

*Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет*

**КАФЕДРА ЕКОНОМІКИ, ПІДПРИЄМНИЦТВА
ТА БІЗНЕС-АДМІНІСТРУВАННЯ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

*Тема: «Новітні підходи до оцінки ризиків для запобігання нещасним випадкам
через людський фактор»*

*Спеціальність 073 «Менеджмент»,
освітня програма 8.073.00.09 «Бізнес-адміністрування»*

Завідувач кафедри: _____/О.І. Карінцева/

Керівник роботи: _____/М.О. Харченко/

*Виконавець: _____/М.В. Попов/
П.І.Б.*

*Група: _____
БА.мз-13с
шифр*

Суми, 2023

*Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет*

**КАФЕДРА ЕКОНОМІКИ, ПІДПРИЄМНИЦТВА
ТА БІЗНЕС-АДМІНІСТРУВАННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри економіки,
підприємництва**

та бізнес-адміністрування

_____ **О.І. Карінцева**

«___» _____ **2023 р.**

ЗАВДАННЯ

до кваліфікаційної роботи магістра

Студента(ки) групи _____ БА.мз-13с _____, 2 курсу _____ ННІ БІЕМ
(найменування інституту)

Спеціальності 073 «Менеджмент»

Освітня програма 8.073.00.09 «Бізнес-адміністрування»

_____ Попова Максима Вікторовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема індивідуальної роботи: «Новітні підходи до оцінки ризиків для запобігання нещасним випадкам через людський фактор»

Затверджую наказом по СумДУ № 0124-VI від «13» лютого 2023 р.

Термін здачі студентом закінченої роботи: «14» лютого 2023 р.

Вихідні дані до роботи: наукові статті, інтернет-джерела, періодичні видання, учбово-методичні матеріали, аналітичні звіти

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробленню): Аналіз, сутність і розуміння людського фактору та людських помилок. Інтегрування людських факторів за допомогою аналізу ризиків – методи, що використовуються в даний час. Новітній підхід до оцінки ризиків (метод FRAM).

Перелік ілюстрацій

Взаємозв'язок між людськими факторами та людськими помилками; типологія людських помилок та види помилок; взаємодія людського

фактора, матриця ризиків, невдачі та успіхи за версією безпеки-I та основи безпеки -II; метод FRAM; розрахунок економічної ефективності охорони праці.

Дата видачі завдання: «15» листопада 2022 р.

Керівник кваліфікаційної роботи магістра доцент Харченко М.О.
(вч. звання, П.І.Б.)

Завдання прийняла до виконання: «15» листопада 2022 р. _____
підпис студента(ки)

АНОТАЦІЯ

Загальна характеристика роботи: дипломна робота складається з анотації, вступу, 3 розділів, 7 підрозділів, висновків, додатку та списку використаної літератури. Загальний її обсяг становить 55 сторінок, у тому числі 21 рисунок, 3 таблиці та 37 використаних літературних джерела.

Об'єктом дослідження загальноновживані методи аналізу надійності людини та бар'єрного та операційного ризику та розглядаються їх обмеження.

Предметом дослідження новий підхід методу функціонального резонансу та аналізу (FRAM), для подолання всіх обмежень та управління людським фактором на основі новітніх принципів.

Метою даної роботи є дослідження людського фактору та зменшення інцидентів аварій в промисловій діяльності.

Досягненню заданої мети сприяли наступні завдання:

- розкриття суті поняття «Людський фактор», зокрема в різноманітті його підходів для запобігання нещасним випадкам;
- аналіз ефективності методу FRAM;
- дослідження впливу людського фактора та ризиків на промислову діяльність за допомогою методології BORA, визначення основних підходів стійкості;
- дослідження аварії на підприємстві Макондо з використанням новітнього підходу до оцінки ризиків.

Використана методика: *системно-структурний та порівняльний аналіз* новітніх для запобігання нещасним випадкам через людський фактор.

У першому розділі дипломної роботи детально проаналізовано сутність людського фактору та людських помилок. Визначено всі аспекти негативних та позитивних факторів техніки безпеки, ризику, знання та навички підготовки для запобігання нещасних випадків. Досліджено ефективність впровадження розумного підходу до всіх людських факторів.

