

Хуссейн Ю.М.

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ОПЕРАЦІЙНИМИ РИЗИКАМИ ПРИ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБОТАХ У ПОРТАХ

Метою дослідження є розробка методики оцінки операційних ризиків для її реалізації у системі підтримки прийняття рішень при виконанні вантажно-розвантажувальних робіт у порту в умовах небезпечних ситуацій із судном. Для досягнення мети дослідження розглядаються тільки ті операційні ризики, що зустрічаються під час вантажно-розвантажувальних робіт у портах, що сприяє ефективному управлінню ними. Запропоновано з множини машин, механізмів й обладнання, які використовуються під час вантажно-розвантажувальних робіт у портах, розглянуті лише п'ять типів машин, що найчастіше працюють у подібних ситуаціях. Такими типами обладнання обрані термінальні тягачі, крани Gottwald, портальні крани, механічні укладачі, вилочні навантажувачі. Найбільш суттєвим науковим результатом є застосування методу нечіткого аналізу ієрархії, що дозволило врахувати виявлені ризики, які виникають при роботі розглянутих машин, і ранжувати їх у порядку важливості. Даний метод також застосований для порівняння потенційних ризиків для всіх розглянутих видів обладнання. Встановлені найважливіші ризики, з яким стикається кожен вид досліджуваного обладнання. Запропоновані запобіжні заходи, які відповідають кращим практикам, що дозволить зменшити шкідливі наслідки для кожного ризику, описаного для конкретного виду обладнання. Відповідно до порядку важливості розрахованих ризиків доведено, що ризик виникнення пожежі або вибуху при заправці розглянутих видів машин є найбільш критичним ризиком, що спостерігається. Розроблений підхід та отримані за запропонованою методикою управління операційними ризиками машин й обладнання, що використовуються в вантажно-розвантажувальних роботах, результати фактично є формально-логічним апаратом, який застосовується у системі підтримки прийняття рішень для реагування на небезпечні стани зі судном у порту.

Ключові слова: судноводіння, безпека судноводіння, система підтримки прийняття рішень, вантажно-розвантажувальні роботи, судно, ситуація, обстановка, управління судном, порт, прийняття рішень, безпека, ризик, машина.

Постановка проблеми. Управління операційними ризиками (УОР) має важливе значення в кожній галузі, але особливого значення воно набуває в морському секторі, який займає важливе місце у світовій торгівлі. Сучасні тенденції розвитку морської галузі спрямовані на розвиток «розумних» портів, всебічного втілення різноманітних систем підтримки прийняття рішень (СППР) на різних етапах плавання, у різноманітних умовах, у тому числі таких, що характеризуються неоднозначністю, неточністю та суперечливістю інформації, що надходить, швидкою динамікою зміни обстановки, необхідністю приймати нестандартні рішення. При виникненні таких ситуацій у порту часто виникає необхідність швидкого та безпечного проведення вантажно-розвантажувальних операцій із залучення всього можливого комплексу обладнання. Будучи важливою частиною морського операційного процесу, при виникненні надзвичайних ситуацій у порту, необхідно провести аналіз ризиків вантажно-розвантажувальної техніки, що використовується в цих операціях. Для оцінки безпеки використовується метод нечіткого аналізу ієрархій (MAI). У цьому контексті проаналізовано потенційні ризики цих машин, що використовуються в портах, і оцінено, як ці ризики і наслідки можуть бути зменшені. Отримані результати можуть бути використані як початкові дані для функціонування СППР. Така система не тільки пропонуватиме для осіб, що приймають рішення, конкретні напрямки дій для ліквідації небезпечної ситуації. Система також зможе оцінювати потенційні ризики застосування вантажно-розвантажувальної техніки в конкретних умовах небезпечної ситуації в порту.

Аналіз літератури. Судноплавство, будучи однією з найважливіших галузей промисловості, надає найбільш вигідні з точки зору економіки методи транспортування різноманітних вантажів між портами у різних країнах світу [1, 2]. В останні десятиріччя виконано величезну роботу щодо підвищення безпеки судноплавства, у тому числі у портах при виконанні вантажно-розвантажувальних робіт. Але завжди є деяка ймовірність (ризик) виникнення небажаних подій при виконанні цих робіт. Тому поняття «ризик» завжди розглядалося як основний фактор, що впливає на судноплавство на всіх ділянках виконання плавання [1, 3, 4]. Більш того, на сьогоднішній час управління операційними ризиками набуває все більш важливого значення, враховуючи особливе місце судноплавства у світовій торгівлі [5–8]. Розглянемо операційні ризики, що мають місце в судноплавстві, для подальшого дослідження управління операційними ризиками в цій галузі.

У загальному випадку операційні ризики у судноплавстві можна поєднати у дві великі групи: ризики, що виникають під час морських перевезень, і ризики, що виникають під час вантажно-розвантажувальних робіт у портах. Причому дуже важкою вважається ситуація, що може статися у порту, коли до надзвичайної події додаються несправності вантажно-розвантажувальної техніки, що виникають під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт у портах. Для врахування і порівняння ризиків, з якими стикаються фахівці при експлуатації таких машин у портах, можна застосувати МАІ та його модифікацію – метод нечіткого аналізу ієрархій (МНАІ). Крім того, для кожного потенційного ризику можна запропонувати запобіжні заходи для зменшення самого факту виникнення ризиків і можливих наслідків від їхнього настання.

Таким чином, виконання вантажно-розвантажувальних робіт у портах вимагає управління операційними ризиками на раціональній основі.

Метою дослідження є розробка методики оцінки операційних ризиків для її реалізації у системі підтримки прийняття рішень при виконанні вантажно-розвантажувальних робіт у порту в умовах небезпечних ситуацій з судном.

