплив на безпеку персоналу	Вплив на довкілля	Категорія витрат	Загальна оцінка
1	Незначна (будь-яка несправність, яка не погіршує загальну продуктивність)	Невеликий дрібні травми (незначний вплив на персонал)	Мінімальне забруднення (10...100 літрів, розлив нафти або інших небезпечних речовин)	Мінімальна вартість / збиток менш за 50000 \$	Нульовий вплив (від мінімального до жодного)
2	Середня (будь-який збій, який призведе до погіршення роботи системи)	Середні травми /медична допомога персоналу	Невелике забруднення (100...1000 літрів)	Невелика вартість або збиток (50000... 300000 \$)	Легкий вплив (незначне порушення)
3	Критична (будь-який збій, який погіршить роботу системи понад прийнятні межі та створить загрозу безпеці)	Серйозні травми персоналу	Помірне забруднення (1000... 10000 літрів)	Помірна вартість або збиток (300000... 1000000 \$)	Значний вплив та значні наслідки
4	Катастрофічна (будь-який збій, який може призвести до втрат людей і/або судна)	Людські втрати / смертельні випадки	Велике забруднення (більше 10000 літрів)	Велика/високі збитки більш за 1000000 \$	Значний вплив на націо-нальному та міжнародному рівні

Після ідентифікації небезпек і потенційних нещасних випадків або подій для системи чи процесу, а також оцінки частоти або наслідків цих подій відповідно до існуючих заходів контролю, можна оцінити відносні ризики, пов'язані з цими подіями. Таблиця оцінки ризиків служить механізмом для розподілу ризиків і прийняття рішень щодо їх прийнятності, використовуючи підхід до категоризації ризиків. Кожна клітинка в матриці ризиків відповідає певній комбінації частоти та наслідків, і їй можна призначити пріоритетний номер.

Відповідальна особа повинна оцінити рівень ризику на основі серйозності та ймовірності, оцінених під час процесу аналізу ризиків, і класифікувати їх можливі комбінації як високий, середній або низький ризик у матриці ризиків. Після визначення рівня ризику, відповідальна особа може визначити відповідну реакцію, використовуючи табл. 3. Вищі рівні ризику вимагають більшого рівня реагування. Менеджмент використовує цю таблицю як орієнтир для оцінки рівня ризику за критеріями ризику:

високий / нестерпний ризик – потребує негайних заходів для зниження ризику до принаймні середнього рівня;

середній / допустимий ризик – вимагає визначення та впровадження заходів контролю ризику;

низький / прийнятний ризик – приймається як частина звичайного поточного процесу вдосконалення.

Таблиця 3 – Категорії ризику та терміни виконання запобіжних дій

Категорії ризику		Терміни виконання запобіжних дій
Низький	Прийнятний (1-3)	Немає необхідності в додаткових засобах контролю/запобіжних і пом'якшувальних діях або альтернативних діях, але слід розглянути економічно ефективні рішення або вдосконалення, які спричиняють мінімальні додаткові витрати або взагалі їх не стягують. Моніторинг необхідний, щоб переконатися, що контроль підтримується. Якщо значення ризику становить 1...3, оцінка припиняється.
Середній	Допустимий (4-9)	Необхідно докладати зусиль для зменшення ризику, але витрати на запобігання слід ретельно вимірювати та обмежувати. Заходи зі зменшення ризику, як правило, мають бути впроваджені протягом визначеного періоду часу.
Високий	Нестерпний (>9)	Роботу не можна розпочинати або продовжувати, доки рівень ризику не буде знижено, а цифри ризику не перейдуть у жовту або зелену зону. Хоча додаткові заходи контролю мають бути економічно ефективними, обов'язок компанії зменшити ризик є абсолютним. Якщо заходи контролю не дозволяють зменшити ризик, навіть за наявності необмежених ресурсів, то роботу не можна починати або вона повинна залишатися забороненою.

Найважливішим етапом у процесі оцінки ризиків є визначення заходів контролю для зменшення або усунення виявлених ризиків. Ризики можна зменшити наступними способами:

- 1) профілактичні заходи – зменшують ймовірність виникнення подій або знижують частоту завдяки покращеним процедурам, навчанню тощо;
- 2) заходи пом'якшення – зменшують тяжкість або наслідки подій, запобігаючи аваріям;
- 3) комбіновані заходи – одночасно знижують ймовірність і частоту подій, а також пом'якшують їх тяжкість і наслідки;
- 4) пом'якшення обставин – зменшують ймовірність виникнення невдач в обставинах, де це можливо;
- 5) альтернативні заходи – передбачають інші способи управління ризиками.

