

European Journal of Enterprise Technologies, vol. 6/8 (90), pp. 11-16, 2017. doi: 10.15587/1729-4061.2017.118984.

11. Y. Yuan, Z. Li, R. Malekian, and X. Yan, «Analysis of the operational ship energy efficiency considering navigation environmental impacts», *Journal of Marine Engineering & Technology*, vol. 16, № 3, pp. 150-159, 2017. doi: 10.1080/20464177.2017.1307716.

Стаття надійшла 25.10.2024

Стаття прийнята 09.11.2024

УДК 358.42:629.563

doi: 10.31498/2225-6733.49.2.2024.321381

© Заєць А.Ю.¹, Коскіна Ю.О.², Дрожин О.Л.³

SWOT-АНАЛІЗ У СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ МОРСЬКИХ БУРОВИХ ПЛАТФОРМ

Стаття присвячена аналізу ризиків, які супроводжують обслуговування та експлуатацію морських бурових платформ, що є критично важливими об'єктами нафтової та газової промисловості. Основними ризиками для цих платформ є фізичні загрози (шторми, високі хвилі, корозія обладнання), технічні проблеми, людський фактор і екологічні загрози, зокрема забруднення внаслідок витоків нафти. У дослідженні розглянуто сучасні методи управління ризиками, що дозволяють знизити ймовірність аварійних ситуацій, зокрема: комп'ютерне моделювання, симуляції, аналіз видів і наслідків відмов (FMEA), Інтернет речей (IoT) для моніторингу стану обладнання, а також регулярні аудити й тренінги для персоналу. Особлива увага приділяється новітнім технологіям, які значно покращують управління ризиками. Наприклад, цифрові двійники надають можливість створювати цифрові копії реальних об'єктів і прогнозувати їхню поведінку у різних сценаріях, аналітика великих даних дозволяє виявляти закономірності для передбачення технічних несправностей, а автоматизація і штучний інтелект сприяють ранньому виявленню можливих проблем. SWOT-аналіз продемонстрував, що сильними сторонами платформ є наявність висококваліфікованого персоналу та сучасних технологій моніторингу. Однак високі витрати на інновації та залежність від людського фактору залишаються значними викликами. Серед можливостей – розвиток нових технологій безпеки та вдосконалення міжнародних стандартів, що підвищить ефективність управління ризиками. Основними загрозами є несприятливі погодні умови, екологічні катастрофи та ризик кібератак. Результати дослідження демонструють важливість інтеграції сучасних технологій в управління ризиками для зниження аварійності та забезпечення стабільної роботи платформ. Висновки статті підкреслюють, що використання інновацій та регулярне вдосконалення стратегій управління ризиками є ключовими чинниками для забезпечення безпечної експлуатації морських бурових платформ.

Ключові слова: морські бурові платформи, управління ризиками, штучний інтелект, аналітика великих даних, екологічна безпека, прогнозування технічних несправностей, людський фактор, дистанційний моніторинг, кібератаки, стандарти безпеки.

¹ канд. техн. наук, доцент, Одеський національний морський університет, м. Одеса, ORCID: 0000-0002-5803-9069, au.lopatnyova@gmail.com

² д-р техн. наук., професор, Одеський національний морський університет, м. Одеса, ORCID: 0000-0002-3164-6504, yuliia.koskina@ukr.net

³ канд. техн. наук, доцент, Одеський національний морський університет, м. Одеса, ORCID: 0000-0002-9695-9296, alexey.drozhhyn@ukr.net

A.Yu. Zaiets, Yu.O. Koskina, O.L. Drozhzhyn. SWOT-analysis in the risk management system of offshore drilling platforms. The article is dedicated to analyzing the risks associated with the maintenance and operation of offshore drilling platforms, which are critically important assets in the oil and gas industry. The primary risks for these platforms include physical threats (such as storms, high waves, and equipment corrosion), technical issues, human factors, and environmental hazards, including pollution from potential oil spills. The study examines modern risk management methods that reduce the likelihood of accidents, including computer modelling, simulations, Failure Modes and Effects Analysis (FMEA), the Internet of Things (IoT) for real-time equipment monitoring, as well as regular audits and personnel training. Particular attention is given to innovative technologies that significantly improve risk management. For instance, digital twins allow for the creation of digital replicas of physical assets, enabling the prediction of their behaviour under various scenarios. Big data analytics helps to identify patterns that allow for the prediction of technical failures, while automation and artificial intelligence (AI) aid in the early detection of potential issues. The SWOT analysis showed that the strengths of platforms include highly skilled personnel and modern monitoring technologies. However, the high cost of innovation and reliance on human factors remain major challenges. Among the opportunities are the development of new safety technologies and improvements to international standards, which could enhance risk management efficiency. The main threats include adverse weather conditions, environmental disasters, and the risk of cyberattacks. The study's findings demonstrate the importance of integrating modern technologies into risk management practices to reduce the incidence of accidents and ensure stable platform operations. The article concludes that adopting innovations and regularly improving risk management strategies are essential factors in ensuring the safe operation of offshore drilling platforms.

Keywords: offshore drilling platforms, risk management, artificial intelligence, big data analytics, environmental safety, technical failure prediction, human factor, remote monitoring, cyberattacks, safety standards.

Постановка проблеми. Морські бурові платформи є важливою частиною нафтової та газової промисловості, забезпечуючи видобуток ресурсів з-під морського дна, навіть у віддалених районах океану. Завдяки технологічним досягненням, бурові установки працюють на великих глибинах, проте їхня експлуатація супроводжується значними ризиками. Суворі морські умови, шторми, сильні вітри та корозія обладнання створюють серйозні виклики для обслуговування платформ. Крім природних факторів, технічні несправності можуть призвести до аварій, таких як витіки нафти або викиди газу, які загрожують безпеці персоналу, довкіллю та фінансовій стабільності проєктів.

Для управління цими ризиками необхідно використовувати інноваційні технології, зокрема автоматизацію, дистанційний моніторинг, цифрові двійники та великі дані. У рамках цього підходу проведено оцінку ризиків обслуговування платформи на родовищі Jacky (Шотландія, узбережжя Морей-Ферт), що розташована в зоні підвищеної небезпеки. Ризики класифіковано за рівнем серйозності та ймовірністю виникнення, а також розроблено план заходів для їхнього зниження.

Особлива увага приділяється погодним умовам, діяльності інших суден, а також ризикам, пов'язаним із дистанційно керованими апаратами (ROV). Застосування стандартів безпеки, засобів індивідуального захисту та комунікаційних процедур дозволяє підготуватися до можливих сценаріїв і мінімізувати негативні наслідки. Це забезпечує захист персоналу, довкілля та ефектively реалізацію проєкту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У статті [1] розглядається важливість управління ризиками для безпеки шельфових платформ. Автори пропонують метод ідентифікації та оцінки ризиків, заснований на аналізі тексту даних про приховані загрози за допомогою технік машинного навчання, глибокого навчання та обробки природної мови. Метод включає створення рамок для структурованого вираження ризикової інформації та розробку автоматизованої системи для ідентифікації ризиків. Використання цього підходу демонструється на прикладі

нафтового поля Бохай у Китаї, підкреслюючи його ефективність у виявленні ризиків та автоматизації оцінювання.

Стаття [2] зосереджується на аналізі ризиків, пов'язаних з експлуатацією портів та віддалених терміналів, які є критично важливими для міжнародної торгівлі та транспортування. У ній розглядається необхідність визначення пріоритетів захисних заходів за допомогою комплексного підходу до управління ризиками, зокрема використанням рамки управління ризиками (RM) для портів та терміналів. Автори пропонують інтегрований аналіз ризиків з використанням генеричного галстук-метелик аналізу, дерева відмов та дерева подій, щоб допомогти професіоналам портів у детальному дослідженні ризиків. Окрім цього, застосовуються теорія нечітких множин та підходи можливостей для подолання недоліків традиційних методів на основі ймовірностей, що підкреслює інноваційний підхід до аналізу ризиків в умовах невизначеності.

