

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ БУНКЕРУВАННЯ НА ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ ЯК ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

О. В. Мельник, О. М. Тимошук

Державний університет інфраструктури і технологій
вул. Кирилівська, 9, м. Київ, 04071, Україна. E-mail: olga-melnik81@ukr.net

Розглянуто надійність процесу бункерування суден, як властивість технічного об'єкту зберігати значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування. При дослідженні надійності процесів бункерування на водному транспорті одним з вагомих факторів є забезпечення екологічної безпеки. З метою проведення аналізу надійності процесів бункерування на водному транспорті визначено основні фактори забезпечення надійності бункерування (TCSE-аналіз). Групування факторів здійснено за техніко-технологічними, комерційними, безпековими та екологічними параметрами. Визначення екологічних умов впливу на надійність бункерування та структуризація факторів дозволила формалізувати функцію надійності, визначити вагомість факторів та їх взаємовпливи в процесах забезпечення надійності бункерування для охорони навколишнього середовища.

Ключові слова: бункерування, надійність, екологічність, TCSE-аналіз, водний транспорт, паливо.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ БУНКЕРОВКИ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

О. В. Мельник, О. М. Тимошук

Государственный университет инфраструктуры и технологий
ул. Кирилловская, 9, м. Киев, 04071, Украина. E-mail: olga-melnik81@ukr.net

Рассмотрена надежность процесса бункеровки суден, как свойство технического объекта сохранять значения всех параметров, которые характеризуют способность выполнять нужные функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортировки. При исследовании надежности процессов бункеровки на водном транспорте одним из весомых факторов есть обеспечение экологической безопасности. С целью проведения анализа надежности процессов бункеровки на водном транспорте определены основные факторы обеспечения надежности бункеровки (TCSE-анализ). Группирование факторов осуществлено по технико-технологическим, коммерческим, безопасностным и экологическим параметрам. Определение экологических условий влияния на надежность бункеровки и структуризация факторов позволила формализовать функцию надежности, определить весомость факторов и их взаимовлияние в процессах обеспечения надежности бункеровки для охраны окружающей среды.

Ключевые слова: бункеровка, надежность, экологичность, TCSE-анализ, водный транспорт, топливо.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Необхідною умовою успішної роботи водного транспорту має бути якісно організоване комплексне обслуговування флоту, важливою складовою якого є надійне бункерування - безперебійне постачання паливом і мастилами. Процеси бункерування суден на водному транспорті пов'язані з техніко-технологічними, природними та екологічними умовами, що в сукупній взаємодії потребують забезпечення надійності системи як одного із основних факторів збереження екологічності довкілля. Тому оцінювання надійності системи бункерування необхідно здійснювати, враховуючи сукупність безпекових факторів для забезпечення екологічних вимог міжнародного мореплавства.

Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми.

Вагомий науковий внесок у вирішення проблеми вдосконалення системи комплексного обслуговування флоту і його бункерування внесли М. А. Государев, В. Н. Захаров, В. П. Зачесов, Е. А. Зінь, В. Л. Зюзін, А. Г. Малишкін, В. А. Кутиркін, В. П. Маталін, А. К. Медведєв, Н. С. Радюкін, Л. М. Рижов, А. І. Телегін, В. М. Федюшін і ін.

Безпосередньо питаннями аналізу ринку бункерувальних послуг присвячено роботи авторів

Ю. Ю. Горєлової, Р. Р. Марківського, Н. І. Плявіна, А. Г. Сацького, В. А. Старіковського, К. Л. Терехова, В. І. Станкевича, А. А. Суханова, ж. б. Сєпа, Дж. В. Тілла, Д. Формбі, В. Хойєра, А. Хоскінса 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 надійності системи бункерування з точки зору екологічних вимог до міжнародного судноплавства. Для цього необхідно розглянути екологічний фактор надійності бункерування.

