

УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ ТЕХНОГЕННИХ НЕБЕЗПЕК ПРИ РОЗРОБЦІ МОРСЬКИХ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ

В.Б. Боднарук

*ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська 15, тел. (03422) 42073,
e-mail: public@nunn.edu.ua*

Аналіз аварійності є основою для прийняття обґрунтованих рішень щодо попередження аварій, у тому числі для проведення кількісного аналізу ризику нафтогазових морських об'єктів.

Один з напрямків освоєння нових районів нафтових і газових родовищ останнім часом пов'язано з розвитком нафтогазовидобування на континентальних морських шельфах.

Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ на континентальному шельфі відноситься до сфери виробничої діяльності підвищеного ризику. В статті розглянуто концепцію аналізу аварій, наведено методи аналізу та оцінки техногенного ризику, також наведено плюси і мінуси кожного методу. Надана структура оцінки ризику, також приведено приклад ідентифікації небезпек і оцінки ризику на стадії експлуатації морських нафтогазових родовищ. Наведено приклад дерева відмов, а саме руйнування конструкції.

Ключові слова: ризик, аварія, управління, аналіз, дерево відмов, дерево подій.

Анализ аварийности является основой для принятия обоснованных решений по предупреждению аварий, в том числе для проведения количественного анализа риска нефтегазовых морских объектов.

Одно из направлений освоения новых районов нефтяных и газовых месторождений в последнее время связано с развитием нефтегазодобычи на континентальных морских шельфах.

Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений на континентальном шельфе относится к сфере производственной деятельности повышенного риска. В статье рассмотрена концепция анализа аварий, приведены методы анализа и оценки техногенного риска, также приведены плюсы и минусы каждого метода. Данная структура оценки риска также приведены пример идентификации опасностей и оценки риска на стадии эксплуатации морских нефтегазовых месторождений. Приведен пример дерева отказов, а именно разрушение конструкции.

Ключевые слова: риск, авария, управление, анализ, дерево отказов, дерево событий.

Accident rate analysis is the basis for taking well-grounded decisions to prevent accidents and conduct quantitative risk analysis at offshore oil and gas facilities.

One of the ways for developing new areas of oil and gas fields is connected with development of oil and gas production in the continental shelf area.

Exploration and development of oil and gas fields in the continental shelf area belongs to the sphere of higher-risk production activities. In the article the concept of accidents analysis is considered, methods for analysis and evaluation of technogenic risk are developed, and pros and cons of each method are provided. Risk evaluation structure and the example of hazards identification and risk evaluation at the stage of operation of the offshore oil and gas fields are provided. An example of fault tree, namely, the destruction of the structure, is given.

Key words: risk, accident, management, analysis, fault tree, event tree

Світовий видобуток енергоносіїв все активніше переходить на морський і океанічний шельфи. Частка ресурсів, які видобуваються на шельфі, перевищує 50% їх загальної кількості, і надалі ця цифра зростатиме. Протягом найближчих 10 років світовий попит на газ зростатиме щорічно на 2,9%, тобто на 4,1 трлн. м³. Тому усі країни Чорноморського басейну активізували розвідку і розробку родовищ у своїх територіальних водах та економічних зонах.

Початкові сумарні ресурси вуглеводнів українського сектора акваторій Чорного і Азовського морів оцінюються в об'ємі 1,5 млрд. тон умовного палива.

На українському шельфі працює ДАТ «Чорноморнафтогаз», може відновити діяльність Vanco Prykerchenska, мають перспективи співпраці Газпром, "Лукойл", Korea Resources Corporation, ТНК-ВР, Royal Dutch Shell Group, Chevron.

Для нарощування об'ємів видобутку ДАТ "Чорноморнафтогаз", за останні три роки, поповнив технологічний флот новими суднами,

придбано дві нові СПБУ. Вивчення питання ризиків аварійності на МНС є на сьогоднішній день актуальним, що дозволить зменшити аварійність на МНС та наслідки негативного впливу на довкілля і це визначає актуальність досліджень щодо зменшенню ризиків. Однією із небезпек під час роботи на морських промислах є розливи нафти та нафтопродуктів за межі морської споруди. Вивчення причин виникнення наслідків та методів ліквідації аварійних ситуацій є актуальним на даний час.

Методика оцінки рівнів безпеки нафтогазових промислів на основі аналізу й оцінювання ризику аварій була розроблена у 90-х роках минулого століття у США і на сьогоднішній день вона активно розвивається науковцями багатьох країн, зокрема Великобританії, Нідерландів, Франції. На даний момент вона досягла того рівня розвитку, коли результати її практичного застосування вагомо впливають на процес експлуатації МНС.

Видобуток вуглеводневої сировини в морських умовах набагато складніший за видобу-