Виклад основного матеріалу. Загальний характер управління операційним ризиком

Виконання організацією своїх бізнес-функцій завжди приводить до виникнення операційного ризику. Основними причинами його виникнення є невдачі (найчастіше – неадекватні) внутрішні процеси, що протікають в організації, або зовнішні події, що мають безпосередній або опосередкований вплив на неї. Але це – не всі причини виникнення ризику. Основні компоненти операційного ризику та їхні взаємозв'язки наведені на рис. 1.

Управління операційним ризиком являє собою безперервний циклічний процес, що складається з оцінки ризику, прийняття рішень щодо нього та впровадження засобів контролю ризику, у результаті чого відбувається прийняття, пом'якшення або уникнення ризику [9]. Отже, управління операційними ризиками можна визначити як нагляд за ними, включаючи ризик збитків, що виникають через неадекватні або неправильні внутрішні процеси, що відбуваються у системі, людський фактор або зовнішні події [10].

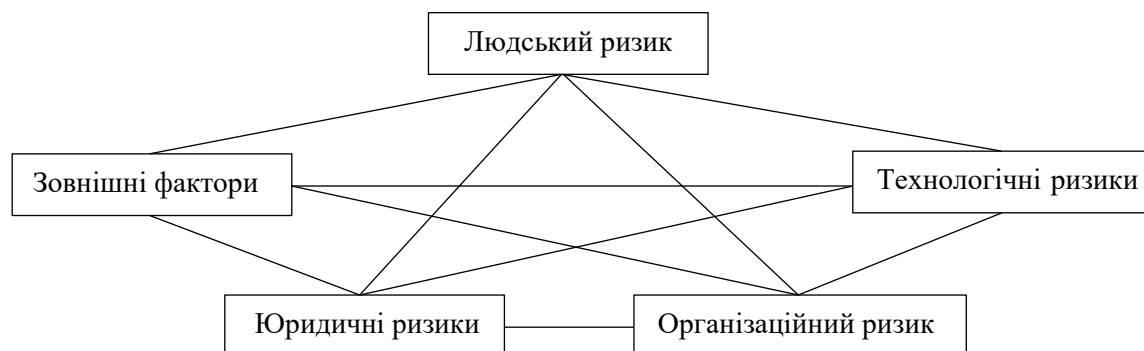


Рисунок 1– Основні складові операційного ризику та взаємозв'язки між ними

Операційні ризики в судноплавстві

Етимологія поняття «ризик» пов'язана з небезпеками і невизначеністю морської торгівлі. Втрати від морського транзиту вважаються ризиком і пов'язані з непередбачуваною природою моря, досвідом капітана і надійністю судна, про яке йде мова [11]. Операційні ризики в судноплавстві складаються з ризиків, що виникають під час морських перевезень, і ризиків, що виникають під час вантажно-розвантажувальних робіт у портах (рис. 2). До першої групи операційних ризиків відносяться зіткнення, пожежі, терористичні акти, погані погодні умови і несправності вантажних систем. Людський фактор, погані погодні умови, поломки машин й обладнання, несправності в кріпленні та збої в програмному забезпеченні складають групу операційних ризиків, що виникають під час вантажно-розвантажувальних робіт у портах.

Дослідження ризиків у машинах й обладнанні за допомогою МНАІ

Для виконання вантажно-розвантажувальних робіт у портах використовують лінійку різноманітних машин й обладнання. Проаналізуємо ризики, що виникають у використовуваних у портах машинах за допомогою МНАІ. Ризики перераховані в порядку важливості і запропоновані запобіжні заходи для зменшення кожного ризику і його наслідків. Крім того, метод нечіткого аналізу ієрархій використовується для порівняння потенційних ризиків, з якими можуть зіткнутися всі розглянуті машини й обладнання.



Рисунок 2 – Загальна класифікація операційних ризиків у судноплавстві

У вантажно-розвантажувальних роботах у портах використовуються термінальні тягачі, екскаватори, навантажувачі, механічні укладачі (контейнеровози з повними та порожніми контейнерами), мобільні навантажувальні крани на гумових колесах (RTG), мобільні навантажувальні крани на залізничному ході (RMG), крани типу «судно-берег» (SSG), мобільні портові крани Gottwald, портальні крани [12].

З усієї номенклатури обладнання виділимо множину {Термінальні тягачі; Крани Gottwald; Портальні крани; Механічні укладачі; Вилочні навантажувачі}. Ризики, пов'язані з кожним видом машин, позначимо як Ri , ($i = \overline{1, 5}$), де i – вид машин з введеної множини. Кожен Ri представляє

собою один підфакторний набір з виразом r_{ij} – де j номер ризику для i –го виду (групи) машин (обладнання).

Тоді ризики, що виникають в портовому обладнанні і машинах, утворюють множину $R = \{R1, R2, R3, R4, R5\}$, де $R1$ – ризики, що виникають у термінальних тягачах; $R2$ – ризики, пов'язані з кранами Gottwald; $R3$ – ризики, що виникають у портальних кранах; $R4$ – ризики, пов'язані з механічними укладачами; $R5$ – ризики, пов'язані з виловними навантажувачами.

Ризики, характерні для термінальних тягачів (R1)

Термінальний тягач – це сидельний тягач, який переміщує напівпричепа у межах вантажного двору, складського приміщення або інтермодального об'єкта. Дії та ризики, з якими стикається термінальний тягач, показані у таблиці 1, а нечіткі перетворення МНАІ для ризиків, що виникають на термінальному тягачі, показані в таблицях 2–4.

Отже надаємо перелік описів основних ризиків що виникають у термінальних тягачах:

r_{11} – ризик виникнення пожежі/вибуху внаслідок наближення до зони заправки з предметами, які можуть спричинити пожежу та вибух, а також виконання заправки без дотримання інструкції з заправки;

r_{12} – ризик зіткнення термінальних тягачів і транспортних засобів через нерегульований транспортний потік, ризик розчавлення працівників терміналу тягачем;

r_{13} – ризик перекидання термінального тягача та/або контейнера в результаті швидкого маневрування;

r_{14} – ризик контакту з кислотою або ураження електричним струмом внаслідок невикористання захисних засобів або недотримання інструкцій під час контролю акумуляторів, ризик вибуху акумуляторів;

r_{15} – ризик травмування персоналу такими деталями, як штифти та підшипники, що виймаються під час операцій з видалення штифтів у місцях з'єднання машини.

