

Тимошук О.М, Мельник О.В..

ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕКИ БУНКЕРУВАННЯ НА ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ

У статті розглянуто безпеку бункерування суден як один із факторів впливу на надійність процесу бункерування на водному транспорті. Розглянуто комплексний підхід та рівні заходів для забезпечення безпеки бункерування. Для оцінки та аналізу ризиків застосовано рекомендації ІМО по відношенню до методів формалізованої оцінки безпеки (FSA) на основі принципу «прийняттого ризику» відомого як принцип ALARP (As Low As Reasonably Practicable)). На основі рекомендацій ІМО, які використовуються в даний час з метою управління безпекою мореплавства, розроблена послідовність дослідження безпеки бункерування. Методологія оцінки ризиків включає п'ять основних етапів [8]: збір даних і оцінка всієї системи; ідентифікація небезпек; аналіз ризиків; оцінка ефективності діючої системи превентивних та змінюваних мір, напрацювання нових рішень; впровадження та вдосконалення системи безпеки. Визначені основні причини інцидентів при проведенні бункерування: несправність обладнання, людський фактор, неякісне паливо, аварії суміжних об'єктів, дії природних сил. Аналітичним способом обчислено відносну частоту появи небезпеки - чинника ризику, що надає негативну дію на процес бункерування. Оцінку наслідків аварій було проведено за чотирибальною шкалою. Проведено ймовірнісну оцінку впливу небезпек і визначено рівні формалізованого ризику. Систему безпеки бункерування досліджено шляхом побудови діаграми в системі координат (вірогідність події-наслідки події) в матричному вигляді. За отриманими результатами виявлено, що людський фактор та несправність обладнання є найбільш небезпечними факторами в рейтингу загроз. Було запропоновано допоміжні заходи по управлінню ризиками, які дозволять понизити рівень ризиків з високого до прийняттого, що дозволить запобігати аваріям при бункеруванні.

Ключові слова: безпека, надійність, бункерування, ідентифікація небезпек, ризику.

Постановка проблеми.

Безпека бункерування - один із основних факторів надійності процесу забезпечення паливо-мастильними матеріалами суден на водному транспорті. Безпекова складова бункерування є одним з основних пріоритетів діяльності бункерувальних компаній[1]. Безпека – це стан, при якому ризик причинення шкоди персоналу, або надання збитку майну та навколишньому середовищу знижено до економічно- та соціально-прийняттого рівня, який підтримується шляхом безперервного процесу виявлення джерел небезпеки та контролю факторів ризику. Першочерговими заходами забезпечення безпеки являються міри попередження аварійних ситуацій, які можуть привести як до забруднення навколишнього середовища, так і до виникнення пожеж. Отже, ідентифікація джерела небезпек та попередження ризиків, є одним з головних завдань забезпечення безпекової складової надійності бункерування.

Аналіз останніх досліджень. Питаннями аналізу ринку бункерувальних послуг присвячено роботи авторів Ю.Ю. Горелової, Р.Р. Марківського, Н.І. Плявіна, А.Г. Сацького, В.А. Стариковського, К.Л. Терехова, В.І. Станкевича, А.А. Суханова, Дж.В. Тілла, Д. Формбі, В. Хойера, А. Хоскінса, Г.А. Черчілля та інших. Ю.П. Кондратенко, Д.М. Підпригора досліджували автоматизацію технологічного процесу бункерування суден та розглядали

можливі підходи до вирішення проблеми підвищення ефективності технологічного процесу бункерування суден шляхом підвищення рівня його автоматизації. Але недостатньо уваги приділялось дослідженню безпеки бункерування.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. Ідентифікація небезпек при бункеруванні з виявленням основних факторів ризику.

Мета статті. Ідентифікація ризиків при проведенні бункерування, оцінка рівня небезпеки та виявлення небезпек, які мають найвищий ризик та потребують прийняття заходів для попередження аварій задля досягнення безпеки бункерування. Для досягнення мети необхідно вирішити задачу визначення ризиків, які впливають на безпеку бункерування та визначити методи управління ними. Систему безпеки бункерування досліджено шляхом побудови матриці ризиків в системі координат (вірогідність події-наслідки події). Запропоновані заходи та допоміжні заходи по управлінню ризиками при бункеруванні.

Виклад основного матеріалу. Надійність бункерування забезпечується виконанням заходів, що враховують чотири складові: техніко-технологічну, комерційну, безпекову та екологічну.