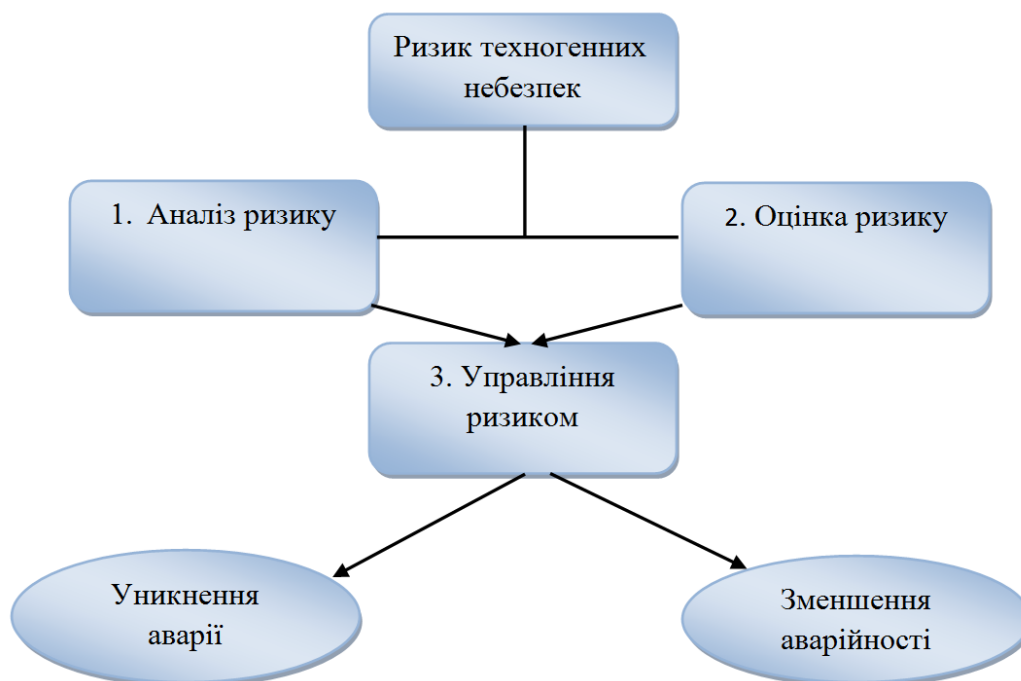


Рисунок 1 – Структура оцінки ризику техногенних небезпек на морських нафтогазових промислах (МНГП)

ток на континенті. Численні загрози безпеки промислових споруд складніше піддаються оцінці та управлінню. Як наслідок - аварійність на деяких об'єктах морського нафтогазового комплексу, що супроводжується травматизмом людей, серйозними наслідками для довкілля та фінансовими втратами. Високі темпи розвитку галузі, необхідність освоєння глибоководних районів континентального шельфу викликають серйозні побоювання в можливості забезпечення безпеки видобувної діяльності для людини і навколишнього середовища. У зв'язку з цим актуальністю досліджень є розробка нових і вдосконалення існуючих підходів з регулювання безпеки робіт на морських нафтогазових промислах.

Аналіз літературних джерел свідчить, що оцінка ризику являє собою процедуру ідентифікації джерел небезпеки, оцінки існуючих і потенційних небезпек. На підставі результатів оцінки ризику розробляються заходи щодо зниження рівня небезпеки до прийнятного. Після проведення аналізу літератури можна запропонувати наступну структуру (рисунок 1) для оцінки ризику техногенних небезпек.

1. Аналіз ризику – (ідентифікація небезпек) – це інструмент, який відповідає на головні питання, які пов'язані з аваріями. Головним завданням аналізу ризиків є систематичне використання наявної інформації для виявлення небезпек та оцінки ризиків персоналу, обладнання і навколишнього середовища. Воно являє собою процес визначення небезпек, який є важливим першим кроком оцінки ризику. Є два можливі методи у визначенні небезпек:

а) метод отримання переліку небезпек для подальшої оцінки з використанням інших ме-

тодів оцінки ризику. Цей метод називають – вибір списку небезпек (failure case selection).

б) Виконання якісної оцінки ризиків і заходів щодо їх зниження. Цей метод називають – оцінка небезпеки (hazard assessment).[2]

Ідентифікацію небезпеки головним чином ґрунтують на висновках групи експертів, які мають досвід із даного виду аварій, а групова взаємодія покращує розгляд аварії.

2. Оцінка ризику (аналіз наслідків) – це процес порівняння і «зважування» рівнів ризику від різних небезпек для виявлення їх відносної значущості, для дослідження критеріїв безпеки, а також виявлення параметрів управління ризиком. У процесі оцінки ризику здійснюється поділ за рівнями ризику, порівняння отриманих результатів рівня ризику з допустимими або прийнятними ризиками і виявлення зон підвищеної небезпеки. Цей аналіз поділяється на три типи: якісний, кількісний або напівкількісний.

Застосування якісного підходу є найпростішим (найменша потреба ресурсів і додаткових навичок) для забезпечення найменшого ступеня розуміння. Кількісний підхід найбільш вимогливий до ресурсів і навичок, але потенційно найбільш детальний для розуміння. Напівкількісний підхід лежить між ними.

3. Управління ризиком (аналіз частоти виникнення) - це процес виявлення та оцінки потенційних небезпек в системі або внаслідок діяльності особи, а також для виявлення та впровадження заходів контролю ризику з метою усунення або зменшення потенційної шкоди для людей і навколишнього середовища або інших активів.[2]

Приклади ідентифікації небезпек і оцінки ризику на стадії експлуатації морських нафтогазових родовищ наведено в таблиці 1. [3]

Таблиця 1 – Приклади ідентифікації небезпек і оцінки ризику на стадії експлуатації морських нафтогазових родовищ