В статті [3] автори розглядають унікальні виклики, з якими стикаються працівники, які працюють у віддалених і вимогливих умовах, таких як морська нафтогазова промисловість та комерційне судноплавство. Основна увага приділяється фізичним і психосоціальним стресорам, які впливають на їхню здатність виконувати рутинні завдання та управляти надзвичайними ситуаціями. Такі стресори включають коливання суден, шум, погану якість повітря, важку фізичну працю та обмежений житловий простір. Розглядаються психосоціальні фактори, такі як ізоляція, обмежені можливості для дозвілля та вплив на сімейне життя, які сприяють стресу і втомі, зокрема через тривалі робочі години і зміну денних та нічних змін. Обговорюються наслідки цих стресорів, таких як втома та порушення сну, і їх вплив на безпеку та благополуччя персоналу.

Стаття [4] обговорює впровадження системи MES (Manufacturing Execution System) на шельфових нафтогазових родовищах Південно-Китайського моря для розв'язання проблеми ізоляції даних у управлінні безпекою. Система MES, що вже успішно застосовується на виробничих об'єктах КНР, дозволяє централізовано збирати та керувати структурованими даними про персонал, потенційні небезпеки та інциденти. Особлива увага в статті приділяється можливостям системи у реальному часі контролювати кваліфікацію персоналу, виявляти та аналізувати приховані ризики, а також централізованому управлінню даними. Завдяки застосуванню MES підвищується стандартизація і модулізація процесів надання послуг з безпеки, нормалізація управління та ефективність загального керування безпекою.

У дослідженні [5] розглядається використання байєсівських мереж для кількісного аналізу ризиків спалахів під час буріння на шельфі. Аналізується дата сет норвежської дослідницької організації SINTEF про спалахи, встановлюючи, що 95% спалахів відбуваються під час буріння, завершення робіт чи ремонту. В дослідженні використовуються байєсівські мережі для ідентифікації та аналізу основних факторів ризику, включаючи відмову противибухового превентора та погане цементування. Результати, отримані за допомогою графічного інтерфейсу Genie, виявляють основні ризики і використовуються для побудови моделі Байєсової мережі для оцінки ризиків, враховуючи відмови компонентів та помилки людини. Цей метод дозволяє розглянути складність геологічних умов і технологічних операцій у водному та підводному середовищі, сприяючи розвитку стратегій управління ризиками на шельфі.

У статті [6] обговорюється передова методологія динамічного обслуговування на основі Risk-Based Monitorin (RBM) для планування обслуговування та підвищення безпеки обладнання в морському середовищі. Використання Баєсівської мережі (BN) дозволяє розробити нову методологію RBM, яка застосовує інформацію про передвісник аварії для оновлення профілю ризику та оптимізації вартості обслуговування. На прикладі відмови системи сепаратора на офшорній платформі демонструється необхідність регулярного обслуговування для підтримання ефективності та безпеки обладнання, а також проводиться аналіз чутливості критичних компонентів системи.

Стаття [7] представляє метод для оцінки ризиків та розробки плану інспекцій, призначений для управління структурною цілісністю морських платформ типу «jacket». Використовуючи напівкількісні та кількісні методи, методика дозволяє проводити глобальну оцінку ризиків для всієї структури платформи та локальні оцінки для ключових компонентів, таких як трубні з'єднання. Стратегія і програма інспекцій розроблені на основі рекомендованих практик та демонструються за допомогою прикладу реалізованого проекту Бюро Верітас.

Постановка наукової проблеми. Морські бурові платформи відіграють важливу роль у забезпеченні глобального постачання нафти та газу, особливо з огляду на обмеженість доступних

запасів на суші та зростання потреби в енергоресурсах. Проте їх експлуатація супроводжується значними ризиками, що становлять загрозу як для безпеки працівників, так і для навколишнього середовища. Основні ризики включають фізичні ризики (шторми, високі хвилі, корозія), операційні ризики (технічні несправності, витоки нафти або газу), людський фактор (помилки оператора, вплив стресу) та екологічні ризики, пов'язані з потенційними витоками нафти, які можуть призвести до серйозних забруднень морських екосистем. Кожен із цих факторів може спричинити серйозні фінансові втрати для компаній, включаючи витрати на ліквідацію аварій, ремонт обладнання та виплати компенсацій, а також негативно вплинути на репутацію компанії.

Забезпечення безпеки морських досліджень і операцій на таких об'єктах, як платформа на родовищі Jacky, є складним завданням через численні ризики, що виникають у процесі виконання робіт у суворих умовах морського середовища [8]. Постійні зміни погодних умов, висока вірогідність великих хвиль, туману та обмеженої видимості створюють додаткові загрози для безпеки персоналу і збереження обладнання. Крім того, специфіка підводної інфраструктури, присутність рибальського спорядження та рух інших суден у зоні платформи можуть призвести до непередбачуваних інцидентів, що потребують своєчасного реагування і планування.

Традиційні підходи до управління ризиками, зокрема регулярні інспекції та базові програми навчання персоналу, часто виявляються недостатніми в умовах складного бурового середовища. Це ускладнює ідентифікацію та мінімізацію загроз у реальному часі. Відсутність належної інтеграції сучасних технологій моніторингу та контролю, таких як ROV, динамічні системи позиціонування та багатопроточні ехолоти, обмежує можливість зменшення ризиків під час морських досліджень.

Наукова проблема полягає в необхідності вдосконалення підходів до управління ризиками, які б враховували специфіку морських операцій на морських бурових платформах. Це включає розробку ефективної системи оцінки ризиків та застосування сучасних методів контролю, що забезпечать безпечне проведення робіт, захистять довкілля та зменшать фінансові втрати.

Метою статті є аналіз основних ризиків, притаманних морським буровим платформам на прикладі родовища Jacky, а також розробка та впровадження заходів з управління цими ризиками для забезпечення безпеки персоналу і надійності обладнання під час виконання операцій, а також розробка рекомендацій для майбутніх проектів з підвищення безпеки в умовах підвищеного ризику.

Виклад основного матеріалу.

Огляд ризиків морських бурових операцій. Морські бурові операції є надзвичайно складними та небезпечними через поєднання природних, технічних та людських факторів, що впливають на безпеку працівників, стабільність обладнання та захист довкілля. Основні ризики включають фізичні ризики, операційні ризики, людський фактор, екологічні загрози та економічні втрати.

Фізичні ризики є одними з найпоширеніших на морських бурових платформах, оскільки буріння відбувається у складних морських умовах. Шторми, високі хвилі та сильні вітри можуть створювати навантаження на платформу, особливо під час роботи на великих глибинах, де тиск значно більший. Крім того, погодні умови можуть ускладнювати рятувальні операції та евакуацію персоналу в разі надзвичайних ситуацій. Наприклад, урагани часто вражають бурові платформи в Мексиканській затоці, призводячи до пошкоджень конструкцій та аварійних ситуацій, як це було у випадку урагану «Катріна» в 2005 році.

Корозія також є суттєвою проблемою через постійний контакт металевих конструкцій з морською водою. Згідно з дослідженнями, вплив солоної води на металеві компоненти призводить до швидкого зношування, зменшуючи термін служби обладнання та збільшуючи потребу в регулярному обслуговуванні та заміні деталей. Це, своєю чергою, підвищує експлуатаційні витрати та потребує додаткових заходів захисту, таких як антикорозійне покриття та регулярні інспекції [9].