Безпека – це стан, при якому ризик причинення шкоди персоналу, або надання збитку майну та навколишньому середовищу знижено до економічно- та соціально-прийнятеного рівня, який підтримується шляхом безперервного процесу виявлення джерел небезпеки та контролю факторів ризику[1].

Поняття «безпека бункерування», на наш погляд, повинне розглядатись як система дій, що включає забезпечення технологічного процесу, реалізацію інструкцій та вказівок, виконання правил по техніці безпеки.

Підхід до забезпечення безпеки має бути комплексним та включати заходи наступних рівнів [2]:

1. Законодавчого (закони, нормативні акти, стандарти);
2. Адміністративного (дії загального характеру, які приймаються керівництвом організації,
3. Процедурного (міри безпеки, що реалізуються персоналом);
4. Технологічного (перевірочні листи бункерування);
вимоги до пального).

Забезпечення безпеки бункерування забезпечується виконанням наступних документів (див. рис.1).

Для забезпечення безпеки процесу бункерування на водному транспорті приймається система: «джерело небезпеки – потенційний об'єкт впливу», яка враховує здатність певного об'єкту створювати загрозу, а іншого – попереджувати цю загрозу. На сучасному етапі застосовується метод «превентивного впливу», основною метою якого є попередження виникнення інциденту, або зниження проявлення ризиків. Такий метод «ризик менеджмент» поширений в світовій практиці. Забезпечити захист від усіх виявлених ризиків нереально, тому безпека може бути забезпечена тільки при прийнятному або допустимому рівні стану взаємодії людини з середовищем [3].

Забезпечити «абсолютну безпеку» неможливо, тому на сьогодні діє принцип «прийнятеного ризику» відомий як принцип ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Суть його можна сформулювати наступним визначенням: «Захисні міри, які забезпечують виконання задач безпеки високого рівня вважаються адекватними при умові, що рівні достатнього ризику є настільки низькими, наскільки це практично можливо» [4]. Достатній ризик – це така мінімальна величина ризику, яка досягається в відповідності з технічними, економічними та технологічними можливостями.

Величина прийнятеного ризику визначається в результаті урахування всіх сфер: технічної, технологічної, соціальної та розраховується як результат оптимізації витрат на інвестиції в цій області [5].