Діяльність: експлуатація	Опис: всі завдання, пов'язані з управлінням, експлуатацією і технічним обслуговуванням морських нафтогазових споруд, які використовують для видобутку нафти і газу, включаючи трубопроводи	
Етапи з ідентифікації небезпек і оцінки ризику	Приклади розглянутих аспектів і дій, які вживаються	Коментарі
1	2	3
Ідентифікація небезпек	Викиди, що виникли в процесі роботи свердловин і гирлового обладнання. Пожежі і вибухи, що виникли в процесі роботи технологічного обладнання. Відмови в роботі інженерно-технічних систем. Роботи на висоті і спуско-підймальні роботи. Надзвичайні умови навколишнього середовища (хвилі, блискавки, вітер, землетрус). Зіткнення з морським або повітряним судном. Спеціальні операції (наприклад, водолазні), важкі фізичні роботи, будівництво. Вплив людини. Шкідливі умови виробництва (небезпечні хімічні речовини, радіоактивні джерела і т.д.). Екологічні небезпеки (розливи нафти, скидання токсичних хімічних речовин, токсичних викидів і т.д.)	Небезпечні ситуації чи події, пов'язані з ними, які виникли на інших установках в цій же локальній області, можуть враховуватись при ідентифікації ймовірних небезпек в період експлуатації. Взаємодія різних видів діяльності, які відбуваються одночасно, може призвести до активзації небезпек, які раніше не розглядалися як істотні. Небезпеки, що виникають в результаті близькості обладнання та споруд, що належать третій стороні, повинні бути враховані (наприклад трубопроводи, які не працюють і стояки, прилеглі навантажувальні пристрої або підводні свердловини). Небезпеки, що виникають через помилки людини, особливо важливі в період експлуатації, і необхідно адекватно ідентифікувати небезпеки, пов'язані з неправильними експлуатацією або технічного обслуговування.
Оцінка небезпек і ризику	Компетентність та досвід технічного персоналу повинні бути використані для безперервної оцінки ризиків HSE(здоров'я, безпека та навколишнє середовище) в діяльності організації. Вимоги, засновані на попередньому досвіді, повинні бути враховані при управлінні експлуатацією технічних засобів, включаючи організаційні та законодавчі. Контрольні листи, процедури "Допуску до роботи" і аналіз небезпеки використовують для звичайних операцій. Аналіз дослідження небезпек і працездатності використовують для оцінки нестандартних операцій. Для основних модифікацій установки може використовуватися метод кількісної оцінки ризику спільно з дослідженнями дерева відмов і дерева подій. Аналіз екологічного ризику та оцінка ризику для здоров'я може бути модифікований для відображення змін в умовах експлуатації, таких як різних хімікатів, фарбувальних матеріалів, зміна чисельності персоналу і т.д.	Компетентність та досвід персоналу з експлуатації та обслуговування є найважливішими факторами в період експлуатації. Акцент має бути зроблений на отримання зворотного зв'язку про небезпечні події або події, пов'язані з ними, що може допомогти при оцінці експлуатаційних ситуацій для майбутніх робіт. Особлива увага повинна бути приділена оцінці процедур позмінної роботи і передачі робочих змін, а також їх взаємодії з системою, такою як "Допуск до роботи". Контроль та випробування часто включають в себе процедури, які можуть активувати небезпеки на місцях, де їх, зазвичай, не очікують (наприклад, радіоактивні джерела, небезпечні хімікати, обладнання для опресовування). Вплив цих факторів в нормальному операційному режимі необхідно вивчати і враховувати. Сукупний вплив змін протягом тривалого періоду часу, включаючи погіршення стану технічних засобів та обладнання, має бути оцінений для забезпечення відповідності заходів з безпеки встановленим вимогам.

Продовження таблиці 1

1	2	3
Відбіркові критерії	Рівні ризику організації для персоналу, навколишнього середовища і активів. Обов'язкові вимоги до безпеки технічних засобів та обладнання. Максимально прийнятний рівень небезпеки персоналу хімічним, радіологічним та фізичним небезпекам. Максимально прийнятні рівні забруднення.	Експлуатаційні відбіркові критерії впливають із національних або міжнародних обов'язкових вимог. Встановлені на їх основі вимоги організації також є головним джерелом відбіркових критеріїв.
Заходи щодо зниження ризику	Зниження кількості небезпечних речовин шляхом зміни системи обробки. Використання хімічних речовин, які менш небезпечні для здоров'я або менш забруднюють навколишнє середовище. Зниження чисельності персоналу. Поліпшення роботи систем безпеки шляхом модифікації устаткування або зміни процедур контролю та / або технічного обслуговування. Поліпшення інфраструктури виробничого середовища шляхом зниження рівня шуму і вібрації, забезпечення зручного доступу для виконання нестандартних видів робіт, удосконалення обладнання для вантажно-розвантажувальних робіт (наприклад конвеєри, вантажні ліфти, додаткові площі для складування і т.д.)	Приділяти увагу заходам щодо усунення або зниження ймовірності появи небезпечної події. Зокрема, має бути приділена особлива увага заходам щодо зниження запасів пожежо-небезпечних матеріалів та інших джерел займання, а також слід включити або скоротити необхідність застосування операцій з відкритим вогнем.
Функціональні вимоги до дій щодо зниження ризику	Характеристики та вимоги до роботи систем безпеки, включаючи системи виявлення газу і загоряння, системи аварійної зупинки, протипожежну систему, системи тривоги, системи порятунку і евакуації. Процедури контролю та технічного обслуговування і періодичність, з якою вони проводяться, для забезпечення необхідного рівня надійності та придатності критичних систем. Обмеження на паралельні дії і небезпечні операції, такі як зварювання, зняття напруги і т.д. Обмеження параметрів експлуатації, включаючи характеристики тиску, температури і витрати. Чисельність персоналу і обмеження його комплектації для морських нафтогазових споруд, які працюють без обслуговуючого персоналу, включаючи кількість відвідувань споруди. Відповідні заходи в надзвичайних ситуаціях, включаючи час для збору і мобілізації команд пожежогасіння і порятунку, мобілізації рятувальних човнів для людей, евакуаційних і рятувальних процедур, мобілізації коштів авіаційної швидкої допомоги та мобілізації коштів для збору нафтової плями.	Функціональні вимоги повинні регулярно аналізуватися для забезпечення їх відповідності встановленим критеріям. Повинні бути встановлені і підтримуватися в робочому стані процедури і заходи з контролю відхилень і невідповідностей, запису даних про них, поширенню даних і оцінці можливого впливу відхилень. Результативний контроль і розподіл витратних матеріалів, запасних частин та інструментів і можуть допомогти в досягненні функціональних вимог, встановлених критеріїв і обмежити можливість виникнення небезпечних подій через помилки при застосуванні запасних частин. Необхідно визнати, що після здійснення всіх заходів щодо зниження ризику, існують певні залишкові небезпеки і ризику, і слід вжити адекватні заходи у формі планів дій і засобів, що використовуються в надзвичайних ситуаціях.