Мета роботи. Визначення основних факторів, які впливають на надійність бункерування суден для досягнення екологічної безпеки.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Заходи екологічного регулювання з боку міжнародних морських організацій стали найважливішим чинником дії на ринку бункерування суден, підвищивши роль надійності. Надійність – це властивість технічних об'єктів зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режи-

мах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування [1]. Надійність є комплексною властивістю, що залежно від призначення об'єкта і умов його застосування, може містити в собі безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та збережуваність, чи певні поєднання цих властивостей. При дослідженні надійності процесів бункерування на водному транспорті одним з вагомих факторів є забезпечення екологічної безпеки. Методи теорії і практики дослідження надійності базуються на застосуванні апарату теорії імовірностей і випадкових процесів, математичної статистики, моделювання [2]. Аналіз надійності проводять з метою:

— перевірки здійсності встановлених вимог і (або) оцінки імовірності досягнення потрібного рівня надійності складових частин та об'єкта в цілому;

— перевірки ефективності запропонованих (реалізованих) заходів щодо доопрацювання конструкції, технології виготовлення, стратегії технічного обслуговування та ремонту для підвищення надійності;

— прогнозування надійності та вибору раціональних шляхів забезпечення чи підвищення надійності.

Методи аналізу надійності використовуються для прогнозування безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності, готовності та заходів щодо забезпечення безпеки об'єкта, а також для порівняння наслідків прогнозування із заданими вимогами.

З метою проведення аналізу надійності процесів бункерування на водному транспорті визначимо основні фактори, що впливають на його властивості. Пропонуємо дослідження факторів забезпечення надійності бункерування провести за наступними параметрами: техніко-технологічними (Technical and technological), комерційними (Commercial), безпековими (Safety), екологічними (Environmental) та провести TCSE-аналіз описаних умов.

До техніко-технологічних умов впливу на надійність бункерування відносяться: схема заливу палива, перевірка наливного вантажу, технологічні карти бункерування, технологія обробки судна/палива, схеми резервування та транспортування, технологія переливу, технічні умови бункерування [3].

До комерційних умов впливу на надійність бункерування відносяться: умови контрактів, виконання контрактів, вартість палива та бункерувальних послуг, сертифікація, якість палива, витрати на утримання основних та оборотних засобів, супутні витрати, професійна підготовка персоналу та оплата праці, витрати на управління (портові збори, сертифікація, екологічні збори тощо).

До безпекових умов впливу на надійність бункерування відносяться: технічний стан об'єктів транспорту й інфраструктури, рівень зносу та енергоефективності, контрактні умови (виконання умов безпеки мореплавства), фінансовий стан учасників угоди з бункерування, природні умови та техногенні загрози, рівень резервування та втрат, інтенсивність надзвичайних ситуацій (простоїв, збоїв, розливів,

невиконання контрактів тощо), зміни у міжнародному та національному праві, політичні умови.

До екологічних умов впливу на надійність бункерування відносяться:

- ✓ екологічна безпека суден;
- ✓ сертифікація паливо-мастильних матеріалів;
- ✓ технології захисту від розливів, технічні засоби збору розливів;
- ✓ врахування природних та техногенних умов середовища;
- ✓ технології обробки та витрати нафтомістких відходів;
- ✓ екологічні збори та дозволи;
- ✓ витрати на екологічну безпеку.

Описана структуризація факторів дозволяє формалізувати функцію надійності:

$$f(H) = f(T, C, S, E). \quad (1)$$

Проведення TCSE-аналізу описаних умов дозволяє визначити їх вагомість та взаємовпливи в процесах забезпечення надійності бункерування.

Одним із основних факторів забезпечення надійності бункерування з точки зору екології є *екологічна безпека суден*, яка в значній мірі залежить від палива, що застосовується на судні.

Сьогодні на судах використовуються палива двох видів:

- дистилатні, які отримуються дистиляцією і складаються з легких фракцій та характеризуються низькою в'язкістю ($\nu=2,5-14 \text{ мм}^2/\text{с}$) та щільністю ($\rho=830-860 \text{ кг}/\text{м}^3$);

- важкі, які умовно підрозділяють на дві групи: проміжні (Intermediate Fuel) з діапазоном в'язкості $\nu=30-180 \text{ мм}^2/\text{с}$ та важкі-мазути Heavy Fuel Oil) з діапазоном в'язкості $\nu=180-500 (700) \text{ мм}^2/\text{с}$.

На морських судах в головних двигунах застосовуються переважно важкі палива, а в допоміжних двигунах морських суден та у всіх дизелях суден річкового та змішаного плавання – дистилатні.

Судна спалюють важке паливо і виділяють велику кількість часток сажі, оксиди сірки і оксиди азоту, які небезпечні як для здоров'я, так і для довкілля [4].