Якщо розглядаються численні заходи контролю, їх необхідно оцінити, щоб визначити, які з них мають найбільший вплив на зниження ризику. Після вибору відповідних нових заходів контролю слід повторити процес ранжування ризику, щоб оцінити, чи знизився ризик з високого до середнього рівня у разі впровадження обраних заходів. Процес слід повторювати до досягнення найнижчої категорії ризику.

Контроль виконання впроваджених заходів для зменшення ризиків є вирішальним етапом управління ризиками. На цьому етапі необхідно:

- 1) провести подальшу оцінку засобів контролю, щоб переконатися, що вони залишаються дієвими та мають бажаний ефект;
- 2) відстежувати зміни, які можуть вимагати подальшої оцінки ризиків;
- 3) вживати коригувальних дій у реальному часі.

Таким чином, систематичний підхід до управління ризиками передбачає не тільки визначення та впровадження відповідних заходів контролю, але й постійний моніторинг їхньої ефективності та адаптацію до нових умов і загроз.

Оцінка ризику при використанні штучного інтелекту в навігації є складним процесом, що включає розгляд різних аспектів технології, потенційних загроз і способів їх запобігання. Цей процес включає визначення та оцінку можливих загроз для безпеки та ефективності використання штучного інтелекту, а також встановлення заходів для зниження цих ризиків.

Ідентифікація ризиків передбачає визначення потенційних загроз та небезпек, які можуть виникнути внаслідок використання штучного інтелекту в навігації.

Основні аспекти оцінки ризику включають:

1) надійність технології – штучний інтелект може виявляти помилки або несправності, що можуть призвести до неправильних рішень або аварійних ситуацій. Важливо перевіряти та забезпечувати надійність алгоритмів і моделей штучного інтелекту;

2) доступність даних – точність рішень, прийнятих штучним інтелектом, залежить від якості та достовірності вхідних даних. Якщо дані неактуальні або неповні, це може призвести до некоректних прогнозів і підвищених ризиків;

3) кібербезпека – використання штучного інтелекту пов'язане з ризиками кібербезпеки, атаками на алгоритми, злам систем або маніпуляції вхідними даними;

4) інтеграція з людським фактором: Під час впровадження штучного інтелекту в навігаційні системи важливо враховувати взаємодію з екіпажем та людським фактором. Неправильне розуміння або використання штучного інтелекту може призвести до конфліктів або неправильних дій;

5) етичні питання: Використання штучного інтелекту в навігації також порушує етичні питання, зокрема щодо відповідальності за рішення, прийняті алгоритмами, а також за можливі наслідки аварійних ситуацій.

Послідовність оцінки ризиків через використання штучного інтелекту під час навігаційних переходів суден морського транспорту, приведена в табл. 4. Врахування цих аспектів дозволяє забезпечити більш безпечне та ефективне впровадження штучного інтелекту в навігаційні системи, знижуючи ризики та підвищуючи загальну надійність систем.

Таблиця 4 – Оцінка ризиків через використання штучного інтелекту під час навігаційних переходів суден морського транспорту

№	Ідентифікація ризиків		Аналіз ризиків	Початкова оцінка ризику		
	Небезпека	Потенційні наслідки		Ч	Н	Р
1	Технічна несправність штучного інтелекту з обробкою та синхронізацією введених даних .	Надання хибних результатів	Перевірка та надійності алгоритмів і моделей штучного інтелекту	4	2	8
2	Не точні отримані результати від штучного інтелекту	Негативний вплив на прийняття рішення	Аналіз та корегування отриманих результатів перед використанням	3	2	6
3	Низький рівень інтеграції між судовим персоналом та штучним інтелектом	Непорозуміння при взаємодії з системою	Навчання та тренування у взаємодії між судовим персоналом та штучним інтелектом	3	2	6
4	Кібербезпека системи штучного інтелекту	Хибний вплив на вхідні на вихідні дані	Блокування сторонніх фаєрволів та можливостей проникнути до системи	2	2	4
5	Переоцінка відповідальності за прийняття рішень	Аварійна загроза	Регламентування між порадами від штучного інтелекту та обов'язками навігаційного офіцера	3	4	12