Таблиця 1 – Діяльність/ризики, характерні для термінального тягача

	Діяльність	Ризики	Ймовірність	Тяжкість	Загалом
r_{11}	Заправка	Ризик виникнення пожежі/вибуху внаслідок наближення до зони заправки з предметами, які можуть спричинити пожежу та вибух, а також виконання заправки без дотримання інструкції по заправці	2	5	10
r_{12}	Транспортування контейнерів на майданчики для штабелювання	Ризик контакту з кислотою або ураження електричним струмом внаслідок невикористання засобів захисту або недотримання інструкцій під час роботи з акумуляторами, ризик вибуху акумуляторів	2	4	8
r_{13}	Процес перевірки електриками акумуляторної системи	Ризик контакту з кислотою або ураження електричним струмом внаслідок невикористання засобів захисту або недотримання інструкцій під час роботи з акумуляторами, ризик вибуху акумуляторів	2	3	6
r_{14}	Роботи з технічного обслуговування тягача, що	Ризик травмування персоналу в результаті видалення деталей, таких як штифти і підшипники, під час операцій	4	2	8

	виконуються технічним відділом	видалення штифтів на точках з'єднання машини			
r_{15}	Транспортування контейнерів на майданчики для штабелювання	Ризик перекидання термінального тягача та/або контейнера внаслідок швидкого маневрування	5	1	5

Таблиця 2 – Матриця попарного порівняння

	r_{11}	r_{12}	r_{13}	r_{14}	r_{15}
r_{11}	1	2	3	4	6
r_{12}	$\frac{1}{2}$	1	2	4	5
r_{13}	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	3	4
r_{14}	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	1	2
r_{15}	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1

Таблиця 3 – Нечітка матриця попарного порівняння

	r_{11}	r_{12}	r_{13}	r_{14}	r_{15}
r_{11}	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)	(3, 4, 5)	(5, 6, 7)
r_{12}	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(3, 4, 5)	(4, 5, 6)
r_{13}	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(3, 4, 5)
r_{14}	($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$)	($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)
r_{15}	($\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$)	($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$)	($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, 1, 1)

Таблиця 4 – Нечіткі кроки МНАІ для термінального тягача

	Нечітке середнє геометричне значення ($\check{r}$)	Нечітка вага ($\bar{w}$)	Вага (w)	Нормалізована вага ($\bar{w}$)	Ранг
r_{11}	(1,97; 2,70; 3,35)	(0,307; 0,465; 0,640)	0,419	0,414	1
r_{12}	(1,64; 1,82; 1,97)	(0,256; 0,313; 0,378)	0,281	0,277	2
r_{13}	(1,25; 1,15; 1,11)	(0,173; 0,176; 0,189)	0,179	0,177	3
r_{14}	(0,56; 0,53; 0,50)	(0,087; 0,091; 0,094)	0,081	0,080	4
r_{15}	(0,44; 0,33; 0,28)	(0,069; 0,058; 0,053)	0,0531	0,052	5

Для зменшення ризиків та наслідки ризиків, що виникають у термінальних тягачах, можна рекомендувати такі запобіжні заходи:

p_{11} : Використовувати пояснювальні знаки різними мовами в зоні заправки, закрити цю зону і забезпечити доступ до неї тільки уповноваженому персоналу за картками, мати пожежну команду і транспортний засіб досить близько до цієї зони;

p_{12} : Використання чітких попереджувальних дорожніх знаків різними мовами, безпечний інтервал між перемикаваннями світлофора, використання бар'єрів у місцях, де транспортний потік дуже складний;

p_{13} : Завантаження програмного забезпечення для обмеження швидкості на двигуни термінальних тягачів, призначення польового персоналу для перевірки правильності кріплення контейнера, завантаженого на тягач, перед виїздом;

p_{14} : Проведення регулярних тренінгів для персоналу, відповідального за заміну акумуляторів та електротехнічні роботи, повне забезпечення персоналу засобами індивідуального захисту, наявність добре обладнаного медпункту та присутність медичного персоналу в майстерні технічного обслуговування;

p_{15} : Забезпечити весь персонал необхідними засобами індивідуального захисту та призначити польовий персонал для нагляду за їх використанням, мати добре обладнаний медпункт та медичний персонал в майстерні технічного обслуговування.

Ризики, з якими стикаються крани Gottwald (R2)

Крани Gottwald – це мобільні портові крани, які переміщують контейнери, генеральні та проектні вантажі в багатоцільовому терміналі, здебільшого мають дизель-електричний двигун. Діяльність та ризики, з якими стикаються крани Gottwald, наведені в таблиці 5.

Основними ризиками, що виникають у кранах Gottwald, є:

r_{21} – ризик розриву та вибуху кабелю внаслідок потрапляння транспортних засобів та працівників у зону руху крана, здавлювання високовольтного кабелю транспортними засобами;

r_{22} – ризик вибуху гідравлічного шланга внаслідок роботи портової машини без усунення високого гідравлічного тиску в гідравлічній напірній магістралі та/або портової машини без дотримання запобіжних заходів;

r_{23} – ризик обриву канатів лебідки через відсутність технічного обслуговування канатів і шківів, ризик падіння вантажу в результаті обриву канатних шківів;

r_{24} – ризик пожежі та вибуху через розбризкування палива, мастила;

r_{25} – ризик пошкодження вантажопідйомних засобів, таких як канати та гаки, а також падіння вантажу внаслідок використання крана понад допустиму вантажопідйомність через недотримання оператором зазначених інструкцій з експлуатації крана.