При цьому негативний баланс оксиду вуглецю складає приблизно 1 млрд. тонн, або 4,5 % світового викиду двоокису вуглецю. В даний час більше 80% світового ринку пального становить мазут, решта - легке паливо. Мазути є горючими рідинами, однак за певних умов при контакті з повітрям здатні створювати вибухонебезпечні суміші.

З введенням екологічних вимог Міжнародної морської організації (ІМО) до змісту сірки в судовому паливі (Додаток VI до міжнародної конвенції МАРПОЛ 73/78) структура ринку бункерування зазнала серйозних змін. В 2015 році в зонах особливого контролю викидів сірки (SECA) встановлена заборона на використання палива зі змістом сірки більше 0,1%, в інших акваторіях - більше 3,5%. До 2020 року 90 держав - учасників МАРПОЛ готуються вийти на фінальний етап обмежень ІМО: буде введений жорсткіший режим для усіх інших морсь-

ких акваторій - зміст сірки в судновому паливі не повинен перевищувати 0,5%. В зонах особливого контролю за викидами сірки (SECA) відповідно до Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню з суден (MARPOL) однією з найгостріших проблем для даного ринку є екологічна складова і без-

пека проведення операцій бункерування. Тому і за кордоном, і в Україні посилюють екологічні норми і стандарти.

Можливі заходи для виконання вимог MARPOL по скороченню викидів NO_x і SO_x з суден представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Заходи для виконання вимог MARPOL по скороченню викидів NO_x і SO_x

№ п/п	Заходи	NO _x	SO _x
1	Використання палива з низьким вмістом сірки	ні	так
2	Впровадження SCR-технологій	так	так
3	Впровадження EGR-технологій	так	ні
4	Застосування газового палива	так	так

1. Використання палива з низьким вмістом сірки.

Ця міра не звільняє від дотримання норм по оксидах азоту, до того ж при виробництві такого палива багаторазово зростають викиди парникових газів. Таким чином, при поліпшенні екологічної ситуації в певній зоні SECA (табл. 2) в інших районах екологічний стан може значно погіршитись. Дизельне па-

ливо з низьким вмістом сірки приблизно удвічі дорожче за звичайне, і є передумови для подальшого зростання його вартості, що може негативно впливати на конкурентоспроможність ринку в порівнянні з іншими видами транспорту - перерозподіл частини вантажопотоків на автомобільний і залізничний транспорт.

Таблиця 2 – Кількість викидів при згорянні палива середньооборотних морських дизельних двигунів, випущених після 2000 р., г/кВт·год

Тип палива	SO _x	NO _x	CO ₂	Тверді частинки
Мазут (3,5 % сірки)	13,0	9-12	580-630	1,5
Морське дизельне паливо (0,5 % сірки)	2,0	8-11	580-630	0,25-0,50
Очищене дизельне паливо (0,1 % сірки)	0,4	8-11	580-630	0,15-0,25
Природний газ (скраплений)	0,0	2	430-480	0,00

2. Установка скрубєрів (SCR- технології) – встановлення пристроїв, що використовуються для нейтралізації шкідливих речовин вихлопних газів і систем виборчого каталітичного відновлення для очищення вихлопних газів від сірки і діоксидів азоту. Це призведе до збільшення капітальних витрат при установці скрубєрів. За оцінками Інституту морських досліджень Фінляндії, капітальні витрати зростуть приблизно на 50 євро за 1 кВт потужності суднової установки, а операційні - приблизно на 5-7 євро. Це без урахування зниження доходу судновласника із-за скорочення корисного об'єму на судні: устаткування масою близько 500 тонн займає і значний об'єм.

Для суден деяких типів установка скрубєрів вимагає додаткової перевірки остійності, для пасажирського флоту установка скрубєра в принципі проблематична. Ускладнюється і логістика судна в експлуатації, підвищуються вимоги до кваліфікації екіпажу. Нові судна, обладнані реакторами з SCR-процесом, очевидно, будуть менш конкурентоздатні із-за збільшення вартості і підвищених експлуатаційних витрат. Широке оснащення суден скрубєрами буде потребувати збільшення об'ємів додаткових тренінгів для екіпажів, необхідних згідно вимог по огляду і видачі міжнародного посвідчення про енергоефективність судна. Існують і альтернативні суднові установки, що забезпечують зниження викидів

NO_x і SO_x, наприклад, установки з плівковим емульгати́вним трубчастим абсорбером.