Заходи що до зниження ризиків		Оцінка залишкового ризику		
№	Додаткові заходи контролю ризиків	Ч	Н	Р
1	Застосування сучасного комп'ютерного обладнання з можливістю використання резервного серверу для синхронізації даних	2	2	4
2	Завантаження потребуючої інформації для ще більш точних розрахунків	1	2	2
3	Використання базових моделей в комунікації між людиною та штучним інтелектом	1	2	2
4	Застосування сучасних систем кібербезпеки	1	2	2
5	Використовувати як допоміжний засіб інформації щодо забезпечення судноплавства	1	4	4

Враховання зазначених аспектів забезпечує підвищення безпеки та ефективності застосування штучного інтелекту для суден морського транспорту. Це сприяє зниженню ризиків і підвищує загальну надійність систем, оптимізуючи процеси управління та забезпечення безпеки судноплавства.

Висновки. Як результат виконаних досліджень зробимо наступні висновки.

1. Застосування структурованого підходу до управління ризиками є важливим при інтеграції штучного інтелекту в морський транспорт. Це включає систематичну ідентифікацію небезпек, оцінку ризиків та мінімізацію потенційних загроз, що підвищує безпеку та оперативну ефективність.

2. Сконцентрування на кількісному аналізі ризиків є критично важливим, оскільки це дозволяє не лише ідентифікувати, а й оцінити вплив потенційних загроз на морські операції. Це забезпечує більш об'єктивну основу для прийняття обізнаних рішень щодо заходів безпеки.

3. Забезпечення дотримання міжнародних норм безпеки судноплавства є невід'ємним аспектом під час використання штучного інтелекту для суден морського транспорту, включаючи ретельний аналіз ризиків штучного інтелекту для запобігання аваріям та мінімізація ризику виникнення небезпеки, що забезпечує безпечніше використання сучасних технологій.

4. Інтеграція спеціалізованих знань і практичних навичок з аналізу ризиків штучного інтелекту в освітні та кваліфікаційні програми морських фахівців є важливим кроком для підвищення рівня безпеки та ефективності морського транспорту.

5. Подальше вдосконалення та розвиток комплексного підходу до управління ризиками, пов'язаними з використанням штучного інтелекту в морському транспорті, є ключовим для забезпечення безпечніших та надійніших операцій.

ЛІТЕРАТУРА

- 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.
- 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.
- 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.
4. 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>.
5. Ворохобін 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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>.
9. Vorokhobin I. Determination of the Law of Probability Distribution of Navigation Measurements / I. Vorokhobin, A. Golikov, O. Naichenia, V. Sikirin, V. Severin / *Kaunas, Lithuania, 2020*. – P. 707-710.
10. 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.
11. 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>.
12. 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.
13. Sagin S., Kuropyatnyk O., Sagin A., Tkachenko I., Fomin O., Píšťek V., Kučera P. Ensuring the Environmental Friendliness of Drillships during Their Operation in Special Ecological Regions of Northern Europe. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10(9), 1331. <https://doi.org/10.3390/jmse10091331>.
14. Тимошук О.М., Боріна М.В. Дослідження методів підвищення екологічності судових 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.
15. 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. 103745. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2023.103745>.
16. 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. – Vol. 224. – P. 120221. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120221>.
17. Куропятник А. А., Сагин С.В. Управление выпускными газами судовых дизелей для обеспечения экологических показателей // *Автоматизация судовых технических средств : науч.-техн. сборник*, 2018. – Вып. 24. – С. 72-80.
18. Moreno, F.C.; Gonzalez, J.R.; Muro, J.S.; Maza, J.A.G. Relationship between human factors and a safe performance of vessel traffic service operators: A systematic qualitative-based review in maritime safety. *Saf. Sci.* 2022, 155, 105892. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105892>.
19. 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. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10(10), 1373. <https://doi.org/10.3390/jmse10101373>.

20. Soner, O.; Kayisoglu, G.; Bolat, P.; Tam, K. Risk sensitivity analysis of AIS cyber security through maritime cyber regulatory frameworks. *Appl. Ocean Res.* 2024, 142, 103855. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2023.103855>.
21. 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.
22. Khan, R.U.; Yin, J.; Mustafa, F.S.; Shi, W. Factor assessment of hazardous cargo ship berthing accidents using an ordered logit regression model. *Ocean Eng.* 2023, 284, 115211. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115211>.
23. 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.
24. 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.