Таблиця 5 – Діяльність/ризики, характерні для кранів Gottwald

	Діяльність	Ризики	Ймовірність	Тяжкість	Загалом
r_{21}	Завантаження та розвантаження	Ризик розриву та вибуху кабелю внаслідок потрапляння транспортних засобів та працівників у зону руху крана, здавлювання високовольтного кабелю транспортними засобами	3	5	15
r_{22}	Обслуговування, усунення несправностей і контроль процесу	Ризик вибуху гідравлічного шланга внаслідок роботи портової машини без усунення високого гідравлічного тиску в гідравлічній напірній магістралі та/або портової машини без дотримання запобіжних заходів	3	4	12
r_{23}	Завантаження та розвантаження	Ризик обриву канатів лебідки через відсутність технічного обслуговування канатів і шківів, ризик падіння вантажу в результаті обриву канатних шківів	2	5	10
r_{24}	Заправка дизель-генераторів, які забезпечують електроенергією кран	Ризик пожежі та вибуху через розбризкування палива, мастила	2	4	8

r_{25}	Завантаження та розвантаження	Ризик пошкодження вантажопідйомних засобів, таких як канати та гаки, а також падіння вантажу внаслідок використання крана понад допустиму вантажопідйомність через недотримання оператором зазначених інструкцій з експлуатації крана	1	5	5
----------	-------------------------------	---	---	---	---

Нечіткі кроки МНАІ для ризиків, що виникають при роботі крана Gottwald, показані в таблицях 6-8.

Таблиця 6 – Матриця попарного порівняння

	r_{21}	r_{22}	r_{23}	r_{24}	r_{25}
r_{21}	1	1	2	3	3
r_{22}	1	1	3	3	2
r_{23}	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1	2	1
r_{24}	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	2
r_{25}	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	1

Таблиця 7 – Нечітка матриця попарного порівняння

	r_{21}	r_{22}	r_{23}	r_{24}	r_{25}
r_{21}	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)
r_{22}	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(1, 2, 3)
r_{23}	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(1, 1, 1)
r_{24}	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)
r_{25}	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, 1, 1)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, 1, 1)

Таблиця 8 – Нечіткі кроки МНАІ для кранів Gottwald

	Нечітке середнє геометричне значення ($\check{r}$)	Нечітка вага ($\bar{w}$)	Вага (w)	Нормалізована вага ($\bar{w}$)	Ранг
r_{21}	(1,32; 1,78; 2,17)	(0,214; 0,321; 0,437)	0,324	0,319	1
r_{22}	(1,32; 1,78; 2,17)	(0,214; 0,321; 0,437)	0,324	0,319	1
r_{23}	(0,76; 0,85; 0,89)	(0,123; 0,153; 0,180)	0,152	0,150	2
r_{24}	(0,87; 0,61; 0,49)	(0,141; 0,110; 0,083)	0,116	0,177	3
r_{25}	(0,70; 0,53; 0,44)	(0,114; 0,095; 0,089)	0,099	0,098	4

Для зменшення ризиків та наслідки ризиків, що виникають для кранів Gottwald, можна рекомендувати такі запобіжні заходи:

p_{21} : Проходження високовольтного кабелю на висоті, що запобігає його перетисканню / розриву, використання мобільних загороджень для запобігання в'їзду транспортних засобів в робочу зону крана Gottwald, або призначення навченого персоналу на місці проведення робіт;

p_{22} : Використовувати датчик тиску та програмне забезпечення для запобігання початку роботи без зняття гідравлічного тиску, регулярно інформуючи про це персонал;

p_{23} : Планування регулярного технічного обслуговування кранових канатів і блоків та використання програмного забезпечення для нагадування з метою запобігання забуванню;

p_{24} : Забезпечити, щоб заправку здійснював лише уповноважений та навчений персонал, а також наявність достатньої кількості засобів реагування на надзвичайні ситуації для запобігання поширенню вогню у разі пожежі;

p_{25} : Встановлення датчиків на канатах лебідки та використання програмного забезпечення, яке б дозволяло автоматично зупиняти кран/сповіщати уповноважених осіб у разі перевищення безпечної межі підйому вантажу.

Ризики, що виникають на порталних кранах (R3)

Портальний кран є потужною машиною, яка використовується для підйому дуже великих об'єктів (морські контейнери та автомобілі). Кожен порталний кран складається з пари вертикальних сталевих опор з довгою горизонтальною колією, з'єднаною з верхньою частиною кожної опори. Діяльність та ризики, з якими стикаються порталні крани, показані у таблиці 9.

Отже надаємо перелік описів основних ризиків, що виникають у порталних кранах:

r_{31} – ризик обриву канатів лебідки через відсутність технічного обслуговування канатів і блоків, ризик падіння вантажу внаслідок обриву канатних блоків;

r_{32} – ризик сходження крана з рейок через деформацію коліс або рейок крана та/або швидкий рух крана під час навантаження;

r_{33} – ризик пошкодження вантажопідйомного обладнання, такого як канати та гаки, а також падіння вантажу внаслідок використання оператором крана з перевищенням вантажопідйомності через недотримання зазначених інструкцій з експлуатації крана;

r_{34} – ризик падіння персоналу з висоти внаслідок початку роботи без вживання заходів безпеки під час виконання робіт з контролю та технічного обслуговування, що проводяться на верхівці крана;

r_{35} – ризик зіткнення в результаті завантаження / паркування транспортного засобу на підкрановій доріжці.