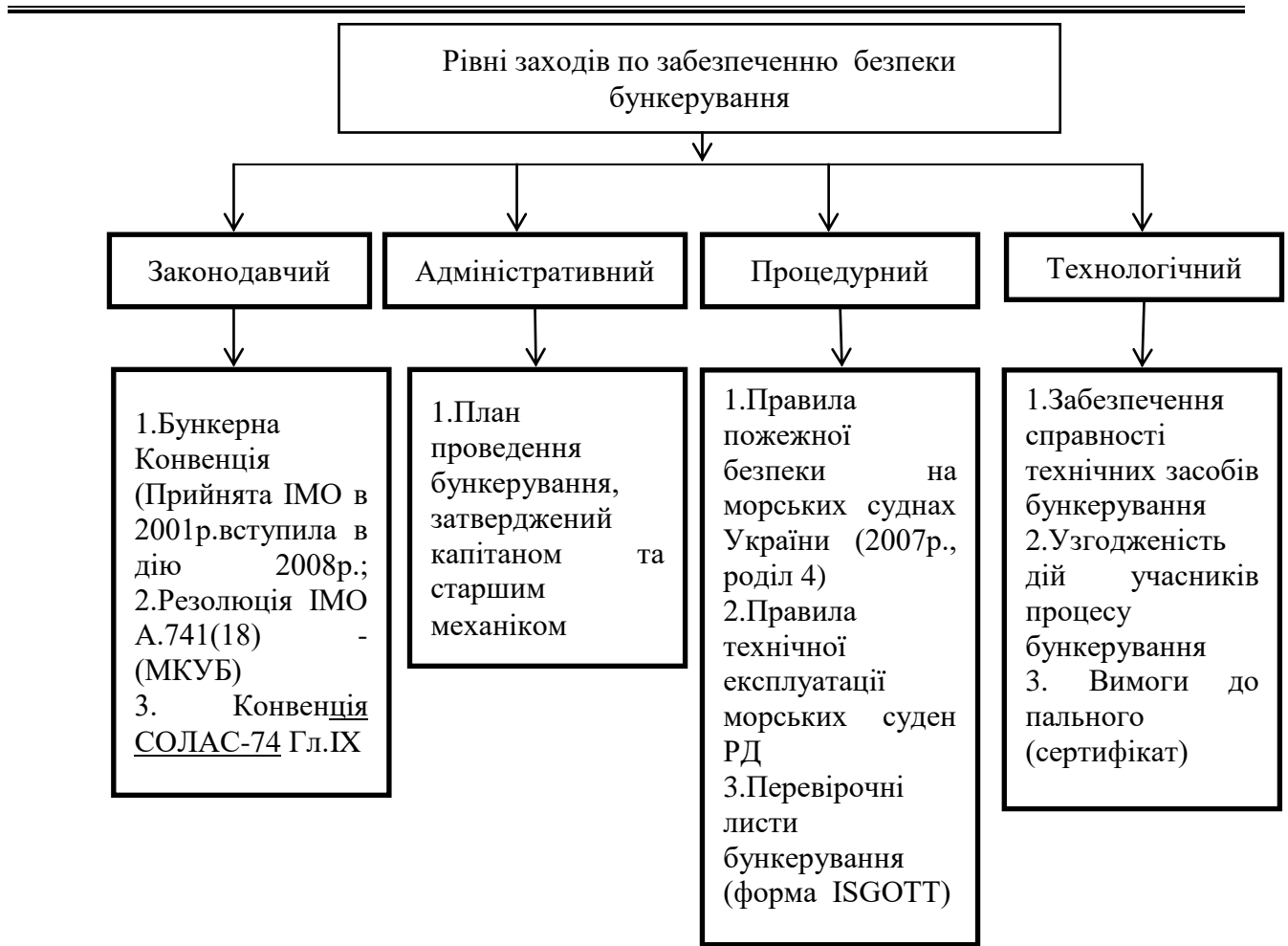


Рис. 1. Процес забезпечення безпеки бункерування.

В процедурах забезпечення безпеки в мореплавстві виділяються основні задачі, які безпосередньо пов'язані з вибором та ранжуванням заходів попередження та ліквідації наслідків аварій та інцидентів техногенного характеру:

- при фіксованих ресурсах вибрати та реалізувати такий набір заходів безпеки, впровадження яких максимально знижує ризик аварій;
- мінімізуючи витратні ресурси, обрати такий набір мір безпеки із можливих, впровадження яких знижує ризик аварій до прийнятного рівня.

Для оцінки та аналізу ризиків в морській галузі застосовуються рекомендації ІМО по відношенню до методів формалізованої оцінки безпеки (FSA), в яких визначені основні критерії інцидентів в морській діяльності [6].

Прийняті ІМО Міжнародного кодексу по управлінню безпечною експлуатацією суден та попередженням забруднення (Резолюція ІМО А.741(18) - (МКУБ) є логічним кроком, направленим на підвищення безпеки мореплавства та попередження забруднення навколишнього середовища. Главою IX, Конвенції СОЛАС-74 МКУБ був введений в дію в якості обов'язкового до застосування. Призначення кодексу МКУБ: забезпечення безпеки на судні та створення безпекових умов для виконання судових робіт (в тому числі бункерування).

Оскільки всі судові роботи проводяться людиною, призначення кодексу: забезпечення безпеки судового персоналу, зниження травматизму, та зменшення впливу «людського фактору» на аварійність. МКУБ визначає основні процедури по забезпеченню безпеки на борту судна, методи та умови їх безпечною виконання, а також способи контролю за виконанням робіт. Для того, щоб попередити інцидент, МКУБ встановлює наступні вимоги: ідентифікувати ступінь ризику, що виникає при виконанні тих чи інших судових операцій,

забезпечити персонал необхідним обладнанням та захисним одягом, провести підготовку персоналу до виконання робіт, визначити послідовність та пріоритетність дій персоналу; розробка системи обліку, контролю, та аналізу інцидентів, нещасних випадків та порушення техніки безпеки.

Відповідальність за безпеку проведення бункерування покладається на спеціально призначених осіб з числа керівного складу судна і судна-бункерувальника. До початку бункерування відповідальні особи узгоджують в письмовому вигляді:

- технологічний регламент, в т.ч. значення максимальної інтенсивності перекачування палива;
- дії, які слід вжити в разі виникнення аварійної ситуації під час перекачки палива;
- заповнення і підписання Листа контролю безпеки при бункеруванні.