Операційні ризики на бурових платформах включають технічні несправності та відмови обладнання. Найбільш критичними є несправності, що можуть призвести до витоку нафти чи газу, які становлять серйозну загрозу як для працівників, так і для навколишнього середовища. Наприклад, аварія на платформі «Deepwater Horizon» у 2010 році стала однією з найбільших екологічних катастроф, спричинених витоком нафти внаслідок вибуху на платформі.

Операційні ризики також включають збої в системах управління бурінням та відмови допоміжного обладнання, як-от насосів та компресорів. Дослідження [10] показує, що часто причинами технічних відмов є не тільки зношування обладнання, але й неможливість оперативного ремонту в умовах морської ізоляції. Крім того, такі збої часто пов'язані з високою вартістю відновлення та ремонту, що може мати значний вплив на загальні витрати на експлуатацію.

Ризики людського фактора. Людський фактор є одним із ключових джерел ризиків на бурових платформах. Довгі вахти, суворі умови праці, стрес та перевтома можуть призвести до помилок операторів, які іноді стають причинами серйозних аварій. Дослідження [3, 10] вказує на те, що тривала зміна роботи негативно впливає на концентрацію працівників, що часто призводить до помилок і збоїв у роботі.

Людський фактор також має велике значення в умовах кризових ситуацій, де від швидких і правильних дій персоналу залежить безпека всієї операції. Наприклад, у разі витоку газу або раптового пошкодження платформи оператори повинні швидко приймати рішення та координувати дії для захисту як працівників, так і обладнання. Навчання та систематичний тренінг у симуляційних умовах мають важливе значення для підготовки персоналу до непередбачуваних ситуацій.

Екологічні ризики морських бурових платформ пов'язані з можливими витокami нафти або газу в разі аварійних ситуацій. Морські платформи розташовані в екосистемах, де виток нафтопродуктів можуть мати серйозні наслідки для морської флори та фауни, а також для місцевих економічних галузей, таких як рибальство і туризм. Аварії, такі як витік нафти під час аварії на «Deepwater Horizon», показали, що ліквідація наслідків витоків є надзвичайно складною та витратною, а вплив на довкілля може тривати роками [9, 10].

Дослідження також показують, що навіть незначні витокi можуть викликати значне забруднення, яке поширюється на значні відстані через течії та морські вітри. Це ускладнює моніторинг і швидке реагування, тому компанії вкладають значні кошти в системи раннього виявлення витоків.

Економічні ризики. Аварії та збої у функціонуванні морських бурових платформ можуть мати серйозні фінансові наслідки для компаній. Окрім витрат на ремонт та відновлення пошкодженого обладнання, компанії можуть стикатися з юридичними наслідками, такими як штрафи та судові позови від органів екологічного нагляду та місцевих громад. Наприклад, витрати BP на ліквідацію наслідків аварії на «Deepwater Horizon» та виплати компенсацій сягнули десятків мільярдів доларів [10].

Крім фінансових витрат, аварії можуть мати негативний вплив на репутацію компанії, що призводить до втрати клієнтів, інвесторів та, можливо, навіть урядових контрактів. Це підвищує важливість застосування проактивних методів управління ризиками для збереження стабільності операцій і захисту активів компанії.

Методи оцінки та управління ризиками. Ефективне управління ризиками на морських бурових платформах вимагає використання сучасних методів оцінки, моніторингу та проактивного реагування, щоб мінімізувати аварії, пошкодження обладнання та втрати. У цьому розділі розглянуто основні методи оцінки та управління ризиками, які застосовуються на морських бурових платформах [10, 11].

Фізичне моделювання та комп'ютерні симуляції. Комп'ютерне моделювання дозволяє змодельовувати різноманітні екстремальні умови, в яких працюватиме платформа, такі як високі хвилі, сильний вітер, екстремальні температури та тиск. Використовуючи фізичне моделювання, інженери можуть оцінювати вплив цих умов на міцність конструкцій, виявляти слабкі місця та визначати оптимальні параметри для їх покращення. Завдяки сучасним технологіям симуляції компанії можуть проводити детальний аналіз стану обладнання та прогнозувати його поведінку при максимальних навантаженнях.

Фізичне моделювання та симуляції також дозволяють тестувати можливі сценарії надзвичайних ситуацій, щоб підготувати персонал та оптимізувати протоколи дій у разі аварій. Дослідження свідчать, що симуляції допомагають покращити стійкість платформ і підвищити безпеку операцій на 15-20%, зменшуючи ймовірність аварій.

Аналіз видів та наслідків відмов (FMEA). Аналіз FMEA є ефективним інструментом, що дозволяє оцінювати потенційні технічні несправності та їх вплив на роботу всієї платформи [12]. Цей метод включає аналіз кожного компонента обладнання для виявлення можливих сценаріїв

відмов і передбачення наслідків цих відмов для всієї системи. FMEA також дає змогу ранжувати ризики за ступенем їхньої критичності та ймовірності виникнення, що дозволяє сконцентруватися на найкритичніших аспектах.

Для морських бурових платформ FMEA є особливо важливим, оскільки платформи мають складну структуру з численними взаємопов'язаними системами, такими як системи подачі бурового розчину, насоси, компресори та системи управління. У разі відмови одного з компонентів може статися ланцюгова реакція, що призведе до серйозних наслідків для безпеки. Дослідження показують, що завдяки використанню FMEA оператори можуть зменшити кількість збоїв на 30%, що значно підвищує безпеку операцій.

Моніторинг з використанням датчиків та технологій Інтернету речей (IoT) [13]. Технології IoT стають дедалі популярнішими на морських бурових платформах, оскільки вони дозволяють збирати великі обсяги даних у реальному часі. Датчики, встановлені на критичних компонентах платформи, дозволяють відстежувати параметри, такі як тиск, температура, рівень корозії, вібрації та багато інших. Зібрані дані передаються на центральні панелі управління, де аналізуються за допомогою спеціальних алгоритмів.

Завдяки цим технологіям можливе раннє виявлення аномалій, що дає змогу своєчасно реагувати на можливі несправності. Наприклад, якщо система моніторингу виявляє підвищення температури в компресорі, це може свідчити про потенційний ризик відмови, і оператори можуть негайно вжити заходів для уникнення аварії. За даними дослідження, використання IoT у моніторингу дозволяє скоротити час простоїв на 25% і знижує ймовірність великих аварій.

Аудити та інспекції. Регулярні аудити та інспекції обладнання є важливою частиною стратегії управління ризиками на морських бурових платформах. Платформи піддаються зовнішнім інспекціям, які проводять незалежні організації, а також внутрішнім аудитам, що здійснюються технічними відділами компаній. Такі аудити дозволяють виявляти недоліки в технічному стані обладнання та вчасно усувати проблеми, які можуть призвести до аварій.

Регулярні інспекції також допомагають підтримувати відповідність міжнародним стандартам безпеки, таким як ISO 9001 [14] та API RP 14E [15]. Компанії зобов'язані дотримуватися цих стандартів, оскільки це не лише сприяє підвищенню безпеки, але й захищає їх від юридичних ризиків. Дослідження показують, що аудити знижують ймовірність аварійних ситуацій на 15-20% завдяки своєчасному виявленню проблемних зон.

Навчання та підготовка персоналу. Людський фактор залишається одним із ключових аспектів безпеки на морських бурових платформах, тому інтенсивне навчання персоналу має велике значення. Програми навчання включають не лише теоретичну підготовку, а й практичні симуляції, що моделюють аварійні ситуації. Ці симуляції допомагають працівникам навчитися приймати швидкі та правильні рішення в екстремальних умовах.

Наприклад, персонал регулярно проходить тренінги з евакуації, а також навчання з управління вибухонебезпечними ситуаціями та витоками нафти. Така підготовка значно знижує ймовірність людських помилок у кризових ситуаціях, забезпечуючи вищий рівень безпеки. Дослідження свідчать, що програми навчання можуть знизити рівень ризиків, пов'язаних з людським фактором, на 30% [3, 10].