Таблиця 9. Діяльність/ризики, характерні для порталних кранів

	Діяльність	Ризики	Ймовірність	Тяжкість	Загалом
r_{31}	Обробка та укладання вантажу	Ризик обриву канатів лебідки через відсутність технічного обслуговування канатів і блоків, ризик падіння вантажу внаслідок обриву канатних блоків	2	5	10
r_{32}	Портальна естакада	Ризик сходження крана з рейок через деформацію коліс або рейок крана та/або швидкий рух крана під час навантаження	1	5	5
r_{33}	Обробка та укладання вантажу	Ризик пошкодження вантажопідйомного обладнання, такого як канати та гаки, а також падіння вантажу внаслідок використання оператором крана з перевищенням вантажопідйомності через недотримання зазначених інструкцій з експлуатації крана	2	4	8
r_{34}	Роботи з технічного обслуговування, ремонту та контролю	Ризик падіння персоналу з висоти внаслідок початку роботи без вживання заходів безпеки під час виконання робіт з контролю та технічного обслуговування, що проводяться на верхівці крана	4	2	8
r_{35}	Портальна естакада	Ризик зіткнення в результаті завантаження / паркування транспортного засобу на підкрановій доріжці	1	4	4

Нечіткі кроки МНАІ для ризиків, що виникають при роботі порталних кранів, наведені в таблицях 10-12.

Таблиця 10 – Матриця попарного порівняння

	r_{31}	r_{23}	r_{33}	r_{34}	r_{35}
r_{31}	1	1	2	3	4
r_{32}	1	1	2	3	4
r_{33}	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1	2
r_{34}	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	1	3
r_{35}	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1

Таблиця 11 – Нечітка матриця попарного порівняння

	r_{31}	r_{23}	r_{33}	r_{34}	r_{35}
r_{31}	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)	(3, 4, 5)
r_{32}	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)	(3, 4, 5)
r_{33}	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)
r_{34}	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)
r_{35}	($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$)	($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, 1, 1)

Таблиця 12 – Нечіткі кроки МНАІ для порталних кранів

	Нечітке середнє геометричне значення ($\check{r}$)	Нечітка вага ($\bar{w}$)	Вага (w)	Нормалізована вага ($\bar{w}$)	Ранг
r_{31}	(1,43; 1,89; 2,27)	(0,222; 0,321; 0,422)	0,322	0,318	1
r_{32}	(1,43; 1,89; 2,27)	(0,222; 0,321; 0,422)	0,322	0,318	1
r_{33}	(1,00; 0,87; 0,80)	(0,155; 0,148; 0,149)	0,151	0,149	2
r_{34}	(0,87; 0,80; 0,86)	(0,135; 0,136; 0,141)	0,138	0,136	3
r_{35}	(0,64; 0,44; 0,34)	(0,100; 0,074; 0,063)	0,079	0,078	4

Для зменшення ризиків та наслідки ризиків, що виникають для порталних кранів, можна рекомендувати такі запобіжні заходи:

r_{31} : Планування регулярного технічного обслуговування кранових канатів і блоків та використання програми-нагадування для запобігання забуванню;

r_{32} : Перевірка та обслуговування коліс і рейок крана через регулярні проміжки часу, використання програмного забезпечення з нагадуванням для запобігання зриву цього обслуговування, використання програмного забезпечення, яке встановлює обмеження швидкості кранів відповідно до ваги вантажу, який вони перевозять;

r_{33} : Встановлення датчиків на канатах лебідки та використання програмного забезпечення, яке б дозволяло автоматично зупиняти кран/сповіщати уповноважених осіб у разі перевищення безпечної межі підйому вантажу;

r_{34} : Періодично проводити навчання персоналу, який працює на висотних кранах, для роботи на висоті, а також призначати персонал на місці для контролю за роботою персоналу на висоті для обслуговування крана;

r_{35} : Використання чітких попереджувальних знаків різними мовами біля підкранової колії, забезпечення належного освітлення, щоб рейки крана було видно вночі.

Ризики, що виникають з механічними укладачами (R4)

Механічний укладач – це транспортний засіб, що використовується для обробки інтермодальних вантажних контейнерів на невеликих терміналах або в портах середнього розміру. Механічні укладачі здатні дуже швидко транспортувати контейнери на короткі відстані і складати їх у різні ряди в залежності від доступу до них. Дії та ризики, з якими стикається механічний укладач, показані в таблиці 13.

Отже надаємо перелік описів основних ризиків, що виникають у механічних укладачах:

r_{41} – ризик пожежі/вибуху в результаті наближення до зони заправки з предметами, які можуть спричинити пожежу та вибух, а також виконання заправки без дотримання інструкції з заправки;

r_{42} – ризик нещасного випадку в результаті швидкого маневрування операторів механічних укладачів на території порту та/або перевищення встановленого обмеження швидкості;

r_{43} – ризик падіння контейнера і пошкодження машин і устаткування в результаті неправильної роботи ламп, що вказують на положення поворотних замків спредера;

r_{44} – ризик зіткнення з транспортними засобами, такими як легкові та вантажні автомобілі, а також з працівниками, які заїжджають у робочу зону механічного укладача;

r_{45} – ризик контакту з кислотою або ураження електричним струмом внаслідок невикористання захисних засобів або недотримання інструкцій під час роботи з акумуляторами, ризик вибуху акумуляторів.

Таблиця 13 – Діяльність/ризик, характерні для механічних укладачів

	Діяльність	Ризики	Ймовірність	Тяжкість	Загалом
r_{41}	Заправка паливом	Ризик пожежі/вибуху в результаті наближення до зони заправки з предметами, які можуть спричинити пожежу та вибух, а також виконання заправки без дотримання інструкції з заправки	1	5	5
r_{42}	Штабелювання вантажу	Ризик нещасного випадку в результаті швидкого маневрування операторів механічних укладачів на території порту та/або перевищення встановленого обмеження швидкості	2	3	6
r_{43}	Штабелювання вантажу	Ризик падіння контейнера і пошкодження машин і устаткування в результаті неправильної роботи ламп, що вказують на положення поворотних замків спредера	3	3	9
r_{44}	Штабелювання вантажу	Ризик зіткнення з транспортними засобами, такими як легкові та вантажні автомобілі, а також з працівниками, які заїжджають у робочу зону механічного укладача	1	4	4
r_{45}	Контроль та обслуговування акумуляторної системи	Ризик контакту з кислотою або ураження електричним струмом внаслідок невикористання захисних засобів або недотримання інструкцій під час роботи з акумуляторами, ризик вибуху акумуляторів	4	2	8

Нечіткі кроки МНАІ для ризиків, що виникають при роботі механічного укладача, наведені в таблиці 14-16.