Напрями досліджень

В даний час над проблемами аналізу ризику працюють багато фахівців, а саме: математиків, фахівців з інформатики, технологів різних профілів. Можна виділити три основні напрями досліджень у цій області [4]:

1. *Вимірювання ризику, способи його кількісного визначення.* Розглядаються питання створення банків даних, пов'язаних з поломками і аваріями; розрахунки надійності систем; побудови математичних моделей аварій; сприйняття ризику населенням і т.д.

2. Підвищення безпеки великомасштабних технологічних систем. Розглядаються питання визначення допустимого рівня ризику (встановлення стандартів); вибору місця розташування нових систем; взаємодії людина-машина; розробки більш безпечних технологій; визначення економічно доцільного рівня витрат на безпеку.

3. Аварії та їх аналіз. Розглядаються причини виникнення і процес розвитку аварій; управління в надзвичайних ситуаціях; аналіз наслідків аварій.

Всі ці напрямки пов'язані один з одним тому і вимірювання ризику, і аналіз аварій необхідні в кінцевому рахунку для підвищення безпеки технологій.

Таким чином, враховуючи законодавчі акти, пов'язані з операціями при розробці морських нафтових та газових родовищ, а також технічні вимоги до правил безпеки при розробці родовищ на континентальному шельфі та інших українських нормативно-технічних документів, вдосконалення методів управління ризиками на основі формулювання оцінки безпеки при розробці та проведенні морських операцій на українському шельфі являє собою актуальну задачу для успішного розвитку видобутку вуглеводнів на шельфі України.

Також, після проведення аналізу літератури, ми можемо побачити, що на даний момент аналіз аварійності є не досконалим процесом в ідентифікації небезпек і їх попередженню при розливі нафто продуктів на поверхню води. Під час аналізування й ідентифікації небезпек слід враховувати й фактори, які самі по собі не можуть призвести до утворення аварії, але при їх поєднанні може призвести до масштабної катастрофи, тому при проведенні цих робіт слід вибрати найоптимальніший з методів оцінки ризику виникнення аварії.

Вимірювання ризику за допомогою інженерного підходу

Інженерний підхід застосовується при оцінці ризику в промислових технологіях. При оцінці надійності технології дослідник може зіткнутися з двома ситуаціями. У першій він має справу зі старою або традиційною технологією. У цьому випадку він може скористатися статистичними даними про працездатність технології, про вірогідність її відмов, аварій. Маючи статистичні дані по декількох окремих елементах технології, інженер може використовувати імовірнісний аналіз ризику для оцінки аварій даної технології [5].

Коли ж розглядається безпека нової технології, то будуються так звані дерева відмов і дерева подій [5]. Побудова дерева відмов починається з визначення деякого кінцевого (аварійного) стану системи. Далі перераховуються всі підсистеми та пов'язані з ними події, які можуть призвести до аварії. Для кожної підсистеми ця процедура повторюється, тобто визначаються ті події, які можуть призвести до аварії. Закінчення цієї процедури визначається або необхідним ступенем деталізації, або неможливістю подальшого "розщеплення" розглянутої

системи. Таким чином, будується дерево відмов.

Окремі елементи цього дерева можуть перебувати між собою в одній з двох логічних залежностей. Перша залежність полягає в тому, що подія (аварія) відбудеться тільки при одночасному здійсненні кількох інших подій (І), тобто подія А може відбутися, лише якщо одночасно відбудуться події В, С, D. Друга ситуація має місце тоді, коли відбулася подія А, але для її виникнення достатньо, щоб відбулася хоча б одна з подій В, С, D. Події або підсистеми, які не підлягають подальшій деталізації, називаються базисними.

Далі це дерево може використовуватися для якісного та кількісного аналізу. Якісний аналіз полягає в знаходженні всіх можливих комбінацій базисних або елементарних подій, які можуть обумовити настання кінцевої події. Кількісний аналіз дерева полягає у ймовірності визначення настання кінцевої події (аварії).

Дерева подій або дерева рішень призначені для вирішення в певному сенсі зворотного завдання. З їх допомогою намагаються відтворити можливі наслідки того чи іншого початкового рішення, дії, події. При аналізі ризику такою початковою подією є аварія або відмова певної системи. Побудова дерева полягає в послідовному знаходженні всіх можливих станів інших систем, діяльність яких пов'язана з розглянутою і відмова яких може вплинути на характер розвитку аварії.

Таким чином, використання дерев визначається тим, за якими причинно-наслідковими зв'язками необхідно простежити. Якщо потрібно з'ясувати, до яких наслідків може призвести аварія системи, будується дерево подій. Якщо потрібно зрозуміти, що може стати причиною аварії системи, будується дерево відмов.