Оцінка ризиків морських операцій і обслуговування бурової платформи на родовищі Ласку. Розглянемо оцінку ризиків щодо морських операцій і обслуговування бурової платформи на родовищі Ласку [8]. Для проведення оцінки ризиків у проєкті використовувалась детальна методологія, що ґрунтується на матриці оцінки ризиків. Матриця ризику є важливим інструментом, який дозволяє визначити рівень небезпеки різних ситуацій на основі їх серйозності та ймовірності виникнення. У цьому підході ризики класифікуються на основі двох основних чинників: ступеня тяжкості (серйозності) та ймовірності.

1. Матриця ризику містить оцінку тяжкості від 1 до 5, де:

- 1 – незначний (відсутність травм або невеликі матеріальні втрати),
- 2 – обмежений (потребує першої медичної допомоги, мінімальні локальні впливи),
- 3 – помірний (потребує медичного втручання, незначне порушення довкілля),
- 4 – високий (тривалі порушення, значна шкода для персоналу та довкілля),
- 5 – дуже високий (фатальні наслідки, масштабні екологічні катастрофи).

Оцінка ймовірності також здійснюється за п'ятибальною шкалою, де 1 означає «майже неможливо» (дуже низька ймовірність події протягом всього проєкту), а 5 – «дуже ймовірно» (подія може статися щоденно або щотижнево).

2. Поєднання тяжкості та ймовірності. Комбінація оцінок за цими двома критеріями дозволяє визначити кінцевий рівень ризику для кожної ситуації та класифікувати його на основі результатів:

- Рівень ризику 1-6 – низький ризик, який не потребує негайних дій;
- Рівень ризику 8-12 – середній ризик, для якого потрібне схвалення управління, консультація з фахівцями та/або коригування завдання;
- Рівень ризику 15-25 – високий ризик, виконання завдань можливе лише після значного зниження рівня ризику.

3. Визначення специфічних категорій ризику. Процес оцінки також включав поділ ризиків на категорії відповідно до типу загроз: загальні ризики під час роботи на платформі, ризики при виконанні робіт з аналоговим обладнанням, ризики під час роботи ROV та ризики, пов'язані з особливостями бурової платформи на родовищі Jacky.

4. Процес зниження ризиків. Оцінка ризиків виявила необхідність впровадження системи контролю для кожної з виявлених загроз. Серед них – використання спеціалізованого обладнання, проведення інструктажів та тренувань для персоналу, застосування обмежувальних зон та засобів захисту, а також розробка процедур екстреного реагування. Введення таких заходів допомагає знизити загальний ризик та підвищити рівень безпеки робіт.

Ця методологія забезпечує чітку структуру оцінки ризиків та сприяє впровадженню необхідних заходів для мінімізації небезпек. Використання ризикової матриці дозволяє приймати зважені рішення щодо можливості виконання тих чи інших робіт та надає команді основні інструменти для управління ризиками в реальному часі.

Загальні ризики та заходи безпеки. В рамках проєкту для бурової платформи на родовищі Jacky було ідентифіковано кілька загальних ризиків, що виникають під час виконання різних операцій, як-от підготовчі роботи, підйомні операції та транспортування обладнання. Ці ризики можуть вплинути на персонал і техніку та, в деяких випадках, призвести до серйозних наслідків для здоров'я та безпеки. Для кожного з виявлених ризиків було розроблено заходи контролю, які мають знизити ймовірність їх виникнення та/або зменшити наслідки.

1. Підйом обладнання та постачання. Під час переміщення вантажів за допомогою суднових або берегових кранів існує ризик пошкодження обладнання або серйозних травм через падіння вантажу чи зіткнення з рухомими частинами.

Заходи контролю: проводяться інструктажі та узгоджуються чіткі команди перед підйомом; проводяться перевірки технічного стану обладнання для підйому; використовуються обмежувальні зони та бар'єри, які фізично унеможливають доступ персоналу до небезпечних ділянок під час підйому.

2. Ручне маневрування обладнання. Транспортування і розміщення важкого обладнання вручну може призвести до травм спини, пошкодження майна та нещасних випадків через неправильне або недостатньо підготовлене маневрування.

Заходи контролю: забезпечується достатня кількість персоналу, перевіряється маршрут на відсутність перешкод; використовується обладнання для допомоги у підйомі, а також персонал повинен застосовувати правильну техніку підйому, щоб уникнути перевантаження.

3. Гарячі роботи (різання, зварювання та шліфування). Виконання таких робіт становить загрозу для очей, можливі опіки, контакт із газами та парами, ризик займання або вибуху.

Заходи контролю: дотримання дозволів на гарячі роботи, наявність захисних пристроїв та інвентарю, зокрема, вогнегасників, огороження робочої зони, а також обов'язкове використання спеціалізованих засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), як-от зварювальні маски та захисний одяг.

4. Електротехнічне обслуговування та ремонт. Роботи з електрообладнанням несуть ризик ураження струмом, утворення дугових спалахів і займання.

Заходи контролю: усі роботи з обладнанням понад 110 В виконуються тільки кваліфікованим персоналом, що має відповідні дозволи; обладнання відключається перед початком робіт; проводиться візуальна перевірка кабелів і заземлення для забезпечення безпечного виконання завдань.

5. Гідравлічне обладнання. Використання гідравлічних систем передбачає ризики розбризкування масла під високим тиском, а також може стати причиною поранень та пошкоджень обладнання.

Заходи контролю: роботи виконуються тільки кваліфікованими фахівцями; гідравлічні шланги та з'єднання регулярно перевіряються на наявність пошкоджень і корозії; використовується спеціалізоване обладнання для збору витоків, а також встановлені системи блокування для запобігання неконтрольованому вивільненню тиску.

6. Роботи на висоті. Виконання робіт на висоті загрожує падінням обладнання або персоналу, що може призвести до серйозних травм.

Заходи контролю: перед початком робіт проводиться аналіз та вибір оптимальних методів безпеки, таких як бар'єри та підмостки; персонал використовує страхувальні системи та виконує роботи в парі з напарником; надається інструктаж щодо правил безпеки при роботі на висоті.

7. Переміщення на території порту та судна. Вузькі місця на причалі та території порту створюють ризик для персоналу, який може зазнати травм через інші транспортні засоби або обладнання.

Заходи контролю: забезпечується висока видимість персоналу, що носить жилети з високою видимістю, і проводяться інструктажі з безпечного переміщення по судну та причалу; також організовано регулярні перевірки зон, що мають обмежену видимість або підвищену рухливість.

Операції з аналоговим обладнанням. Під час проведення операцій з аналоговим обладнанням на буровій платформі на родовищі Яску було виявлено декілька ключових ризиків, пов'язаних із запуском, відновленням та роботою із засобами дослідження. Аналогове обладнання, яке використовується для збору даних, потребує особливої уваги під час переміщення, щоб уникнути пошкодження та забезпечити безпеку персоналу.

1. Запуск і відновлення SVP (Sound Velocity Profiler). Одним із важливих етапів є маніпуляції з SVP – приладом, який використовують для вимірювання швидкості звуку в морській воді. Цей процес може призвести до пошкодження обладнання через небезпечну близькість до пропелерів судна, можливість зачеплення за корпус або до травмування персоналу.

Заходи контролю: перед кожною операцією проводиться детальний інструктаж (Toolbox Talk), особливо для менш досвідчених членів команди, які заохочуються брати участь у проведенні інструктажу; погодні умови та стан моря оцінюються перед запуском; використовується затверджена процедура з чітким зв'язком з містком судна для контролю кожного етапу.