Таблиця 14 – Матриця попарного порівняння

	r_{41}	r_{42}	r_{43}	r_{44}	r_{45}
r_{41}	1	1	2	3	5
r_{42}	1	1	2	2	3
r_{43}	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1	3
r_{44}	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	1	4
r_{45}	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	1

Таблиця 15 – Нечітка матриця попарного порівняння

	r_{41}	r_{42}	r_{43}	r_{44}	r_{45}
r_{41}	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)
r_{42}	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)
r_{43}	(1, 1, 1)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)
r_{44}	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(3, 4, 5)
r_{45}	($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$)	(1, 1, 1)

Таблиця 16 – Нечіткі кроки МНАІ для механічних укладачів

	Нечітке середнє геометричне значення ($\check{r}$)	Нечітка вага ($\bar{w}$)	Вага (w)	Нормалізована вага ($\bar{w}$)	Ранг
r_{41}	(1,52; 1,97; 2,35)	(0,237; 0,338; 0,439)	0,338	0,335	1
r_{42}	(1,15; 1,64; 2,05)	(0,180; 0,282; 0,382)	0,281	0,278	2
r_{43}	(1,15; 0,94; 0,85)	(0,180; 0,162; 0,159)	0,167	0,165	3
r_{44}	(1,08; 0,920; 0,84)	(0,170; 0,158; 0,157)	0,162	0,160	4
r_{45}	(0,46 0,35; 0,29)	(0,072; 0,061; 0,054)	0,062	0,062	5

Для зменшення ризиків та наслідки ризиків, що виникають для механічних укладачів, можна рекомендувати такі запобіжні заходи:

p_{41} : Використовувати пояснювальні таблички різними мовами в зоні заправки, закрити цю зону і забезпечити доступ до неї тільки уповноваженого персоналу за картками, мати пожежну команду і транспортний засіб досить близько до цієї зони;

p_{42} : Завантаження програмного забезпечення для обмеження швидкості на двигуни механічних укладачів;

p_{43} : Регулярно перевіряти та обслуговувати лампи поворотних замків, забезпечуючи належне освітлення робочої зони під час роботи вночі;

p_{44} : Використання чітких попереджувальних знаків різними мовами, використання бар'єрів навколо зони роботи механічних укладачів;

p_{45} : Проведення регулярних тренінгів для персоналу, відповідального за заміну акумуляторів та електротехнічні роботи, повне забезпечення персоналу засобами індивідуального захисту, наявність добре обладнаного медпункту та присутність медичного персоналу в майстерні технічного обслуговування.

Ризики, пов'язані з вилковими навантажувачами (R5)

Вилковий навантажувач – це промисловий навантажувач, який використовується для підйому та переміщення матеріалів на невеликі відстані. Дії та ризики, пов'язані з вилковим навантажувачем, наведені в таблиці 17.

Перелік описів основних ризиків, що виникають у вилкових навантажувачах:

r_{51} – ризик пожежі/вибуху в результаті наближення до зони заправки з предметами, які можуть спричинити пожежу та вибух, а також виконання заправки без дотримання інструкції з заправки;

r_{52} – ризик зіткнення з транспортними засобами, такими як легкові та вантажні автомобілі, а також з працівниками, які заїжджають у робочу зону механічного укладача;

r_{53} – ризик падіння контейнера і пошкодження машин і устаткування в результаті неправильної роботи ламп, що вказують на положення поворотних замків спредера;

r_{54} – ризик нещасного випадку в результаті швидкого маневрування операторів механічних укладачів на території порту та/або перевищення встановленого обмеження швидкості;

r_{55} – ризик контакту з кислотою або ураження електричним струмом внаслідок невикористання захисних засобів або недотримання інструкцій під час роботи з акумуляторами, ризик вибуху акумуляторів.

Таблиця 17 – Діяльність/ризик, характерні для вилкових навантажувачів

	Діяльність	Ризики	Ймовірність	Тяжкість	Загалом
r_{51}	Заправка паливом	Ризик пожежі/вибуху в результаті наближення до зони заправки з предметами, які можуть спричинити пожежу та вибух, а також виконання заправки без дотримання інструкції з заправки	1	5	5
r_{52}	Обробка та штабелювання вантажу	Ризик зіткнення навантажувачів і транспортних засобів внаслідок неконтрольованого в'їзду працівників і транспортних засобів у зону роботи навантажувачів, ризик защемлення працівників	2	4	8
r_{53}	Обробка та штабелювання вантажу	Ризик падіння вантажу, що перевозиться або підвішується, або перекидання навантажувача внаслідок неправильного завантаження вантажу	4	3	12
r_{54}	Заміна шин	Ризик защемлення працівника під час зняття шини внаслідок пошкодження компонентів, які фіксують шини, або якщо шини закріплені неправильно	3	1	3
r_{55}	Роботи з технічного обслуговування, ремонту та контролю	Ризик контакту з кислотою або ураження електричним струмом внаслідок невикористання захисних засобів або недотримання інструкцій під час роботи з акумуляторами, ризик вибуху акумуляторів	4	1	4

Нечіткі кроки МНАІ для ризиків, що виникають при роботі вилковим навантажувач, наведені в таблиці 18-20.