Зауважимо, що дерева відмов і дерева подій являються взаємодоповнюючими методами дослідження надійності складних систем. Якщо побудувати гіпотетичний графік всіх можливих подій та їх взаємозв'язків, які мають відношення до безпеки об'єкту, то дерево відмов і дерево подій будуть являти собою різні фрагменти цього графіка. Імовірнісні оцінки, отримані на основі одного дерева, можуть використовуватися для отримання аналогічних оцінок в іншому дереві подій.

Дерево відмов

Дерево відмов відображає весь спектр "вхідної події", розміщення "вимоги" до системи та дій, щодо запобігання небезпеки. Вихідні події та гарантії можна очікувати за умов (наприклад, шторм), технічної (наприклад, силові установки) процедурної (не дотримання вахтою правил) або людської помилки, і ці події можуть бути пов'язані між собою. У напівкількісному підході не слід оцінювати правдоподібності, структури дерева, достатньо продемонструвати основні небезпеки виникнення аварії.

Аналіз дерева відмов є логічним поданням багатьом подій і відмов компонентів, які мо-

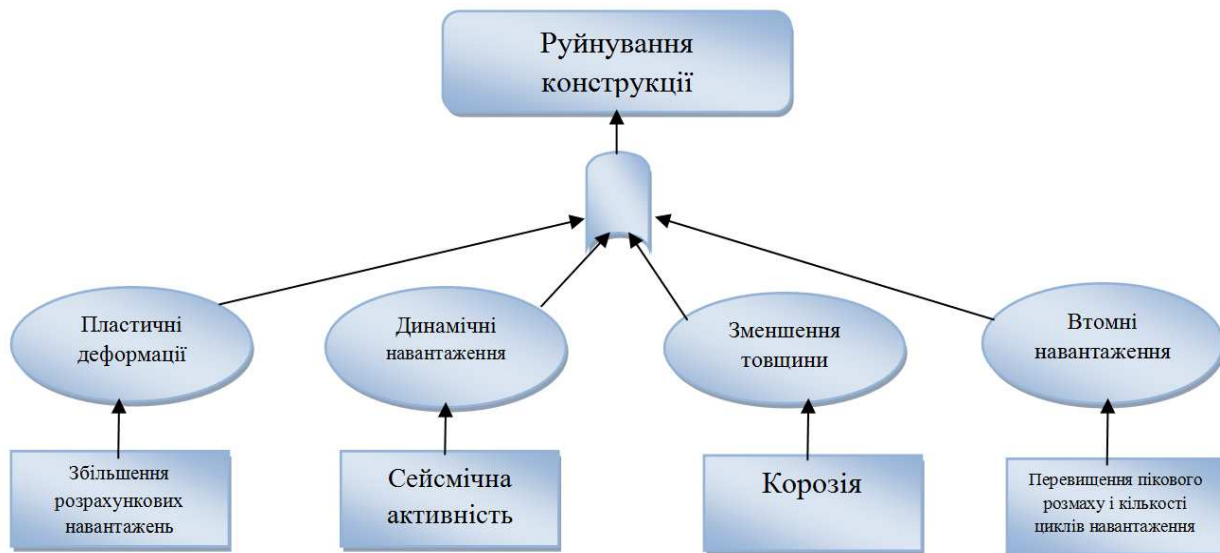


Рисунок 2 – Дерево відмов для випадку руйнування конструкцій морських нафтогазових споруд (МНС)

жуть у сукупності призвести до аварії (наприклад, збій системи).

Дерево відмов має кілька потенційних застосувань для морських нафтогазових промислів:

- частотний аналіз, часто використовується для кількісної оцінки ймовірності виникнення події і заснований на оцінці відмов кожного компонента. Вершина події може бути індивідуальною.
- в ідентифікації небезпеки, може бути використаний якісний визначник комбінації основних подій, який достатній, щоб викликати верхню подію.

Будівництво, зазвичай, починається з головної події і працює вниз до основних подій.

Сильними сторонами дерева відмов є:

- широке використання і загальна прийнятність;
- підходить для багатьох небезпек, які виникають з поєднанням несприятливих обставин;
- часто є єдиною методикою, яку можна використовувати для нових або складних систем;
- підходить для технічних несправностей і людських помилок;
- чітка і логічна форма представлення.

Слабкістю дерева відмов є:

- схематичний формат, який перешкоджає аналітикам зауважити припущення і умовні ймовірності для кожного розгалуження;
- для великих систем з часом стає складно і важко простежити всі небезпеки;
- аналітики можуть пропустити відмову і не визнати її із загальної причини, якщо вони не мають високого рівня знань і працювати спільно з оператором;
- всі події вважаються незалежними;
- втрачається ясність, коли застосовується до систем, які не потрапляють в прості або робочі стани (наприклад, людські помилки, несприятливі погодні умови і т.д.).

Дерево відмов призначене для детального аналізу окремих систем.

Розглянемо простий приклад руйнування конструкції морської нафтогазової платформи.

В якості кінцевої події розглядають руйнування елемента конструкції або її значної частини, втрата стійкості стаціонарних засобів освоєння шельфу та розлив забруднюючих речовин (розлив нафти, викид шкідливих газів), які, у свою чергу, можуть призвести до наслідків різного ступеня тяжкості для робочого персоналу, навколишнього середовища та фінансових втрат. Для визначення сценаріїв виникнення цих небезпечних станів побудовано дерево відмов (див. рисунок 2).