Лист контролю бункерування, що заповнюється до його початку, надається в публікації ІМО «Рекомендації щодо безпечного транспортування небезпечних вантажів та супутньої діяльності на території порту» та містить наступні розділи: види палива, паливні цистерни, перевірка судна-бункерувальника (баржі) та судна, що бункерується [7].

Система безпеки бункерування заснована на аналізі ризиків. Загроза – це актуалізована небезпека. Небезпека аварії – це можливість завдання збитку людині, майну або навколишньому середовищу внаслідок аварії, а ризик аварії міра цієї небезпеки. Методологія оцінки ризиків включає п'ять основних етапів [8]:

- збір даних і оцінка всієї системи;
- ідентифікація небезпек;
- аналіз ризиків;
- оцінка ефективності діючої системи превентивних та змінюваних мір, напрацювання нових рішень;
- впровадження та вдосконалення системи безпеки.

В системах менеджменту ризиків застосовуються наступні методи: FMEA (аналіз видів та наслідків відмов), HAZOP (аналіз небезпеки та працездатності), FTA (аналіз дерева незправностей) [9]. Ці методи застосовуються при наявності достатньої статистичної бази. При відсутності таких даних можна застосувати діаграми в системі координат (вірогідність події-наслідки події). Такі діаграми представляються в матричному вигляді [10]. При такому аналізі слід виконати процедури, надані в таблиці 1.

Таблиця 1

Процедури при виконанні аналізу ризиків

	Послідовність виконання	Процедура
1.	Ідентифікація можливих подій з негативними наслідками	Розглянути, які механізми можуть вийти з ладу, які помилки може допустити персонал
2.	Визначення наслідків подій, збитки	Оцінити, на скільки важкими можуть бути результати таких подій
3.	Вірогідність подій	Визначити, з якою частотою проходять такі події
4.	Встановлення рівня ризику	Визначаються якісні характеристики: мінімальний, низький, середній, високий і максимальний.

Ідентифікація можливих подій з негативними наслідками при проведенні бункерування зображено на дереві загроз при бункеруванні (див. рис.2).



Рис.2. Дерево загроз при бункеруванні

Відносна частота появи небезпеки (чинника ризику, що надає негативну дію на процес бункерування і подальшу надійність бункерування) визначена по формулі [1].

$$W(A) = \frac{m}{n}, \quad (1)$$

де m – число з'явлення події; n – загальне число випробувань.

Стосовно даної роботи формула (1) була перетворена в наступну залежність:

$$W = \frac{S}{N}, \quad (2)$$

де S – час затримки бункерування (підвищення небезпеки аварій); N – час проведення бункерування

При визначенні W для небезпеки, пов'язаної з обмеженнями за погодними умовами, величина N позначає загальну кількість годин проведення бункерування, S – кількість годин простою, визваного несприятливими погодними умовами.

Результати визначення W для кожного чинника ризику приведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Відносна частота виникнення загроз аварій при бункеруванні

Фактор ризику	N_s	S	W
Несправне обладнання	3,0	2,0	0,67
Людський фактор	4,0	3,2	0,8
Дії природних сил	5,0	2	0,4
Неякісне паливо	7	4	0,57
Аварії суміжних об'єктів	6	3	0,5

Несправне обладнання: $N_s = 3, 0$ год. – час бункерування; $S = 2,0$ год.– на ремонт, заміна обладнання; $W=0,67$.

Людський фактор: невдала швартовка, що викликала заміну шлангу: $N_s = 4,0$ год. – час бункерування; $S = 3,2$ год. - заміна клінкету; $W=0, 8$.

Дії природних сил: $N_s = 5,0$ год.- час бункерування; $S = 2$, год.-затримка в бункеруванні; $W=0,4$.

Неякісне паливо: $N_s = 7$ год.- час бункерування; $S = 4$ год.-затримка на рейді в очікуванні нового бункеру; $W=0,57$.

Визначення значень відносної частоти W можна прийняти за приблизне значення вірогідності появи небезпеки F [2].

Для побудови матриці ризику для кожної небезпеки в таблиці 3 визначаємо рівень ризику R . Індeksi вірогідності F привласнені за чотирибальною шкалою, виходячи з діапазону відносної частоти W негативного впливу на процес:

- «1» – 0 - 0,25 – низька вірогідність;
- «2» – 0,26 - 0,50 – незначна вірогідність;
- «3» – 0,51 - 0,75 – середня вірогідність;
- «4» – 0,76 - 1,00 – висока вірогідність.