Таблиця 18 – Матриця попарного порівняння

	r_{51}	r_{52}	r_{53}	r_{54}	r_{55}
r_{51}	1	2	3	5	5
r_{52}	$\frac{1}{2}$	1	2	4	4
r_{53}	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	3	2
r_{54}	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	1	5
r_{55}	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	1

Таблиця 19 – Нечітка матриця попарного порівняння

	r_{51}	r_{52}	r_{53}	r_{54}	r_{55}
r_{51}	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)	(4, 5, 6)
r_{52}	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(3, 4, 5)	(3, 4, 5)
r_{53}	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(1, 2, 3)
r_{54}	($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$)	($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
r_{55}	($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$)	($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)

Таблиця 20 – Нечіткі кроки МНАІ для вилкових навантажувачів

	Нечітке середнє геометричне значення ($\check{r}$)	Нечітка вага ($\bar{w}$)	Вага (w)	Нормалізована вага ($\bar{w}$)	Ранг
r_{51}	(2,00; 2,72; 3,37)	(0,299; 0,445; 0,597)	0,447	0,443	1
r_{52}	(1,15; 1,74; 1,90)	(0,232; 0,285; 0,3382)	0,285	0,282	2
r_{53}	(0,87; 0,70; 0,61)	(0,130; 0,114; 0,108)	0,117	0,116	3
r_{54}	(0,61; 0,48; 0,41)	(0,091; 0,078; 0,072)	0,080	0,080	4
r_{55}	(0,61; 0,48; 0,41)	(0,091; 0,078; 0,072)	0,080	0,080	4

Для зменшення ризиків та наслідки ризиків, що виникають для вилкових навантажувачів, можна рекомендувати такі запобіжні заходи:

p_{51} : Використовувати пояснювальні таблички різними мовами в зоні заправки, закрити цю зону і забезпечити доступ до неї тільки уповноваженому персоналу за картками, мати пожежну команду і транспортний засіб досить близько до цієї зони;

p_{52} : Використання чітких попереджувальних знаків різними мовами, наявність достатньої кількості персоналу для спостереження на ділянці;

p_{53} : Встановлення програмного забезпечення для обмеження швидкості на двигун навантажувача, призначення персоналу на місцях для перевірки правильності завантаження навантажувача, проведення регулярних тренінгів для операторів навантажувачів;

p_{54} : Проведення регулярних тренінгів для персоналу, відповідального за виконання робіт з обслуговування шин, повне забезпечення персоналу засобами індивідуального захисту та необхідним технічним обладнанням, наявність добре обладнаного медпункту та медичного персоналу в цеху технічного обслуговування;

p_{55} : Проведення регулярних тренінгів для персоналу, відповідального за технічне обслуговування, повне забезпечення персоналу засобами індивідуального захисту, наявність добре обладнаного медпункту та медичного персоналу в цеху технічного обслуговування.

Порівняння потенційних ризиків, що виникають у вибраних вантажно-розвантажувальних машинах (з МНАІ)

Для оцінювання потенційних операційних ризиків, які мають місце у розглянутих машинах, що використовуються для вантажно-розвантажувальних робіт у портах, застосовуються дані, наведені в таблиці 21. Пропонуються врахувати такі ризики:

r_1 : Ризик зіткнення в результаті того, що людина або транспортний засіб потрапляють в робочу зону машини або залишають вантаж у робочій зоні;

r_2 : Ризик пожежі / вибуху під час заправки портової машини паливом;

r_3 : Ризик падіння вантажу, що перевозиться, внаслідок недотримання оператором інструкцій;

r_4 : Ризик травмування обслуговуючого персоналу внаслідок ураження електричним струмом, відкидання рухомих частин, впливу кислоти під час операцій з технічного обслуговування;

r_5 : Ризик пошкодження вантажопідйомного обладнання в результаті використання оператором машини з перевищенням вантажопідйомності;

r_6 : Ризик втоми деталей машини та пошкодження машини внаслідок тривалої роботи вантажно-розвантажувальної машини без відпочинку;

r_7 : Ризик нещасного випадку / зіткнення внаслідок необережності / некомпетентності оператора.

Таблиця 21 – Матриця попарного порівняння

	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7
r_1	1	2	3	2	2	4	5
r_2	$\frac{1}{2}$	1	3	2	3	3	4
r_3	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	2	2	3	2
r_4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1	3	2	1
r_5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1	1	2
r_6	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	1	3
r_7	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1

Етапи аналізу та ранжування ризиків з використанням нечіткого МАІ наведені у таблицях 22, 23.

Таблиця 22 – Нечітка матриця попарного порівняння

	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7
r_1	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)	(3, 4, 5)	(4, 5, 6)
r_2	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(3, 4, 5)
r_3	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)	(3, 4, 5)
r_4	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(1, 2, 3)	(2, 3, 4)
r_5	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)
r_6	($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)
r_7	($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$)	($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$)	($\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$)	($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$)	(1, 1, 1)

Таблиця 23 – Нечіткі кроки МНАІ потенційних ризиків

	Нечітке середнє геометричне значення ($\check{r}$)	Нечітка вага ($\bar{w}$)	Вага (w)	Нормалізована вага ($\bar{w}$)	Ранг
r_1	(1,74; 2,56; 3,31)	(2,112; 2,874; 3,445)	2,813	0,293	1
r_2	(1,43; 1,67; 1,87)	(1,739; 1,873; 1,949)	1,854	0,193	2
r_3	(1,17; 1,49; 1,72)	(1,486; 1,669; 1,795)	1,630	0,170	3
r_4	(1,22; 1,12; 1,04)	(1,426; 1,261; 1,086)	1,276	0,133	4
r_5	(0,85; 0,67; 0,58)	(1,042; 0,756; 0,605)	0,801	0,083	5
r_6	(0,82; 0,66; 0,58)	(1,000; 0,743; 0,599)	0,781	0,081	6
r_7	(0,52; 0,37; 0,29)	(0,635; 0,414; 0,302)	0,451	0,047	7

Висновки. Розділення операційних ризиків у судноплавстві на дві основні групи: ризики, що зустрічаються під час морських перевезень, і ризики, що зустрічаються під час вантажно-розвантажувальних робіт в портах, сприяє ефективному управлінню ними.