2. Запуск і відновлення іншого дослідницького обладнання. Під час маніпуляцій з іншими датчиками та приладами, що запускаються у воду, можуть виникнути ризики через натягнуті кабелі, які можуть зачепитися за суднові пристрої або викликати пошкодження обладнання.

Заходи контролю: розроблено та затверджено чіткі процедури запуску та відновлення, які включають перевірку погодних умов та стану моря; операції виконуються з обов'язковим страхувальним обладнанням, а також із захисними засобами на відкритих ділянках палуби; призначено єдину особу, відповідальну за координацію всіх етапів на кормі судна для уникнення непорозумінь.

3. Пошкодження обладнання через підводні об'єкти. Застосування буксируваних приладів на буровій платформі на родовищі Яску включає ризик пошкодження обладнання через можливість «зачеплення» за підводні об'єкти або інші інфраструктури.

Заходи контролю: використання слабких ланок у буксированому обладнанні для запобігання серйозним пошкодженням у випадку зачеплення; кожен датчик забезпечений маяком, що дозволяє відстежувати його місцезнаходження у випадку втрати; попередньо досліджуються зони підвищеного ризику за допомогою багатопромених ехолотів, що дозволяє уникнути небезпечних ділянок під час операцій.

4. Ризик травмування персоналу через втому. Виконання завдань на відкритих ділянках судна протягом тривалого часу може призвести до втоми, що знижує пильність і підвищує ризик помилок під час операцій.

Заходи контролю: організовано чітке планування робочих змін, що враховує потреби кожного члена команди; введено систему підтримки, за якої кожен працівник має напарника для моніторингу ознак втоми; команди на кормі судна підтримують постійний зв'язок із містком для забезпечення безпеки під час усіх етапів робіт.

Операції з ROV [16]. Під час операцій з ROV на буровій платформі на родовищі Jacky існують різні ризики, пов'язані з безпекою персоналу, збереженням апаратів та захистом обладнання платформи. ROV є важливим інструментом для проведення підводних досліджень та огляду, проте вони вимагають суворого дотримання процедур безпеки під час запуску, експлуатації та відновлення.

1. Запуск і відновлення ROV. Найбільший ризик у цій операції – можливий контакт ROV з іншими предметами на палубі або персоналом, а також пошкодження ROV через невдалий запуск або відновлення. Заходи контролю: усі роботи з ROV виконуються кваліфікованим персоналом, що має підтверджений досвід і відповідне навчання; перед кожним запуском проводиться інструктаж, що охоплює всі аспекти операції, і здійснюється зв'язок із містком для забезпечення координації всіх етапів; оцінюються погодні умови для визначення безпеки запуску та відновлення.

2. Відмова підйомного обладнання або кабелю ROV. Пошкодження підйомної системи або кабелю може призвести до падіння ROV, що становить небезпеку для персоналу і викликає ризик втрати апарата. Заходи контролю: підйомна система для ROV проходить регулярну сертифікацію і тестування; кабель для підйому має сертифікацію, що підтверджує його здатність витримувати необхідні навантаження; також, перед кожним запуском здійснюється огляд обладнання на наявність можливих пошкоджень.

3. Пошкодження ROV через підводні перешкоди. Під час переміщення під водою ROV може зіткнутися з різними об'єктами на дні моря, що може призвести до пошкодження апарата і втрати його контролю. Заходи контролю: перед кожним запуском проводиться сканування зони на наявність підводних перешкод із використанням даних гідролокації; ROV оснащується переднім сканувальним сонаром для уникнення зіткнень, а також проводиться регулярне оновлення карти підводних об'єктів.

4. Погіршення видимості через наближення до морського дна. Умови поганої видимості можуть спричинити зіткнення ROV із морським дном або заплутування в об'єктах на глибині. Заходи контролю: ROV працює на максимально можливій висоті від дна для зменшення підняття осаду; для поліпшення навігації використовуються додаткові датчики та сигнали, що дозволяють уникнути зіткнень; розроблено аварійні процедури для відновлення апарата у разі його втрати.

5. Втрата потужності на борту або в контрольному центрі. Переривання електроживлення на борту судна може спричинити втрату зв'язку з ROV, що створює ризик зіткнення та пошкодження апарата. Заходи контролю: система живлення для ROV контролюється через бортові сигнальні системи, що дозволяє миттєво повідомити про будь-яке зниження потужності; підтримується постійна орієнтація судна щодо уникнення зіткнень у разі втрати контролю над ROV.

6. Взаємодія з системами гідравліки та руху судна. Невідповідне розташування судна або рух пропелерів може створити ризик втягування кабелів ROV, що може призвести до його втрати. Заходи контролю: до кожної операції розробляється чіткий план позиціонування судна та ROV, враховуючи розташування пропелерів і тримачів; узгоджуються всі рухи судна для уникнення будь-яких несанкціонованих змін позиції; операціями керують кваліфіковані оператори систем позиціонування.

Ризики, пов'язані з конкретним майданчиком. Бурова платформа на родовищі Jacky розташована в зоні, яка має специфічні умови, що впливають на безпеку операцій і вимагають особливої уваги до зовнішніх факторів. Серед основних загроз – погодні умови, наближення інших суден, можливість пошкодження обладнання, що може серйозно вплинути на роботу. Цей розділ детально розглядає ризики, характерні для майданчика, і пропонує заходи для їх контролю.

1. Суворі погодні умови. Різкі зміни погоди можуть призвести до сильного хвилювання моря, що загрожує обладнанню та персоналу. Заходи контролю: клієнт надає прогнози погоди для цієї зони двічі на день, що дозволяє команді заздалегідь підготуватися до зміни умов; усі обладнання проходять перевірку на морехідність перед виходом у море; розроблені безпечні зони для евакуації персоналу, якщо погодні умови значно погіршаться.

2. Ризик переохолодження. Через низькі температури та тривале перебування на відкритому повітрі персонал може бути підданий ризику переохолодження. Заходи контролю: персонал забезпечується теплим одягом, спеціально адаптованим для умов роботи на відкритому повітрі; усі працівники працюють в парі та стежать один за одним, щоб вчасно виявити ознаки переохолодження (наприклад, тремтіння або сповільнене мовлення).

3. Великі хвилі, що загрожують палубі. Великі хвилі можуть впливати на стійкість судна та становлять загрозу для обладнання і персоналу. Заходи контролю: команду регулярно інформують про місцеві погодні умови, а за необхідності забороняється доступ на відкриті палуби; у нічний час забезпечується достатнє освітлення для безпечного пересування палубою; контейнерні блоки розташовуються вище рівня хвиль для уникнення їх заливання.

4. Погіршення якості даних через погані погодні умови. Погіршення умов може знизити якість даних, отриманих під час дослідження. Заходи контролю: обговорюються погодні допуски для якості даних перед початком робіт; оператори та представники клієнта перевіряють якість даних протягом усієї операції, особливо під час несприятливих погодних умов.

5. Туман і обмежена видимість. Погіршення видимості під час туману може створити загрозу зіткнення з іншими об'єктами або ускладнити пошуки людини за бортом (МОБ). Заходи контролю: операції припиняються, якщо видимість знижується менше ніж на 500 метрів; судно переходить у режим динамічного позиціонування, що дозволяє утримувати його в стабільному положенні подалі від інших об'єктів; всі навігаційні екрани на містку оновлюються для чіткого відображення положення інфраструктури.

6. Зачеплення за рибальське спорядження. Існує ризик зачеплення обладнання за рибальське спорядження, яке може перебувати у зоні проведення досліджень. Заходи контролю: команда містка здійснює спостереження за рибальськими суднами та спорядженням; перед початком робіт із рибалками в зоні проводиться інструктаж і узгоджується порядок дій для уникнення конфліктів та перешкод.