При оцінці наслідків C також використовувалася чотирибальна шкала, згідно якої індекс «4» було надано небезпеці, наслідки якої здатні надати катастрофічний вплив на навколишнє середовище (розлив нафти в акваторію) - *критичний*; «3» – було надано небезпеці, наслідки якої здатні надати критичні наслідки (розлив нафти на судні), які можливо локалізувати – *важкий* ; «2» – привласнений небезпеці, наслідки якої значні, але дозволяють не зупиняти бункерування - *помірний*; «1» – привласнений небезпеці, наслідки якої незначні і не впливають на хід бункерування - *незначний*.

Виходячи з аналізу наслідків дії на безпеку бункерування, індекси були розподілені таким чином: «4» – несправне обладнання; «3» – людський фактор; «2» – Дії природних сил, неякісне паливо; «1» – аварії суміжних об'єктів.

Величина ризику R визначається:

$$R = \frac{F}{S}, \quad (3)$$

де F – вірогідність події, S – наслідки події

Класифікація ризиків при бункеруванні по ступеню наслідків надано в таблиці 3.

Таблиця 3

Ризики при бункеруванні

№	Фактори ризику	F	C	R=FxC
1	Несправне обладнання	3	4	12
2	Людський фактор	4	4	16
3	Дії природних сил	2	2	4
4	Неякісне паливо	3	2	6
5	Аварії суміжних об'єктів	2	1	2

На основі даних табл.3 побудована матриця ризику бункерування (Рис.3).

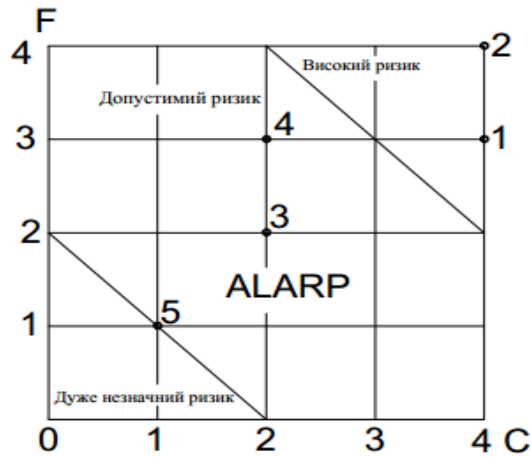


Рис.3. Матриця ризику бункерування

На рис.3 цифри напроти крапок означають небезпеки: 1- несправне обладнання – високий ризик (В), 2- людський фактор – високий ризик (В), 3- дії природних сил – допустимий ризик (Д), 4 - неякісне паливо – допустимий ризик (Д), 5 - аварії суміжних об'єктів – допустимий ризик (Д) .

Матриця ризику надає можливість визначити, що найбільший ризик при бункеруванні - людський фактор та несправне обладнання. Управління ризиками можна розглянути «в табл. 4».

Таблиця 4

Управління ризиками

	Небезпеки	Можливі наслідки	Існуючі заходи по управлінню ризиками	Тяжкість наслідків	Частота реалізація небезпеки	Ризик R	Допоміжні заходи
1	Несправне обладнання: проливи палива	Розлив, перелив, пожежа	Регулярний огляд системи	Важка	Середня	Високий (В)	Так
2	Людський фактор: втома персоналу	Будь-яка аварійна ситуація	Використання системи контролю за робочим часом	Критична	Висока	Високий (В)	Так
3	Дії природних сил	Розлив, перелив	Урахування прогнозу синоптиків	Помірна	Середня	Достатній (Д)	Ні
4	Неякісне паливо	Перелив	Перевірка сертифікату палива	Помірна	Середня	Достатній (Д)	Ні
5	Аварії суміжних об'єктів	Перелив	Безпека в морі	Помірна	Низька	Достатній (Д)	Ні

Допоміжні заходи по управлінню ризиками надані в табл. 5.

Допоміжні заходи по управлінню ризиками

№п/п Небезпеки	Допоміжні заходи по управлінню ризиками	Залишко- вий ризик
1. Людський фактор: втома персоналу	Забезпечення безперервного моніторингу місць з'єднання та трубопроводу	В →Н
2. Несправне обладнання: проливи палива	Планування робочих годин персоналу, що займається бункеровкою, зниження навантаження до і після бункерування	В →Н

Для кожного фактору небезпек потрібно теж будувати свою матрицю ризику для попередження аварій.