3. Рециркуляція газів (EGR - Exhaust Gas Recirculation), що відпрацювали. Принцип роботи системи базується на поверненні визначеної кількості газів, що відпрацювали, назад у впускний колектор. Далі, змішуючись з повітрям і паливом, впускні гази поступають назад в циліндри двигуна разом з новою топливоповітряною сумішшю. Застосування системи рециркуляції відпрацьованих газів, дозволяє зменшити необхідний простір для установки, оптимізувати умови експлуатації і управління, а також розширити її функціональні можливості.

4. Застосування газового палива.

Застосування газового палива дозволяє: повністю виключити викиди сірки і твердих часток, на 80% понизити викиди оксидів азоту, істотно (на 30%) скоротити викиди діоксиду вуглецю. Таке паливо відповідає екологічним стандартам, знижує знос двигуна. На сьогодні це єдиний вид палива з температурою спалаху менше 60°C, який дозволений до застосування на суднах відповідно до міжнародної нормативної бази. Основні складнощі широкого впровадження газу як суднового палива пов'язані з нерозвиненістю системи бункерування газом і з потребою у виділенні значних об'ємів для розміщення паливних місткостей і додаткових установок, наприклад, криогенних.

Найбільш перспективним для бункерування великих суден є СПГ. У країнах, для яких екологічні аспекти мають високий пріоритет і будівництво суден на природному газі економічно стимулюється державою (у Норвегії, Фінляндії та ін.), ці технології широко впроваджуються. Швеція, Фінляндія, Німеччина, а також прибалтійські країни вже приступили до роботи по переведенню суден на СПГ, причому зростання інтересу до газу як до палива визначений і екологічними, і економічними чинниками. До теперішнього часу побудовано і експлуатується близько 100 суден, що використовують СПГ в якості палива [5]. У найближчій перспективі застосування СПГ в якості суднового палива буде поширюватися в першу чергу на поромах, каботажних і лінійних судах.

За оцінками агентства "Pace Global" споживання СПГ для бункерування в Європі до 2030 р. перевищить 8 млрд м³ (близько 6 млн т), а за оцінками Данської морської організації (DMA) досягне 10 млрд м³ (близько 7 млн т).

Отже, вагомість фактора екологічної безпеки судна визначається, з урахуванням: використання палива з низьким вмістом сірки, впровадження SCR-технологій; впровадження EGR-технологій; застосування газового палива.

Контроль якості паливно-мастильних матеріалів, які надходять на судно та організація їх правильного зберігання вимагають виконання ряду обов'язкових заходів і відповідності ємностей, які використовуються для зберігання палива певним параметрам, які відповідають вимогам Правил Морського або Річкового Регістру Судноплавства [6]. Рідке паливо і мастильні матеріали надходять на судно зі сховищ, розташованих на березі, або на плаву. Для визначення якості прийнятих паливно-мастильних матеріалів виконується відбір проб і необхідні випробування палива і мастил, які повинні відповідати вимогам ДСТУ. Зберігання паливно-мастильних матеріалів на судах здійснюється в танках і цистернах, розташованих в міждонному просторі або в бортових відсіках. Ємності даних танків і цистерн повинні бути достатніми для розміщення необхідного обсягу палива і мастил з урахуванням їх розширення. Бункерування суден рідким паливом і мастилами проводиться біля причалу тільки закритим способом через спеціальні приєднувальні пристрої та здійснюється спеціальними суднами-бункерувальниками.

При бункеруванні судна необхідно виміряти об'єм палива, що залишилося в танках. При цьому паливні танки слід заповнювати в певній послідовності. Приймання палива виконується через фільтри. При надходженні високов'язких видів палива треба попередньо їх трохи підігріти для збільшення плинності.

Всі паливні танки обладнуються обмірними пристроями та вентиляційними трубами, на кінцях яких розміщені запобіжні сітки для попередження вибуху газів. Оскільки рідке паливо має велику проникність, то на судні передбачені вузькі сухі розділові відсіки - коффердами між сусідніми приміщеннями і

цистернами, які забезпечують надійність і безпеку зберігання горючих матеріалів.

Для головних і допоміжних двигунів дозволяється застосовувати паливо і мастила тільки тих марок, які рекомендуються інструкцією заводу-виробника. Відповідно до цього на судно можуть бути прийняті паливо і мастила, які мають сертифікат із зазначенням номера ДСТУ або даних аналізу, виконаних в сертифікованих лабораторіях.