Руйнування конструкції (рисунок 2) може відбутися при виникненні одного з наступних явищ: пластичні деформації, втомні напруження, динамічні навантаження і зменшення товщини головних конструктивних елементів. На можливість появи небезпечного стану, пов'язаного з розвитком пластичних деформацій і подальшого руйнування конструкції, впливають зовнішні навантаження від дії вітру, хвиль, течій і льоду. Поява такої події можлива у випадку, коли реальні зовнішні навантаження в період експлуатації на головні елементи конструкції перевищать величини, які відповідають несприятливому поєднанню екстремальних навантажень, прийнятих на проектній стадії або у випадку неправильного визначення екстремальних навантажень з їх найгіршою комбінацією. Контроль напруженого стану елементів конструкції може бути здійснений шляхом моніторингу зовнішніх навантажень. Це дає змогу розраховувати комбінації зовнішніх навантажень, що діють при експлуатації, і зіставляти їх з допустимими значеннями, зазначеними в інструкції з експлуатації. На підставі цих оцінок особа, яка приймає рішення (ОПР) здатна проводити контроль напруженого стану елементів конструкції і давати рекомендації з проведення технічного огляду.



Рисунок 3 – Дерево відмов для випадку втрати стійкості МНС

На можливість появи небезпечного стану, пов'язаного з появою втомних напруг, тріщин в зварних елементах опорних підставах і подальшого руйнування конструкції, впливає число циклів знакозмінного навантаження і напруження від цих навантажень. Поява такої події можлива у випадку, коли максимальні напруги і/або число циклів навантаження перевищує значення прийнятого на проєктній стадії.

Моніторинг зовнішніх навантажень дає можливість розраховувати значення напруг і циклів навантаження і на підставі цього ОПР має можливість провести оцінку втомної міцності елементів конструкції, давати рекомендації з проведення технічного огляду.

Зовнішні навантаження від хвиль, вітру, течій і землетрусів можуть служити джерелами збудження динамічних навантажень. Ризик появи резонансу глобальних або локальних коливань засобів освоєння шельфу з енергетично потужними динамічними навантаженнями, а також ризик переміщень земної кори внаслідок землетрусів піддається ретельній оцінці на проєктній стадії.

Зменшення товщини головних конструктивних елементів здатне надавати як прямий вплив на надійність конструкції, так і впливати на збільшення пластичних і втомних деформацій. Ймовірність цієї події вкрай висока, тому забезпечення безпеки і зниження ризиків руйнування елементів конструкції за рахунок сильної корозії забезпечується технічним моніторингом, проведенням планових та непланових оглядів елементів у зонах змінної ватерлінії і підводної частини.

На можливість втрати стійкості морських нафтогазових споруд впливають перехідні моменти від зовнішніх впливів (рисунок 3). Поява такої події можлива у випадку, коли перекидні моменти від зовнішніх навантажень в період експлуатації перевищують величини, прийняті на проєктній стадії. У свою чергу, ймовірність такого перевищення є досить висока у випадку неправильного визначення перекидаючих моментів або зміни стану дна. Під останнім розу-

міється зміна поведінки ґрунту і його взаємодії з опорними колонами бурових установок під дією зовнішніх навантажень. Зовнішні навантаження від дії течій здатні викликати зміну стану дна, наприклад, знизити його міцність при зсуві, знизити його стабільність, розмивати опорні підстави. У результаті подібного впливу морська нафтогазова споруда може здійснювати горизонтальні переміщення, що становить небезпеку заклинювання бурового обладнання та викиду вуглеводнів в навколишнє середовище. Крім цього збільшуються перекидні моменти, здатні перекинути морську споруду.

Зміна дна істотно впливає на стійкість морських стаціонарних установок.

На рисунку 4 зображено аварію, яка відбулась через зовнішні навантаження, а саме ураган.



Рисунок 4 – Руйнування бурової установки «NDC Al Mariyah» [8]

Однак прогнозування цього явища на проєктній стадії є вкрай складним через складність проходження процесів і неоднозначності в розрахункових методах. Тому зменшення ризику виникнення цієї події залежить від правильності прийняття рішення про заходи щодо зміцнення дна на проєктній стадії та моніторингу деформацій дна протягом усього терміну служби гідротехнічної споруди.

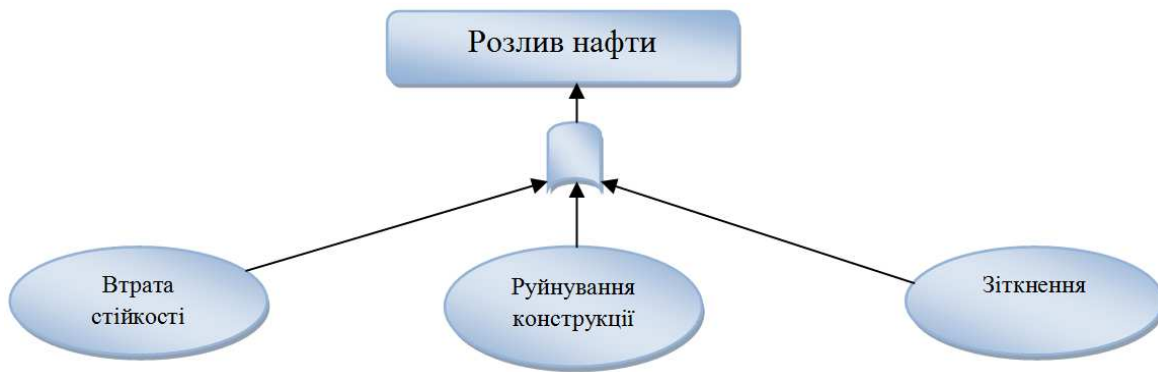


Рисунок 5 – Дерево відмов у випадку розливу нафти



Рисунок 6 – Пожежа внаслідок зіткнення платформи з судном в Індійському океані

Ймовірність викиду видобутих ресурсів в навколишнє середовище вельми велика, і може відбуватися не тільки в аварійних ситуаціях, але і за нормального експлуатаційного режиму. Тому попередженню цього явища і проведення заходів з ліквідації викидів приділяється велике значення при освоєнні ресурсів шельфу. На ймовірність цієї події впливає два явища: техногенні та зовнішні впливи (рисунок 5). До техногенних явищ відносять:

1) зіткнення в морі з морським судном через погану видимість і інтенсивністю руху в районі видобутку;

2) викиди вуглеводнів під час видобутку, перевантаження, транспортування, скидання технічної води в морі;

3) господарська і терористична діяльність.