Проведені ідентифікація, аналіз ризиків та побудова матриці ризиків з подальшою оцінкою ефективності діючої системи превентивних та змінюваних мір, необхідні для впровадження та напрацювання нових рішень для вдосконалення системи безпеки бункерування.

Висновки. Для забезпечення надійності бункерування за безпековим фактором за рекомендаціями міжнародних нормативних документів по ймовірнісним методам оцінки ризиків були ідентифіковані та проранжовані ризики та їх наслідки при бункеруванні. В результаті побудови матриці ризику виявили небезпеки, які мають найвищий ризик - людський фактор та несправне обладнання. Було запропоновано допоміжні заходи по управлінню ризиками, які дозволять понизити рівень ризиків з високого до незначного, що дозволить запобігати аваріям при бункеруванні.

ЛІТЕРАТУРА

- Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] /: учебник для прикладного бакалавриата / В. Е. Гмурман. – М. : Изд-во Юрайт, 2019. – 479 с.
- Горелова, Ю. Н. К задаче оперативного управления запасами бункеровочного топлива [Текст] / Ю. Н. Горелова// Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. 2004. №.4. С. 33–39.
- Плявин, Н. И. Морские перевозки наливных грузов [Текст] : / М.А. Шаповал, Ю.В. Васильев., А.Г. Казимиров. –Москва: Транспорт, 1991. – 191 с.
- Семин О.А Применение вероятностных методов оценки рисков при проектировании пассажирских судов внутреннего и смешанного плавания [Текст] / О.А. Семин //Вісник Одеського національного морського університету. 2013. №. 1 . С 15–19.
- Дичко А. О., Єремєєв І. С. Аналіз ризиків і менеджмент водних екосистем. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2018. № 4. С.115–122.
- Washington, T. Bunker suppliers look for clarity on the voyage ahead. / Bunker Bulletin [Text] / T.Washington, J. McQueen // № 5. p.28–33.
- Bunker Fuel: Supply, Demand and Pricing. Bunkerworld Business Exchange.– [Electronic resource]. Retrieved from <http://www.iea.org/statistics/>
- Абрамовіч, А В. Оптимизация оперативного плана бункеровки судов [Текст] / А. В. Абрамовіч //Вестник морского государственного университета:экономика и управление. 2006. №.10. С.71–73.
- Guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process [Text]: MSC/Circ. 1023:5 April 2002 / Intern. Maritime Organization, 2002.
- Рябинин, И.А. Надежность и безопасность структурно- сложных систем[Текст] / И.А. Рябинин – СПб.: Изд. С.Петербург. ун-та, 2007, – 276 с.

REFERENCES

1. Gmurman, V. E.. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaja statistika: uchebnik dlja prikladnogo bakalavriata [Probability theory and mathematical statistics: a textbook for applied baccalaureate]. Moscow, Izdatel'stvo Jurajt, 2019. 479 p.
2. Gorelova, Ju. N. K zadache operativnogo upravlenija zapasami bunkerovochnogo topliva [The task of operational management of bunker fuel stocks]. Vestnik Volzhskoj gosudarstvennoj akademii vodnogo transporta. 2004, no. 4, pp. 33-39.
3. Pljavin, N.I., Shapoval, M.A., Vasil'ev, Ju.V., Kazimirov A.G. Morskie perevozki nalivnyh Грузов [Sea transportations of bulk cargoes]. Moscow, Transport. 1991. 191 p.
4. Semin, O.A. Primenenie veroyatnostnyh metodov ocenki riskov pri projektirovanii passazhirskih sudov vnutrennego i smeshannogo plavaniya [The use of probabilistic risk assessment methods in the design of passenger ships of internal and mixed navigation]. Visnik Odes'kogo nacional'nogo mors'kogo universitetu. 2013, no.1, pp. 15-19.
5. Dychko, A.O., Yermieiev I.S. (2018), "Analysis of risks and management of water ecosystems", Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, vol. 4, no. 4, pp. 115-122.
6. Washington, T. McQueen, J Bunker suppliers look for clarity on the voyage ahead. Bunker Bulletin., 2017, no. 4, p.28-33/
7. Bunkernoe toplivo: predlozhenie, spros i ceny. Biznes-birzha, "Bunker Fuel: Supply, Demand and Pricing. Bunkerworld Business Exchange". available at: <http://www.iea.org/statistics/> (accessed November 16, 2018).
8. Abramovich, A. V. Optimizacija operativno-go plana bunkerovki sudov [Optimization of the operational bunkering plan]. Vestnik morskogo gosudarstvennogo universiteta: jekonomika i upravlenie, 2006, no. 10, pp. 71-73.
9. Guidelines for formal safety assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process: MSC/Circ. 1023:5 April 2002 / Intern. Maritime Organization, 2002.
10. Rjabinin, I.A. Nadezhnost' i bezopasnost' strukturno-slozhnyh sistem [Reliability and safety of structurally complex systems]. St. Peterburg, Izd. St.-Peterb. un-ta, 2007. 276 p.