7. Повороти ліній з буксируванням обладнанням. Повороти з буксируванням обладнанням можуть призвести до заплутування тросів у пропелерах судна. Заходи контролю: трос обладнання скорочується до необхідної довжини під час поворотів; оптимальні радіуси повороту обговорюються під час інструктажів і отримують погодження клієнта для мінімізації ризику зачеплення.

8. Близькість до бурової платформи на родовищі Яску та підводної інфраструктури. Наближення до платформи або підводних трубопроводів створює ризик зіткнення. Заходи контролю: курси до платформи плануються таким чином, щоб уникати прямого наближення; під час робіт біля платформи на містку завжди перебувають два старших офіцери для спостереження за операцією та навігацією.

Роль інновацій у зниженні ризиків. Сучасні технологічні досягнення значно підвищують безпеку морських бурових операцій, забезпечуючи нові підходи до моніторингу, управління та прогнозування ризиків [17]. Інновації, такі як дрони, роботизовані системи, штучний інтелект (ШІ), цифрові двійники та аналітика великих даних, стали важливими інструментами для зниження рівня ризиків на бурових платформах.

Технології віддаленого моніторингу. Віддалений моніторинг за допомогою дронів та роботизованих систем дозволяє проводити інспекції важкодоступних або небезпечних ділянок платформи без необхідності відправляти персонал. Дрони оснащені високоякісними камерами, тепловізорами та сенсорами, що дозволяють знімати високоточні зображення, відео та дані. Це особливо корисно в умовах екстремальних погодних ситуацій або високого ризику для безпеки працівників. Застосування дронів дозволяє значно скоротити час інспекцій, а також виявляти дефекти та ознаки зношування на ранніх етапах. Наприклад, на одній з платформ у Північному морі регулярні огляди дронами допомогли знизити кількість традиційних перевірок, що потребували втручання персоналу, на 30%. Це не лише підвищило ефективність операцій, але й зменшило ризики для працівників.

Автоматизація та штучний інтелект (ШІ). Застосування автоматизації та ШІ дозволяє операторам бурових платформ краще розуміти стан обладнання та передбачати можливі поломки ще до їх виникнення. Алгоритми ШІ аналізують поточні показники та порівнюють їх із історичними даними, що дозволяє виявляти навіть незначні відхилення. Наприклад, різкі зміни температури чи тиску в певних частинах системи можуть свідчити про можливу несправність, яку потрібно перевірити. Крім того, ШІ здатний визначати закономірності в роботі платформи та прогнозувати можливі несправності, ґрунтуючись на факторах, які в минулому спричиняли відмови. Дослідження вказує на те, що використання ШІ зменшило час простоїв на 20-30%, що є значним показником для морських операцій, де кожна година простою дорого обходиться [17].

Екологічні заходи. Захист навколишнього середовища є одним із ключових пріоритетів для морських бурових компаній. Тому інновації у сфері екологічної безпеки набувають дедалі

більшого значення. Наприклад, сучасні системи раннього попередження витоків можуть виявляти навіть незначні зміни тиску чи обсягу продукції, що транспортується трубопроводами. Це дозволяє оперативно реагувати на витіки, мінімізуючи вплив на довкілля. Системи моніторингу, які інтегрують дані з кількох сенсорів, можуть сигналізувати про потенційні проблеми ще до того, як витік стане помітним. Дослідження показало, що використання таких систем зменшує час реагування на витіки нафти до 40%, що значно знижує ризики для морської екосистеми [9].

Цифрові двійники. Цифрові двійники створюють цифрову модель фізичної платформи, яка дозволяє операторам в реальному часі бачити стан кожного компонента обладнання. Ця модель поєднує дані з сенсорів, історичні записи та алгоритми прогнозування, що дозволяє проводити віртуальні симуляції можливих сценаріїв аварій. Це допомагає інженерам проаналізувати ймовірність ризиків і вжити проактивних заходів. Завдяки цифровим двійникам можна швидко перевірити, як певний компонент платформи реагуватиме на зміни у зовнішніх умовах, наприклад, при погіршенні погодних умов або зростанні навантаження. Дослідження показує, що використання цифрових двійників підвищує загальну ефективність управління ризиками на 25%, оскільки дозволяє операторам вчасно приймати рішення на основі реальних даних [17].

Використання великих даних (Big Data). Аналіз великих даних відкриває нові можливості для передбачення ризиків і оптимізації операцій на бурових платформах. Використання історичних даних, таких як інформація про поломки, корозійні процеси, технічне обслуговування та погодні умови, дозволяє створювати прогностичні моделі для оцінки ймовірності різних аварійних ситуацій. Компанії використовують великі дані для оптимізації графіків обслуговування, планування операцій з урахуванням погодних умов і навіть для розробки планів евакуації в разі надзвичайних ситуацій. Дослідження показало, що аналітика великих даних дозволила зменшити кількість аварій на 15% завдяки точному прогнозуванню та запобіжним заходам [17].

SWOT-аналіз і його використання для оцінки ризиків обслуговування та експлуатації морських бурових платформ. SWOT-аналіз є інструментом стратегічного управління, який дозволяє оцінювати сильні сторони (Strengths), слабкі сторони (Weaknesses), можливості (Opportunities) та загрози (Threats) певного об'єкта або процесу. Цей метод широко застосовується у бізнесі для розробки стратегій розвитку, однак його ефективність також добре зарекомендувала себе в оцінці ризиків різних промислових галузей, зокрема в нафтовидобувній сфері. SWOT-аналіз дозволяє визначити як внутрішні фактори (сильні та слабкі сторони), так і зовнішні фактори (можливості та загрози), які можуть вплинути на ефективність роботи бурових платформ.

У контексті обслуговування та експлуатації морських бурових платформ SWOT-аналіз є корисним інструментом для оцінки ризиків, оскільки він надає системний підхід до виявлення критичних факторів, які можуть мати вплив на безпеку операцій, ефективність обслуговування та екологічну відповідальність. Сильні сторони можуть включати, наприклад, високий рівень технологічної оснащеності платформи та кваліфікацію персоналу, що дозволяє знижувати ймовірність аварій. Слабкі сторони можуть охоплювати такі фактори, як високі витрати на обслуговування або обмежений доступ до обладнання через віддаленість платформи. Можливості дозволяють визначити перспективи вдосконалення – наприклад, впровадження безпілотних дронів для моніторингу обладнання або аналітики великих даних для прогнозування поломок. Загрози ж допомагають врахувати зовнішні фактори ризику, як-от несприятливі погодні умови чи загроза кібератак.

Використання SWOT-аналізу для оцінки ризиків обслуговування та експлуатації морських бурових платформ дозволяє компаніям ефективніше ідентифікувати слабкі місця та розробляти превентивні заходи. Наприклад, виявлення загрози кібератак може стимулювати компанію впроваджувати додаткові засоби кібербезпеки, а визначення слабких сторін, таких як людський фактор, допомагає підвищити якість навчання персоналу та запровадити програми управління стресом. SWOT-аналіз також сприяє покращенню екологічної відповідальності: виявлення потенційних ризиків забруднення навколишнього середовища стимулює компанії розробляти кращі системи попередження витоків.