Технології захисту від розливів, технічні засоби збору розливів.

Локальні розливи нафтопродуктів негативно впливають на екосистему в цілому. Одним із основних факторів забезпечення надійності бункерування з точки зору екології є застосування технології захисту від розливів та впровадження технічних засобів збору розливів.

До можливих джерел розливів нафтопродуктів відносяться: комплекс зливу нафтопродуктів; нафтоналивні судна (бункерувальники); автопаливозаправники; паливні шланги; обладнання для перекачки нафтопродуктів.

До можливих причин РН (розлив нафтопродуктів) при здійсненні операцій з нафтопродуктами можна віднести: розриви вантажних шлангів; пошкодження технологічного трубопроводу; пошкодження сполучних вузлів і насосів; порушення герметичності резервуарів або насосного обладнання; переливи нафтопродуктів при їх перекачуванні на судно; порушення герметичності насосного обладнання; перекидання або пошкодження залізничних цистерн; посадка на міліну; пошкодження корпусу в результаті зіткнення з іншим судном (причалом) при маневруванні і швартовках. До можливих причин РН при експлуатації віднесені аварійні ситуації, такі як: надмірний крен, пожежа/вибух, пошкодження корпусу в результаті зіткнення з іншим судном при маневруванні і швартовках.

Головними причинами забруднення нафтопродуктами води при бункеруванні вважаються: ушкодження шлангів; переповнювання паливних систем.

Передбачаються наступні заходи щодо попередження забруднення нафтою при бункеруванні суден. Будь-яка бункерувальна операція (прийом наливом палива і мастил) підготовка, проведення і закінчення її, а також заходи, спрямовані на виключення забруднення моря в період бункерувальної операції, повинні виконуватися під безпосереднім керівництвом відповідальної особи (спеціально навченого члену екіпажу, переважно з числа командного складу), яка повинна особисто спостерігати за всіма бункерувальними операціями на судні. Для того, щоб уникнути можливих розливів нафти, не допускаються бункерувальні операції на рейді при несприятливій погоді (хитавиця і вітер). В будь-якому випадку на проведення таких бункерувальних операцій на рейді має бути отримано дозвіл від адміністрації порту. Можливість проведення бункерувальних операцій в залежності від фактичного стану погоди визначають капітани судна бункерувальника та судна, що бункерується.

Локалізація розливу нафти і нафтопродуктів - дії, що забезпечують запобігання подальшого розтікання нафти і нафтопродуктів по землі і /або водній поверхні. Заходи по локалізації РН вважаються завершеними після припинення скидання нафтопродуктів в навколишнє середовище (виконання аварійно-відновлювальних робіт) і припинення розширення зони забруднення [7]. Час локалізації РН на акваторії не повинно перевищувати 4-х годин з урахуванням гідрометеорологічних умов. Для локалізації нафтової плями зазвичай використовують рухливі плаваючі бар'єри - бони. За допомогою бонів нафту відводять в спеціально вибране місце, де її потім збирають механічними засобами. Бони встановлюються на воді за допомогою спеціальних суден, або уздовж берега. Бони ефективні тільки при відсутності хвиль і сильних течій. При хитавиці нафтопродукти можуть піти під бони або розсіятися в товщі води, роблячи їх збір неможливим.

Екологічна безпека бункерування є одним з основних пріоритетів діяльності бункерувальних компаній. Паливо і паливно-мастильні матеріали - речовини, здатні завдати шкоди довкіллю. Процес поводження з ними визначається спеціальними правилами. Паливо, в разі розливу, що транспортується, представляє екологічну небезпеку. Прогнозування здійснюється щодо наслідків максимально можливих розливів нафти і нафтопродуктів на підставі оцінки ризику з урахуванням несприятливих гідрометеорологічних умов, пори року, доби, рельєфу місцевості, екологічних особливостей і характеру використання територій. За результатами оцінки впливу процесів бункерування на навколишнє середовище виявлено, що основними заходами щодо запобігання негативного впливу є попереджувальні, організаційні та інженерні заходи, які повинні бути спрямовані на запобігання розлиття нафтопродуктів.

При бункеруванні паливом в морських портах найбільш вірогідні місця виникнення аварій на:

- акваторії морського порту, включаючи рейди;
- причалі (місце бункерування);
- палубі судна (бункерувальника).