Тимощук Е.Н., Мельник Е.В.

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ БУНКЕРОВКИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

В статье рассмотрены безопасность бункеровки судов как один из факторов влияния на надежность процесса бункеровки на водном транспорте. Рассмотрены комплексный подход и уровни мер для обеспечения безопасности бункеровки. Для оценки и анализа рисков применены рекомендации ИМО по отношению к методам формализованной оценки безопасности (FSA) на основе принципа «приемлемого риска» известного как принцип ALARP (As Low As Reasonably Practicable)). На основе рекомендаций ИМО, которые используются в настоящее время с целью управления безопасностью мореплавания, разработана последовательность исследования безопасности бункеровки. Методология оценки рисков включает пять основных этапов: сбор данных и оценка всей системы; идентификация опасностей; анализ рисков; оценка эффективности действующей системы превентивных и изменяемых мер, выработки новых решений; внедрение и совершенствование системы безопасности. Определены основные причины инцидентов при проведении бункеровки: неисправность оборудования, человеческий фактор, некачественное топливо, аварии смежных объектов, действия природных сил. Аналитическим способом вычислено относительную частоту появления опасности - фактора риска, который оказывает негативное воздействие на процесс бункеровки. Оценка последствий аварий была проведена по четырехбалльной шкале. Проведено вероятностную оценку влияния опасностей и определены уровни формализованного риска. Система безопасности бункеровки была исследована путем построения диаграммы в системе координат

(вероятность события-следствие события) в матричном виде. По полученным результатам выявлено, что человеческий фактор и неисправность оборудования являются наиболее опасными факторами в рейтинге угроз. Были предложены дополнительные меры по управлению рисками, которые позволят снизить уровень рисков с высокого до приемлемого, что позволит предотвращать аварии при бункеровке.

Ключевые слова: безопасность, надежность, бункеровка, идентификация опасностей, риски.

Timoshchuk O.M., Melnik O.V.

RESEARCH OF SAFETY OF BUNKING ON MARITIME TRANSPORT

The article considers the safety of bunkering of ships as one of the factors influencing the reliability of the bunkering process on water transport. A comprehensive approach and levels of measures to ensure bunkering are considered. For risk assessment and analysis, the IMO's recommendations for Formal Security Assessment (FSA) methods are based on the principle of "acceptable risk" known as ALARP (As Low As Reasonably Practicable). On the basis of the IMO recommendations currently used to manage maritime safety, a sequence of bunkering safety studies has been developed. The risk assessment methodology includes five main steps [8]: data collection and system-wide assessment; hazard identification; risk analysis; evaluation of the effectiveness of the existing system of preventive and variable measures, development of new solutions; implementation and improvement of the security system. The main causes of incidents during bunkering are identified: equipment malfunction, human factor, low-quality fuel, accidents of adjacent objects, actions of natural forces. The relative frequency of occurrence of a hazard, a risk factor that has a negative effect on the bunkering process, is calculated in an analytical manner. The consequences of the accidents were evaluated on a four-point scale. A probabilistic assessment of the impact of the hazards was carried out and the levels of formalized risk were determined. The bunkering security system is investigated by plotting a matrix (coordinate event (event probability)) diagram in a coordinate system. The results show that human factors and equipment malfunction are the most dangerous factors in the rating of threats. Auxiliary risk management measures have been proposed that will reduce the risk level from high to acceptable, which will prevent bunkering accidents.

Keywords: security, reliability, bunkering, hazard identification, risks.