Зовнішні явища, здатні викликати появу небезпечних ситуацій, що супроводжуються викидом продуктів видобутку і включають аварійні наслідки від руйнування елементів конструкції і втрати стійкості засобів освоєння шельфу.

На рисунку 6 зображено аварію, яка виникла внаслідок того, що прибійна хвиля вдарилася в допоміжне судно, що стояло поряд з платфо-

рмою, внаслідок чого воно врізалось в конструкцію платформи, виникла пожежа [8].

Дерево подій

Логічним інструментом локалізації найбільш небезпечних ланок будь-якої системи є метод побудови “дерева подій”. Суть методу полягає в відшукуванні оптимального рішення, що знижує ймовірність можливості виникнення небезпечної події.

Запобігання небезпек або захист від них базується на значенні причин. Між реалізованими небезпеками й причинами існує причинно-наслідковий зв'язок. Отже, причини й небезпеки утворюють ієрархічні, ланцюгові структури або системи. Графічне зображення таких залежностей чимось нагадує розгалужене дерево. У споруджуваних “деревах”, як правило, є гілки причин і гілки небезпек. Побудова “дерева” є винятково ефективною процедурою виявлення причин різних небажаних подій. Границі розгалуження “дерева” визначаються логічною доцільністю одержання нових гілок. Дерево подій є логічним відображенням відгуків розглянутої гілки (процесу) на вихідні події. Кожна послідовність має, як результат, або

безпечний стан, або аварійний стан та забезпечує передбаченість аварійних послідовностей від початку до кінця.

Дерево подій є наочним способом простежити виконання таких функцій:

- визначення аварійних наслідків;
- визначення необхідних функцій системи безпеки;
- квантифікування частот послідовностей.

Процедура операцій при аналізі дерева подій полягає в розгляді можливостей розвитку ініціюючої або пікової події. Далі визначають бар'єри безпеки, призначені для обмеження негативних наслідків такої події. Розвиток послідовності подій розглядають по черзі з урахуванням захисних бар'єрів. На кожному рівні дерева подій розглядають два логічних стани: успіх (так) і невдача (ні) залежно від того, виконав бар'єр своє завдання чи ні. Дерево подій дозволяє виконати як якісний, так і кількісний аналіз.

Перевагами дерева подій є:

- широке використання і загальна прийнятність.
- підходить для багатьох небезпек, які виникають з послідовності наступних невдач.
- це чітка і логічна форма представлення.
- простота і легкість для розуміння.

Недоліком дерева подій є:

- не завжди ефективно для використання, де багато подій повинні відбутися в комбінації.
- всі події вважаються незалежними.
- втрачає свою ясність, коли застосовується до систем, які не потрапляють в прості або робочі стани (наприклад, людські помилки, несприятливі погодні умови і т.д.).

Дерево подій є простим, але ефективним методом.

Аварії та їх аналіз

Будь-яка аварія чи катастрофа у своєму розвитку проходить через чотири стадії, виділені в [6]: ініціювання аварії; розвиток аварії; вихід аварії за межі аварійного об'єкта; ліквідація наслідків аварії. Кожна з цих стадій має характерні особливості.

Аналіз аварій на морських нафтогазових промислах, терміналах зі скрапленням газом (причин їх виникнення, процес розвитку) проводиться в останні роки в різних країнах світу. Загальний висновок з таких досліджень не надто втішний. Великі аварії є, як правило, результатом збігу вкрай малоймовірних подій, статистичні дані про які не можуть бути зібрані. До цих подій відносяться не тільки несподівані зміни у функціонуванні об'єкта, але і явне нерозуміння оператором нового стану об'єкта, що призводить до неправильних дій.

У зв'язку з тим, що нові технології складні, недостатньо вивчені, а поведінка людини, не до кінця розуміє зміни в об'єкті, важко передбачити, необхідні спеціальні заходи підготовки до можливої аварії. Вони повинні визначатися розробленими сценаріями надзвичайної обстановки. В даний час проводяться дослідження, пов'язані з комунікаціями в надзвичайній ситу-

ації, створенням децентралізованого управління в надзвичайних ситуаціях.

Такі заходи можна підготовляти на основі даних про минулі аварії (дрібні й середні). Для цього існує банк даних про аварії, де зібрані відомості піддаються ретельному вивченню. Такий банк даних створений в Західній Європі. Результати аналізу відкриті для країн членів Європейського економічного співтовариства. У банку даних накопичуються відомості про аварії на однакових виробництвах, що дозволяє розкривати їх загальні причини.

Аналіз відомих аварій повинен включати:

– перелік аварій і неполадок, що мали місце на декларованому об'єкті (оформляється тільки для діючих об'єктів);

– перелік аварій, що мали місце на інших аналогічних об'єктах, або аварій, пов'язаних з небезпечними речовинами;

– аналіз основних причин аварій, які відбулись.