Причини аварійного забруднення водного об'єкту при бункеруванні морських суден, заправці паливом бункерувальника наступні:

- порушення цілісності шлангів, замочної апаратури на причалі;
- руйнування блокуючих трубопроводів;
- переливання і протікання вантажу при його транспортуванні в результаті помилки водія на причалі, судового персоналу, відмови або поломки технічних засобів, зниження рівня безпеки із-за несприятливих погодних умов.

Сценарій виникнення і розвитку аварій, пов'язані з витіком палива на території причалу приведені на рис. 1.

При розтіканні забруднюючих речовин по акваторії локалізація плями розливу оперативно проводиться за допомогою бонових загороджень.

Механічний збір плаваючих на воді забруднюючих речовин здійснюють нафто-сміттєзбиральники. У тих випадках, коли ліквідація розливу на акваторії морського порту механічними способами малоефективна, приймається рішення про його ліквідацію всмоктуючими препаратами (сорбентами), нормативний запас яких є в морських портах. В якості сорбентів застосовуються наступні матеріали:

- неорганічні – пісок (допускається використання інших сорбентів, таких як перліт, вермикулит, вуглецевий сорбент);
- органічні – вилущені качани кукурудзи, солома, подрібнений торф, препарат "Еконадін" на основі торфу, тирса, волокна целюлози;
- синтетичні – обрізки тканин і інші у разі придбання.

При розливі палива в умовах снігового покриву і суцільного льоду його ліквідація виконується нафто-сміттєзбиральником шляхом збору забруднених шарів снігового покриву і льоду в спеціальну ванну. В результаті його танення утворюється водно-нафтова емульсія, яку перекачують погрузним насосом в приймальну камеру нафто-сміттєзбиральника.

При витіку вантажу, розливі на території причалу виконуються наступні заходи:

- обгороджування земляним валом площі розливу при інтенсивному витіку, перекачування розлитого палива у вільні ємності;
- засипка піском, тирсою місця розливу, після повного вбирання рідини вивезення її на місце, визначене службою екологічної безпеки морського порту.

При розливі палива на палубі здійснюються заходи, передбачені Судновим планом надзвичайних заходів по боротьбі із забрудненням моря нафтою [8], а саме: зупинка вантажних насосів; збір рідини підручними засобами в переносні ємності; злив з піддонів і переносних місткостей нафтопродуктів в цистерну через мийну горловину; обробка місць, забруднених нафтопродуктами, сорбуючими матеріалами – тирсою, піском, вуглецевим сорбентом; збір забруднених наливними вантажами матеріалів, що сорбували, в окремі ємності (поліетиленові мішки) для передачі на берег.



Рисунок 1 – Сценарій виникнення і розвитку аварій, пов'язані з протокою палива на причалі

Утворення протоки може супроводжуватися горінням палива за наявності джерела займання. Пожежа протоки створює теплове навантаження, сприяє травмуванню людей і uszkodженню устаткування, що знаходиться в зоні теплової дії.

Врахування природних та техногенних умов середовища.

При проведенні бункерування чинитиметься певний антропогенний вплив на атмосферне повітря, поверхневий шар води водного об'єкту в районах проведення бункерувальних операцій, ґрунт, техногенне, соціальне середовище, тваринний та рослинний світ. Бункерування суден паливом в режимі штатної експлуатації супроводжується утворенням відходів третього-четвертого класів небезпеки, робота насосів надає певне шумове навантаження на територіях морських портів та межах їх санітарно-захисних зон [9].

Встановлено, що при використанні 25000 т/рік дизельного палива, 25000 т/рік мазуту для бункерування суден за технологічними схемами: «автопаливозаправник – судно морське», «судно-бункерувальник – морське судно», заправки паливом судна-бункерувальника за схемою автопаливозаправник – судно-бункерувальник: – сумарні річні викиди для одного морського порту вуглеводнів граничних, ароматичних складають 0,2568 т/рік, сірководню – 0,001 т/рік; – максимальна приземна концентрація вуглеводнів граничних при бункеруванні суден за допомогою автопаливозовозу складає

0,55 ГДК, досягається на відстані приблизно 12 м від автопаливозовозу; – максимальна приземна концентрація вуглеводнів граничних при бункеруванні суден за допомогою бункерувальника складає 0,50 ГДК, досягається на відстані приблизно 71 м від труби бункерувальника[10]. На підставі викладеного зроблений висновок, що бункерування суден паливом може здійснюватися на будь-якому причалі, рейді морського порту з допустимим антропогенним навантаженням на атмосферне повітря.