Використання методу нечіткого аналізу ієрархії дозволило врахувати виявлені ризики, що виникають при роботі п'яти обраних машин, які використовуються під час вантажно-розвантажувальних робіт у портах, і ранжувати їх у порядку важливості. Метод нечіткого аналізу ієрархій застосовується для порівняння потенційних ризиків для всіх розглянутих механізмів.

Встановлені найважливіші ризики, з яким стикаються все досліджене обладнання. Так, найважливішими ризиками для термінальних тягачів є ризик пожежі/вибуху в результаті наближення до зони заправки з предметами, які можуть спричинити пожежу та вибух, а також виконання заправки без дотримання інструкцій з заправки термінального трактора; для кранів Gottwald – ризик розриву та вибуху кабелю в результаті в'їзду транспортних засобів та працівників у зону руху крана, що може призвести до перетискання високовольтного кабелю транспортних засобів; для портальних кранів – ризик обриву канатів лебідки через відсутність технічного обслуговування канатів і шківів / ризик падіння вантажу в результаті обриву канатних шківів; для механічних укладачів – ризик пожежі / вибуху в результаті наближення до зони заправки з предметами, які можуть спричинити пожежу та вибух, а також виконання заправки без дотримання інструкції з заправки машини; для вілкових навантажувачів – ризик пожежі/вибуху внаслідок наближення до зони заправки предметів, які можуть спричинити пожежу та вибух, а також виконання заправки без дотримання інструкцій з заправки навантажувача.

Для зменшення шкідливих наслідків для кожного ризику пропонуються запобіжні заходи.

Відповідно до порядку важливості розрахованих ризиків доведено, що ризик виникнення пожежі/вибуху при заправці розглянутих машин є найбільш критичним ризиком, що спостерігається.

Методика управління операційними ризиками машин й обладнання, що використовуються в вантажно-розвантажувальних роботах, є формально-логічним апаратом, який застосовується у системі підтримки прийняття рішень для реагування на небезпечні стани зі судном у порту.

Операції можна проводити більш ефективно при щоденному вживанні запобіжних запропонованих заходів, відповідно до порядку важливості ризиків, які часто зустрічаються в портах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Osorio, J. C., Manotas, D. F., & García, J. L. (2017). *Operational Risk Assessment in 3PL for Maritime Transportation*. Research in Computing Science, 132(1), 63–69. <https://doi.org/10.13053/rcs-132-1-6>.
2. Sener, Z., & Ozturk, E. (2015). A QFD-Based Decision Model for Ship Selection in Maritime Transportation. International Journal of Innovation, Management and Technology, 6(3), 202–205. <https://doi.org/10.7763/ijimt.2015.v6.602>.
3. Aven, T. (2012b), “The risk concept—historical and recent development trends”, Reliability Engineering & System Safety, Vol. 99, pp. 33-44.
4. Branch, A.E. and Robarts, M. (2014), *Elements of Shipping*, Routledge, Taylor and Francis, New York, NY.
5. Barnes, P. and Oloruntoba, R. (2005), “Assurance of security in Maritime supply chains: Conceptual issues of vulnerability and crisis management”, Journal of International Management, Vol. 11 No. 4, pp. 519-540.
6. Eleye-Datubo, A.G., Wall, A., Saajedi, A. and Wang, J. (2006), “Enabling a powerful marine and offshore decision-support solution through Bayesian network technique”, Risk Anal, Vol. 26No. 3, pp. 695-721.
7. Goerlandt, F. and Montewka, J. (2015b), “Maritime transportation risk analysis: review and analysis in light of some foundational issues”, Reliability Engineering & System Safety, Vol. 138, pp. 115-134.
8. Soares, C.G. and Teixeira, A.P. (2001), “Risk assessment in Maritime transportation”, Reliability Engineering & System Safety, Vol. 74 No. 3, pp. 299-309. Retrieved.
9. Federal Aviation Administration. (2000). *FAA System Safety Handbook Glossary*.
10. UK Essays. (November 2018). *Concept of Risk Management in Navy Management Essay*. from: <https://www.ukessays.com/essays/management/concept-of-riskmanagement-in-navy-management-essay.php?vref=1>
11. Walker, R. (n.d.). *The Increasing Importance of Operational Risk in Enterprise Risk Management*.

12. Güller, A., & Gündüz, T. (2016). Limanlarda Kullanılan İş Makinelerinde Risk Analizi Çalışması. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5(0), 127. <https://doi.org/10.21923/jesd.08213>.

Khussein Y.

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MANAGING OPERATIONAL RISKS DURING LOADING AND UNLOADING OPERATIONS IN PORTS

The aim of the study is to develop a methodology for assessing operational risks for its implementation in a decision support system for cargo handling operations in a port in the context of dangerous situations with a ship. To achieve the research goal, only those operational risks encountered during loading and unloading operations in ports are considered, which contributes to their effective management. Out of the variety of machines, mechanisms and equipment used in port handling operations, only five types of machines that are most often used in such situations are considered. These types of equipment are terminal tractors, Gottwald cranes, portal cranes, mechanical stackers, and forklifts. The most significant scientific result is the application of the fuzzy hierarchy analysis method, which made it possible to consider the identified risks arising from the operation of the machines in question and rank them in order of importance. This method was also used to compare the potential risks for all types of equipment under consideration. The most important risks faced by each type of equipment under study are identified. Precautionary measures in line with best practices are proposed to reduce the harmful effects of each risk described for a particular type of equipment. In accordance with the order of importance of the calculated risks, it is proved that the risk of fire or explosion during refuelling of the considered types of machines is the most critical risk observed. The developed approach and the results obtained by the proposed methodology for managing operational risks of machinery and equipment used in loading and unloading operations are a formal logical apparatus used in a decision support system for responding to dangerous conditions with a ship in port.

Keywords: decision support system, cargo handling, ship, situation, condition, ship management, port, decision making, safety, risk, machine