REFERENCES

1. 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. – Вип. 2(38). – С. 187-198. doi.org/10.33298/2226-8553/2023.2.38.20.
2. 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.
3. 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.
4. 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>.
5. 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.
6. Sagin S.S., Sagin S.V., Use of artificial intelligence in the situations of excessive vessel // Water transport. – 2024. – Vol. 1(39). – P. 215-225. doi.org/10.33298/2226-8553.2024.1.39.22.
7. 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. – Vol. 2(36). – P. 184-194. doi.org/10.33298/2226-8553.2022.2.36.15.
8. 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>.
9. Vorokhobin I. Determination of the Law of Probability Distribution of Navigation Measurements / I. Vorokhobin, A. Golikov, O. Haichenia, V. Sikirin, V. Severin / Kaunas, Lithuania, 2020. – P. 707-710.
10. Maydanevich S.B., Tymoshchuk O. Subjects and principles of the international maritime low // Water transport. – 2021. – Vol. 3(34). – P. 39-47. doi.org/10.33298/2226-8553/2021.3.34.05.
11. 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. – Vol. 3(31). – P. 120-125. doi.org/10.33298/2226-8553/2020.3.31.13.

12. 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.
13. Sagin S., Kuropyatnyk O., Sagin A., Tkachenko I., Fomin O., Píšťek V., Kučera P. Ensuring the Environmental Friendliness of Drillships during Their Operation in Special Ecological Regions of Northern Europe. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10(9), 1331. <https://doi.org/10.3390/jmse10091331>.
14. Tymoshchuk O., Borina M. Research of methods of enhancing the environmental facility of ship power plants in the aquatic environment // *Water transport*. – 2022. – Vol. 2(36). – P. 240-252. doi.org/10.33298/2226-8553.2022.2.36.21.
15. 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. 103745. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2023.103745>.
16. 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. – Vol. 224. – P. 120221. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120221>.
17. Kuropyatnyk O.O., Sagin S.V. Controlling the exhaust gases of marine diesel engines to ensure environmental performance // *Automation of ship technical facilities*. 2018. – Ed. 24. – P. 72-80.
18. Moreno, F.C.; Gonzalez, J.R.; Muro, J.S.; Maza, J.A.G. Relationship between human factors and a safe performance of vessel traffic service operators: A systematic qualitative-based review in maritime safety. *Saf. Sci.* 2022, 155, 105892. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105892>.
19. 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. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10(10), 1373. <https://doi.org/10.3390/jmse10101373>.
20. Soner, O.; Kayisoglu, G.; Bolat, P.; Tam, K. Risk sensitivity analysis of AIS cyber security through maritime cyber regulatory frameworks. *Appl. Ocean Res.* 2024, 142, 103855. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2023.103855>.
21. 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.
22. Khan, R.U.; Yin, J.; Mustafa, F.S.; Shi, W. Factor assessment of hazardous cargo ship berthing accidents using an ordered logit regression model. *Ocean Eng.* 2023, 284, 115211. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115211>
23. 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.
24. 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.

Sagin S.S., Vorokhobin I.I.

MINIMIZING THE RISK OF MARITIME INCIDENTS DURING NAVIGATION PASSAGES OF SEA TRANSPORT VESSELS

Considered the methods of control and management of risk assessment during the navigation passage of sea transport vessels with the usage of artificial intelligence. The marine event risk analysis process forms the fundamental basis for the development of preventive strategies that include hazard risk minimization and control measures that are critical to avoiding dangerous events that could result in significant loss or damage. The need for a systematic analysis of risks associated with the use of

artificial intelligence for maritime transport vessels includes the identification, assessment and minimization of potential threats.

An analytical assessment of the probability and frequency of marine events allows not only to assess the possible risks in detail, but also to classify them according to established criteria for better management and prevention. Such an approach contributes to increasing the accuracy of risk assessment and the development of effective strategies for their minimization, which is key to ensuring the safety of shipping and reducing the likelihood of potential losses.

A comprehensive approach to the risk assessment of the use of artificial intelligence in navigation covers the identification and assessment of potential risks to the safety of navigation and the efficiency of navigation systems. Special attention is paid to reliability of technology, availability of data, cyber security, integration with the human factor, and ethical issues. Reasonable decision-making in these directions ensures the safety of navigation and the efficiency of navigation systems using artificial intelligence.

A sequence of risk assessments for the use of artificial intelligence in the navigational passages of maritime transport vessels is an important tool to ensure the safe and effective implementation of this technology in navigation systems. This helps to reduce the risks of dangerous marine events and increase the reliability of decisions made on the basis of real-time data.

Key words: artificial intelligence, maritime transport, navigation passage, shipping safety, risk analysis and assessment, risk management method.