На підставі розглянутих ризиків для бурової платформи на родовищі Jacky зробимо SWOT-аналіз для оцінки ризиків обслуговування та експлуатації морських бурових платформ (Табл. 1) та матрицю зі стратегіями для використання можливостей та протидії загрозам відповідно до SWOT-аналізу (Табл. 2)

Таблиця 1

SWOT-аналіз ризиків для бурової платформи на родовище Jacky

Сильні сторони (Strengths)	Слабкі сторони (Weaknesses)	Можливості (Opportunities)	Загрози (Threats)
<i>Інноваційна методологія оцінки ризиків:</i> Використання матриці ризиків для оцінки серйозності та ймовірності загроз забезпечує структурований підхід до управління ризиками.	<i>Високі витрати на обладнання та навчання:</i> Необхідність у спеціалізованому обладнанні та регулярних тренуваннях збільшує витрати.	<i>Розвиток нових технологій безпеки:</i> Впровадження безпілотників для інспекцій, прогностичного обслуговування та аналітики великих даних може суттєво зменшити ризики.	<i>Погодні умови та природні катастрофи:</i> Урагани та хвилі можуть спричинити пошкодження обладнання, загрожуючи безпеці працівників і техніки.
<i>Екологічні заходи контролю:</i> Впровадження сучасних систем раннього виявлення витоків мінімізує ризики забруднення навколишнього середовища.	<i>Складність технічного обслуговування:</i> Через морське розташування платформи важко проводити своєчасний ремонт та обслуговування.	<i>Підвищення міжнародних стандартів:</i> Нові стандарти допоможуть зменшити кількість аварій, сприяючи стабільності операцій.	<i>Екологічні катастрофи:</i> Витоки нафти можуть призвести до значних забруднень, високих штрафів та втрати репутації.
<i>Висококваліфікований персонал:</i> Регулярні тренінги та інструктажі для персоналу знижують ймовірність людських помилок під час операцій.	<i>Обмеження через людський фактор:</i> Попри тренування, довготривала робота підвищує ймовірність помилок через втому.	<i>Інтеграція великих даних для прогнозування ризиків:</i> Прогнозування на основі історичних даних дозволяє вчасно виявляти потенційні загрози.	<i>Ризик кібератак:</i> З цифровізацією платформи зростає ймовірність кібератак, що можуть порушити роботу систем.

Таблиця 2

Матриця стратегій для використання можливостей та протидії загрозам відповідно до SWOT-аналізу

SWOT-аналіз	МОЖЛИВОСТІ (O):	ЗАГРОЗИ (T):
1	2	3
<i>Сильні сторони (S):</i>	<i>SO-стратегії:</i>	<i>ST-стратегії:</i>
1. Сучасні системи моніторингу (IoT)	1. Інтеграція IoT з ІІІ для предиктивної аналітики	1. Посилення систем раннього попередження
2. Кваліфікований персонал	2. Створення цифрових двійників на базі наявних систем моніторингу	2. Розробка планів швидкого реагування
3. Автоматизовані системи безпеки	3. Розробка міжнародних навчальних програм	3. Впровадження додаткового захисту від корозії
4. Чіткі процедури та інструкції	4. Автоматизація процесів на основі накопичених даних	4. Покращення системи екологічного моніторингу
<i>Слабкі сторони (W):</i>	<i>WO-стратегії:</i>	<i>WT-стратегії:</i>
1. Висока вартість обслуговування	1. Впровадження дистанційного обслуговування для зниження витрат	1. Створення резервних систем управління для уникнення витрат у випадку аварій
2. Залежність від людського фактору	2. Розвиток автоматизованих систем для зменшення людського фактору	2. Розробка автономних систем безпеки для мінімізації впливу людських помилок
3. Складність швидкого ремонту	3. Створення віртуальних систем навчання для пришвидшення процесу ремонту	3. Формування аварійних запасів обладнання для забезпечення швидкого ремонту

Продовження таблиці 2

1	2	3
4. Обмежений доступ до платформи	4. Оптимізація витрат через предиктивне обслуговування	4. Впровадження систем автоматичної зупинки для запобігання аваріям в умовах ізоляції
5. Ізольованість від берегової бази	5. Використання дронів і дистанційного моніторингу для обслуговування на відстані	5. Забезпечення додаткових засобів зв'язку для оперативного реагування на надзвичайні ситуації

Висновки

Дослідження виявило, що ефективне управління ризиками в обслуговуванні та експлуатації морських бурових платформ є ключовим елементом для забезпечення стабільності та безпеки у важких морських умовах. Сучасні морські платформи стикаються з численними викликами, включаючи фізичні загрози (шторми, корозію, високі хвилі), технічні проблеми, людський фактор та екологічні ризики, зокрема ймовірність витоків нафти. Використання інноваційних підходів, таких як цифрові двійники, аналітика великих даних, автоматизація та штучний інтелект, показало значні переваги в зниженні ризиків і підвищенні ефективності роботи платформ.

SWOT-аналіз ризиків демонструє, що сильні сторони морських бурових платформ включають високий рівень технологічного забезпечення та кваліфікований персонал, що є важливими чинниками для зниження людських помилок і своєчасного реагування на технічні несправності. Водночас, серед слабких сторін залишаються високі витрати на впровадження інноваційних технологій і обмеження в оперативному обслуговуванні через ізольованість платформи. Це підкреслює потребу у фінансовій підтримці для інновацій та оптимізації логістики для своєчасного обслуговування.

Зовнішні можливості для покращення управління ризиками включають розвиток нових міжнародних стандартів безпеки, що сприятиме підвищенню загального рівня безпеки операцій. Інтеграція аналітики великих даних дозволяє прогнозувати потенційні несправності, а застосування безпілотних систем моніторингу спрощує обслуговування і покращує моніторинг стану обладнання.

Основними загрозами залишаються несприятливі погодні умови, які можуть порушувати роботу платформи, загрози кібератак через підвищену цифровізацію, а також екологічні катастрофи, що можуть завдати шкоди морським екосистемам і негативно вплинути на репутацію компанії. Застосування проактивного підходу до управління ризиками, включаючи цифрові двійники, системи раннього виявлення, аналітику великих даних і автоматизовані системи безпеки, стає життєво важливим для зменшення аварійності та захисту довкілля.

Отже, для забезпечення стабільної роботи морських бурових платформ необхідна інтеграція інноваційних технологій у стратегії управління ризиками, що дозволяє забезпечити безпечну експлуатацію, мінімізувати аварії та підтримувати екологічні стандарти в умовах зростаючої складності морських операцій.

Перелік використаних джерел:

1. Risk identification and assessment methods of offshore platform equipment and operations / K. Liu et al. *Process Safety and Environmental Protection*. 2023. Vol. 177. Pp. 1415-1430. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.07.081>.
2. Application of a generic bow-tie based risk analysis framework on risk management of sea ports and offshore terminals / Mokhtari K., Ren J., Roberts Ch., Wang J. *Journal of Hazardous Materials*. 2011. Vol. 192. Iss. 2. Pp. 465-475. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.05.035>.
3. Parkes K. Human factors, health and safety in the offshore oil/gas industry. *Proceedings of the Annual Conference of the Human Factors and Ergonomics Society of Australia*, Perth, Australia, 2-4 December 2013. Pp. 1-10.
4. Chen Y., Cui L., Wang C. T Application of MES system in the safety management of offshore oil and gas fields. *Journal of Quantum Computing*. 2019. Vol. 1. № 1. Pp. 41-48. DOI: <https://doi.org/10.32604/jqc.2019.06283>.
5. Quantitative risk analysis of offshore well blowout using bayesian network / B. Yin et al. *Safety Science*. 2021. Vol. 135. Article 105080. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.105080>.