Для покращення екологічної безпеки процесу бункерування впроваджуються новітні науково-технічні розробки та інженерно-технічні заходи: нафтоналивні судна повинні мати подвійний корпус і подвійне дно; судна повинні мати Свідоцтво Українського річкового реєстра про запобігання забруднення нафтою, стічними водами і сміттям; технологічне обладнання, яке встановлюється на причалі і комплексі зливу, забезпечує «закрити» перекачку нафтопродуктів; здійснюється візуальний огляд за станом плавзасобів на акваторії; конструкція застошовуваних шлангових пристроїв забезпечує безпеку ведення робіт з перевалки нафтопродуктів при поперечних і поперечних рухах танкера, викликаних впливом вітру, хвиль, течії або коливаннями рівня води; вантажні танки судів обладнуються сигналізацією максимального і аварійного рівнів, блокуванням щодо закриття засувки на трубопроводах подачі нафтопродуктів і блокуванням по зупинці відповідних насосів при досягненні аварійного рівня; наяв-

ність і дотримання графіків планово - попереджувальних ремонтів і обслуговування технічних засобів на комплексі зливу, причалі, судах – бункерувальниках.

ВИСНОВКИ. Запропоновано провести дослідження факторів забезпечення надійності бункерування на водному транспорті за наступними параметрами: техніко-технологічними (Technical and technological), комерційними (Commercial), безпековими (Safety), екологічними (Environmental) та провести TCSE-аналіз описаних умов. Визначення екологічних умов впливу на надійність бункерування та структуризація факторів дозволила формалізувати функцію надійності, визначити вагомість факторів та їх взаємовпливи в процесах забезпечення надійності бункерування для охорони навколишнього середовища.

При проведенні дослідження факторів, які впливають на надійність бункерування суден для досягнення екологічної безпеки виявили основні: екологічна безпека суден, технології захисту від розливів, технічні засоби збору розливів, урахування природних та техногенних умов середовища.

Підвищення надійності бункерування потребує застосування судового палива згідно екологічних вимог Міжнародної морської організації (ІМО), впровадження технічних засобів для забезпечення екологічних вимог щодо викидів шляхом встановлення скрубберів (SCR-технології), рециркуляції газів (EGR - Exhaust Gas Recirculation), що відпрацювали; застосування газового палива СПГ.

При здійсненні бункерувальних операцій необхідно виконувати заходи спрямовані на запобігання розливів палива для збереження екології навколишнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кондратенко Ю. П., Підопригора Д. М. Моделювання динамічних характеристик танкера в ході технологічного процесу бункерування суден Автоматизація виробничих процесів. К.: НВК КІА. 2003. №1(16). С. 25–32.
2. Орлова И. В. Экономико-математические методы и моделирование: М.: Инфра-М, 2013. 314 с.
3. Подопригора Д. Н. Алгоритмы и устройства для повышения уровня автоматизации погрузо-разгрузочных операций на танкерах. Матеріали Міжнародної. конф. з управління. «Автоматика 2001» 10–14 вер. 2001 р. Одеса: Поліграфія, 2001. С. 171–173.
4. Bunker Fuel: Supply, Demand and Pricing. Bunkerworld Business Exchange URL:<http://www.iea.org/statistics/> (дата звернення: 16.11.2018).
5. Бондаренко Е. В., Федотов А. М., Шайлин Р. Т. Формирование сети заправочных станций компримированным природным газом. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2014. № 10. С. 23–29.
6. Кокин А. С. Международная морская перевозка груза: право и практика: М.: Инфотропик Медиа, 2012. 784 с.
7. Лисиченко Г. В., Хміль Г. А., Барбашев С. В. Методология оцінювання екологічних ризиків: монографія. Одеса: Астропринт, 2011. 368 с
8. Дичко А. О., Єремєєв І. С. Аналіз ризиків і менеджмент водних екосистем. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2018. № 4. С. 115–122.
9. STANDARD TERMS AND CONDITIONS OF SALE AND DELIVERY URL: <http://www.transbunker.com/bunker/delivery.htm> (дата звернення: 22.10.2018).
10. Leigh-Jones C. Barging Ahead C. Leigh-Jones Maritime reporter and engineering news. 2001. № 5. P. 38–41.