Аналіз умов виникнення та розвитку аварій включає:

– визначення можливих причин і факторів, що сприяють виникненню і розвитку аварій;

– визначення типових сценаріїв можливих аварій;

– обґрунтування застосовуваних фізико-математичних моделей і методів розрахунку;

– оцінка кількості небезпечних речовин;

– розрахунок вірогідних зон дії вражаючих факторів;

– оцінку можливого числа постраждалих;

– Оцінку можливого збитку.

Виходячи з аналізу аварій частоту і ступінь тяжкості аварії наведено в таблиці 2 і 3[7]:

При проектуванні розробки морських нафтогазових родовищ і експлуатації МНС необхідно приділяти увагу ризику виникнення аварійності на морських промислах, а також розробці нових методів контролю за безпекою робіт. Ефективним методом є побудова дерева подій і дерева відмов, для кожного виду операцій, а також визначення ризику безпеки на стадії проектування, які сприятимуть попередженню аварійності при експлуатації МНС. В даній статті описана структура оцінки ризику, техногенних небезпек, наведені приклади ідентифікації небезпек і оцінки ризику на стадії експлуатації морських нафтогазових родовищ. Наведені інженерні підходи до вимірювання ризику, а саме: дерево відмов і дерево подій.

Особливим класом задач прийняття рішень є задачі з урахуванням факторів ризику і безпеки. Фактор ризику, що розуміється як ймовірність втрат, впливають на процес прийняття рішень. Аварії на морських нафтогазових промислах, людські жертви, пов'язані з використанням різних технологій, визначають виняткову важливість завдань аналізу ризику.

Основними напрямками досліджень в галузі аналізу ризику на морських нафтогазових спорудах, є:

- вимірювання ризику;
- підвищення безпеки великомасштабних технологічних систем;
- аналіз аварій.

Таблиця 2 – Категорії частоти аварій

Категорія	Аварія	Характеристика ймовірності аварії
1	Практично не можлива	Події такого типу майже ніколи не траплялося, але не виключається їх виникнення
2	Рідкісна	Такі події траплялися в світовому масштабі, але всього кілька разів
3	Мало ймовірна	Така аварія відбувається, але мало ймовірна протягом терміну реалізації проекту
4	Ймовірна	Можливо, що така аварія трапиться протягом терміну реалізації проекту
5	Практично неминуха	Може статися, в середньому, частіше, ніж раз на рік

Таблиця – 3 Категорії ступеня тяжкості аварій

Категорії ступеня важкості аварії	Характеристика наслідків аварії
Незначні	Не позначається на здоров'я і безпеці робочих, немає травм на об'єкті, немає пошкоджень об'єкта, не позначається на природних ресурсах
Мало значні	Немає серйозних травм та загибелі людей, легкі пошкодження об'єкта, немає простою, легкий короткочасний вплив на природне середовище.
Серйозні	Можливі серйозні травми і загибель людей на об'єкті, але немає загрози здоров'ю і життю людей серед населення, значний негативний, але в кінцевому рахунку оборотний, вплив на деякі природні ресурси.
Дуже серйозні	Травми і загибель великої кількості працюючих на об'єкті, значне пошкодження платформи, значний і тривалий збиток завдається природним ресурсам
Катастрофічні	Велика кількість жертв серед персоналу, надзвичайна шкода безлічі природним ресурсам

Висновки

Отже, висновками після проведення аналізу виникнення аварій, їхнього розвитку, а також після розглянутих методів оцінки ризику, проаналізовано всі переваги і недоліки кожного з методів це дозволить вибрати оптимальний для проектування аварій. На мою думку кожен з методів є унікальний і показує різні способи оцінки аварії. Наприклад при оцінці наслідків аварії, тобто як вона може розвиватись і які методи слід застосувати, щоб це не призвело до наступних аварій, слід користуватись деревом подій, а для попередження аварії слід використовувати дерево відмов. Тому при розгляді небезпечної ситуації слід розробляти в комплексі як дерево подій, так і дерево відмов, тому що це є два поєднаних інструменти для оцінки як ризику, так і аварії.

Аналіз аварій, систематичний збір відомостей про аварії створюють основу для вирішення завдань управління ризиком. Завданням подальших досліджень є перевірення запропонованих методів аналізів оцінки ризиків і також визначення ризику при розливах нафтопродуктів на морську поверхню, а також запропонувати методи щодо зниження виникнення цих небезпечних ситуацій.

Література

1 Marine risk assessment. Prepared by Det Norske Veritas for the Health and Safety Executive. Offshore technology report 2001/063.

2 APELL (Awareness and Preparedness for emergencies at Local Level). A Process for responding to technological accidents. – Industry and environment office united nations environment programme/ 1988/ -63 p.

3 ISO 17776:2000 "Petroleum and natural gas industries - Offshore production installations - Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment"

4 Ларичев О.И. Проблемы принятия решений с учетом факторов риска и безопасности / Ларичев О.И. // Вестник АН СССР. – 1987. – № 11.

5 Haines Y. Risk modelling, assessment and management. New York : Wiley, 1998.

6 Легасов В.А. Научные проблемы безопасности современной промышленности / Легасов В.А., Чайванов Б. В., Черноплеков А.Н. // Безопасность труда в промышленности. – 1988. – № 1. – С. 44-51.

7 Рабкина Е.В. Факторы, вызывающие разливы нефти на объектах обустройства морских месторождений / Рабкина Е.В. // Нефтегазовое дело. – 2004. – № 2. – С. 1-5.

8 www.safety.ru

Стаття надійшла до редакційної колегії
17.11.14

Рекомендована до друку
професором **Копєєм Б.В.**
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
д-ром техн. наук **Хомінцем З.Д.**
(ТзОВ «ЕМПІ-Сервіс», м. Івано-Франківськ)