6. Dynamic risk-based maintenance for offshore processing facility / J. Bhandari et al. *Process Safety Progress*. 2016. Vol. 35(4). Pp. 399-406. DOI: <https://doi.org/10.1002/prs.11829>.
7. Guédé F. Risk-based structural integrity management for offshore jacket platforms. *Marine Structures*. 2019. Vol. 63. Pp. 444-461. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2018.04.004>.
8. Project Risk Assessment «Site Survey Clearance Sweep – Jacky Platform» № LU3481H-534-PRA-01. GEOxyz, 2019. 24 p.
9. Environmental Risk Assessment induced by Offshore Oil Spills. URL: <https://marine.copernicus.eu/services/use-cases/environmental-risk-assessment-induced-offshore-oil-spills> (дата звернення: 13.09.2024)
10. Brandsæter A. Risk assessment in the offshore industry. *Safety Science*. 2002. Vol. 40. № 1-4. Pp. 231-269. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0925-7535\(01\)00048-0](https://doi.org/10.1016/s0925-7535(01)00048-0).
11. The methodology of quantitative risk assessment studies / M. Rigaud et al. *Environmental Health*. 2024. Vol. 23. Pp. 1-32. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12940-023-01039-x>.
12. Vanko V., Prikhodko O. Matrix method for FMEA-analysis as a tool for promoting the quality of production. *Measuring Equipment and Metrology*. 2017. Vol. 78. Pp. 80-84. DOI: <https://doi.org/10.23939/istcmtm2017.78.080>.
13. Самойленко М. Ю. Принципи застосування технології інтернет речей у сучасному світі техніки. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2020. Вип. 1. № 6. С. 142-148. DOI: <https://doi.org/10.32838/tnu-2663-5941/2020.6-1/24>.
14. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «НДІ «Система», 2016. 22 с.
15. API Recommended Practice for Design and Installation of Offshore. Production Platform Piping Systems 14E (RP 14E). 5-th ed. American Petroleum Institute, 1991. 62 p.
16. Brito M. P., Griffiths G., Challenor P. Risk analysis for autonomous underwater vehicle operations in extreme environments. *Risk Analysis*. 2010. Vol. 30(12). Pp. 1771-1788. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01476.x>.
17. 30 innovations for disaster risk reduction / T. Izumi et al. IRIDeS, Keio University, the University of Tokyo, UNU-IAS, CWS Japan, 2019. 80 p.

References:

1. K. Liu et al., «Risk identification and assessment methods of offshore platform equipment and operations», *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 177, pp. 1415-1430, 2023. **doi: 10.1016/j.psep.2023.07.081**.
2. K. Mokhtari, J. Ren, Ch. Roberts, and J. Wang, «Application of a generic bow-tie based risk analysis framework on risk management of sea ports and offshore terminals», *Journal of Hazardous Materials*, vol. 192, iss. 2, pp. 465-475, 2011. **doi: 10.1016/j.jhazmat.2011.05.035**.
3. K. Parkes, «Human factors, health and safety in the offshore oil/gas industry», in Proc. Annual Conf. of the Human Factors and Ergonomics Society of Australia, Perth, Australia, 2013, pp. 1-10.
4. Y. Chen, L. Cui, and C. Wang, «T Application of MES system in the safety management of offshore oil and gas fields», *Journal of Quantum Computing*, vol. 1, № 1, pp. 41-48, 2019. **doi: 10.32604/jqc.2019.06283**.
5. B. Yin, B. Li, G. Liu, Z. Wang, and B. Sun, «Quantitative risk analysis of offshore well blowout using bayesian network», *Safety Science*, vol. 135, article 105080, 2021. **doi: 10.1016/j.ssci.2020.105080**.
6. J. Bhandari, E. Arzaghi, R. Abbassi, V. Garaniya, and F. Khan, «Dynamic risk-based maintenance for offshore processing facility», *Process Safety Progress*, vol. 35(4), pp. 399-406, 2016. **doi: 10.1002/prs.11829**.
7. F. Guédé, «Risk-based structural integrity management for offshore jacket platforms», *Marine Structures*, vol. 63, pp. 444-461, 2019. **doi: 10.1016/j.marstruc.2018.04.004**.
8. Project Risk Assessment «Site Survey Clearance Sweep – Jacky Platform» № LU3481H-534-PRA-01. GEOxyz, 2019. 24 p.
9. Environmental Risk Assessment induced by Offshore Oil Spills. [Online]. Available: <https://marine.copernicus.eu/services/use-cases/environmental-risk-assessment-induced-offshore-oil-spills>. Accessed on: September 13, 2024.
10. A. Brandsæter, «Risk assessment in the offshore industry», *Safety Science*, vol. 40, № 1-4, pp. 231-

- 269, 2002. doi: 10.1016/s0925-7535(01)00048-0.
11. M. Rigaud et al. «The methodology of quantitative risk assessment studies», *Environmental Health*, vol. 23, pp. 1-32, 2024. doi: 10.1186/s12940-023-01039-x.
 12. V. Vanko, and O. Prikhodko, «Matrix method for FMEA-analysis as a tool for promoting the quality of production», *Measuring Equipment and Metrology*, vol. 78, pp. 80-84, 2017. doi: 10.23939/istcmtn2017.78.080.
 13. M.Y. Samoilenko, «Pryntsypy zastosuvannia tekhnolohii internet rechei u suchasnomu sviti tekhniki» [«Principles of application of the internet of things technology in the modern world of technical devices»], *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriya: Tekhnichni nauky – Scientific notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, vol. 1, № 6, pp. 142-148, 2020. doi: 10.32838/tnu-2663-5941/2020.6-1/24. (Ukr.)
 14. *Systemy upravlinnya yakistyu* [Quality management systems], State Standart ISO 9001:2015, Kyiv, DP «NDI «Systema», 2016. (Ukr.)
 15. *API Recommended Practice for Design and Installation of Offshore. Production Platform Piping Systems 14E (RP 14E)*, 5-th ed., American Petroleum Institute, 1991.
 16. M.P. Brito, G. Griffiths, and P. Challenor, «Risk analysis for autonomous underwater vehicle operations in extreme environments», *Risk Analysis*, vol. 30(12), pp. 1771-1788, 2010. doi: 10.1111/j.1539-6924.2010.01476.x.
 17. T. Izumi, R. Shaw, M. Ishiwatari, R. Djalante, and T. Komino, *30 innovations for disaster risk reduction*. IRIDeS, Keio University, the University of Tokyo, UNU-IAS, CWS Japan, 2019.

Стаття надійшла 25.10.2024

Стаття прийнята 13.11.2024

УДК 656.62

doi: 10.31498/2225-6733.49.2.2024.321391

© Ганношина І.М.¹, Левченко О.В.²

МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАННЯ ПІД ЧАС ТРЕНАЖЕРНОЇ ПІДГОТОВКИ СУДНОВОДІВ

Тренажерна підготовка – це ефективний метод практичного навчання, що дозволяє курсантам морських навчальних закладів здобути практичні навички в умовах максимально наближених до реальності. Проте традиційні методи оцінки знань, такі як письмове тестування, не можуть забезпечити повну картину рівня практичних навичок курсантів. У зв'язку з цим виникає потреба у використанні більш ефективних методів оцінки, які дозволяють виміряти рівень досягнення певних компетенцій та практичних навичок. Тренажери та системи оцінювання, реалізовані на їх базі, можуть надати робочий інструмент для вимірювання рівня досягнення певних компетенцій та практичних навичок. Однак процес отримання оцінок знань і навичок на тренажері не такий простий, як способи оцінки в традиційному навчанні. Інструктори, які проводять оцінку практичних навичок у учнів, стикаються з обмеженнями в способах отримання інформації про дії учнів, а також з необхідністю одночасного контролю кількох учнів або великої кількості параметрів діяльності, що відстежуються. Крім того, критерії оцінки, визначені у стандарті «Standards of Training, Certification & Watch keeping», не забезпечують чіткої методології оцінювання. Це призводить до того, що оцінки навчання на тренажері змінюються залежно від інструктора, а також бали навчання на тренажері учнів є

¹ канд. техн. наук, доцент, Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ, ORCID: 0000-0001-5810-2462, iramsu2021@ukr.net

² канд. екон. наук, доцент, Державний університет інфраструктури та технологій, м. Київ, ORCID: 0000-0001-7659-347X, olevchenko76@gmail.com