IMPROVED BUNKER RELIABILITY ON WATER-TRANSPORT AS FACTOR OF PROVIDING ECOLOGICAL SAFETY

O. Melnik, O. Timoshuk

State University of Infrastructure and Technology

vul. Kyrylivs'ka, 9, Kyiv, 04071, Ukrainâ. E-mail: olga-melnik81@ukr.net

Purpose. The purpose of the article is the research of reliability of the process of bunkering of ships. The reliability is a property of a technical object to maintain the values of all parameters that characterize the ability to perform the required functions in specified modes and conditions of application, maintenance, storage and transportation. When investigating the reliability of bunkering processes on water transport, one of the important factors is the provision of environmental safety. In order to analyze the reliability of bunkering processes on water transport, the main factors for ensuring the reliability of bunkering are determined. **Methodology.** We have chosen a statistically-mathematical method for obtaining parameters of the reliability function. This method consists of ranking of reliability factors. **Results.** Determination of environmental conditions influencing the reliability of bunkering and structuring of factors allowed to formalize the function of reliability, to determine the importance of factors and their interactions in the processes of ensuring the reliability of bunkering for environmental protection. **Originality.** For the first time it has been proposed the research of the factors ensuring the reliability of bunkering to conduct the following parameters: technical and technological, commercial (Commercial), security (Safety), environmental (Environmental) and conduct TCSE-analysis of the described conditions. **Practical value.** The obtained results are the importance of the environmental safety factor of the ship is determined, taking into account: the use of low-sulfur fuel, the introduction of SCR-technologies; introduction of EGR technologies; use of gas fuel. **Conclusions.** Determination of environmental conditions influencing the reliability of bunkering and structuring of factors allowed to formalize the function of reliability, to determine the importance of factors and their interactions in the processes of ensuring the reliability of

bunkering for environmental protection. Improving the reliability of bunkers requires the use of marine fuels in accordance with the environmental requirements of the International Maritime Organization (IMO), the introduction of technical means to ensure environmental requirements for emissions. When carrying out bunkering operations it is necessary to carry out measures aimed at preventing fuel spills to preserve ecology of the environment.

Key words: bunkering, reliability, ecological compatibility, TSSE-analysis, water transport, fuel.

REFERENCES

1. Kondratenko, Yu. P., Pidopryhora, D. M. (2003), "The simulation of the dynamic characteristics of the tanker during the technological process of the bunkering of the ships", *Automation of production processes*, vol.1, pp. 25–32.
2. Orlova, I. V. (2013), *Ekonomiko-matematicheskie metody i modelirovanie* [Economic-mathematical methods and modeling], Infra-M, Moscow, Russia.
3. Podoprighora, D. N. (2001), "Algorithms and devices for increasing the level of automation of loading and unloading operations on tankers", *Algoritmy i ustrojstva dlja povyshenija urovnja avtomatizacii pogruzo-razgruzochnyh operacij na tankerah* [Materials of International. conferences. from the management Automation 2001] Odesa, Poligrafija, September 10 - 14, 2001.
4. 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).
5. Bondarenko, E. V., Fedotov, A. M., Shajlin, R. T. (2014), "Forming of network of the filling stations by the condensated natural gas", *Transactions of Orenburgskiy State University*, vol. 10, pp. 23–29.
6. Kokin, A. S. (2012), *Mezhdunarodnaja morskaja perevozka gruza: pravo i praktika* [International Shipping: Law and Practice], Infotropik, Moscow, Russia.
7. Lysychenko, H. V., Khmil, H. A., Barbashev, S. V. (2011), *Metodolohiia otsiniuvannia ekolohichnykh ryzykiv: monohrafiia*. [Methodology for assessing environmental risks], Astroprint, Odesa., Ukraine.
8. Dychko, A. O., Yeremieiev, 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.
9. "STANDARD TERMS AND CONDITIONS OF SALE AND DELIVERY" available at:<http://www.transbunker.com/bunker/delivery/>(access ed October 22, 2018).
10. Li-Dzhons, C. (2001), "Barging Ahead", *Maritime reporter and engineering news*, Vol. 5, pp. 38-41.

Стаття надійшла 05.11.2018.