У другому розділі дипломної роботи визначено інтеграцію людського фактору з аналізом ризиків , з використанням методів для максимальної оцінки и запобіганню негативних ситуацій.

У третьому розділі дипломної роботи розглянуто детально метод FRAM , на приклад аварії підприємства Макондо.

Наукова новизна: досліджено нові концепції та альтернативні форми, які сприяють якісній реалізації принципів стійкості інженерного підходу через людський фактор . Запропонування введення подібних методів в різних містах різних країнах світу та розраховано позитивні ефекти для запобігання нещасних випадків.

Ключові слова: людський фактор, людська помилка, ризик, аналіз, метод FRAM, методологія BORA, ефективність.

Abstract

General characteristics of the work: the thesis consists of an abstract, introduction, 3 sections, 7 subsections, conclusions, appendix and a list of references. Its total volume is 59 pages, including 21 figures, 3 tables and 37 literature sources used.

The object of the study is commonly used methods for analyzing human reliability and barrier and operational risk, and their limitations are considered.

The subject of the study is a new approach of the functional resonance and analysis method (FRAM) , to overcome all limitations and manage the human factor based on the latest principles.

The purpose of this work is to study the human factor and reduce accidents in industrial activities.

The following tasks contributed to achieving this goal:

- revealing the essence of the concept of "Human factor", in particular in the variety of approaches to prevent accidents; Fram efficiency analysis (functional resonance and analysis method);
- analysis of the effectiveness of the FRAM method;
- research on the impact of the human factor and risks on industrial activity using the BORA methodology, identifying the main approaches to sustainability;
- investigation of the accident at the Macondo plant using the latest approach to risk assessment.

Method used: system-structural and comparative analysis engineering approach to sustainability for accident prevention due to the human factor.

In the first chapter of the thesis, the essence of the human factor and human errors is analyzed in detail. All aspects of negative and positive safety factors, risk, knowledge and training skills for Accident Prevention are identified. The effectiveness of implementing P is investigated.

The second chapter of the thesis defines the integration of the human factor with risk analysis, using methods for maximum assessment and Prevention of negative situations.

In the third chapter of the thesis , the FRAM method is considered in detail, based on the accident of the Macondo enterprise.

Scientific novelty: new concepts and alternative forms that contribute to the qualitative implementation of the principles of sustainability of the engineering approach through the human factor are studied . Proposals for the introduction of similar methods in different cities of different countries of the world and calculated positive effects for Accident Prevention.

Keywords: human factor, human error, risk, analysis, FRAM method, BORA methodology, efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. АНАЛІЗ , СУТНІСТЬ І РОЗУМІННЯ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ ТА ЛЮДСЬКИХ ПОМИЛОК	11
1.1. Розкриття сутності поняття «Людський фактор і людська помилка»: безпека, ризику, прийняття рішень та порушення	11
1.2. Ефективність людського фактору	16
2. ІНТЕГРАТУВАННЯ ЛЮДСЬКИХ ФАКТОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ – МЕТОДИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ДАНИЙ ЧАС	18
2.1. Аналіз ризиків та надійності людини у промисловості для кращого запобігання аварійних ситуацій	18
2.2. Основні питання HRA , методологія BORA і як її використовують	21
3. НОВІТНІЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ РИЗИКІВ (МЕТОД FRAM)	31
3.1. Управління безпекою в соціально-технічних системах	31
3.2. Принципи роботи та опис методу FRAM	39
3.3. Практичне застосування підходу	48
ВИСНОВОК	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

Актуальність дослідження. Світові економічні тренди розвитку впливають на будь-які процеси[40,44-48,55-69], в тому числі на зменшення інцидентів, обумовлених людським фактором. Людський фактор стає головною турботою нафтогазової галузі. Всі основні аварії в офшорній промисловості матимуть пряму причину або так чи інакше пов'язані з людським фактором.

Основною метою даної тези є зменшення інцидентів, обумовлених людським фактором. У цій роботі вивчаються загальнозживані методи аналізу надійності людини та бар'єрного та операційного ризику та розглядаються їх обмеження. Новий підхід Метод функціонального резонансу та аналізу (FRAM) використовується для подолання всіх обмежень та управління людським фактором на основі принципу інженерії стійкості

FRAM - це метод оцінки ризиків, який широко використовується в галузі авіації та управління повітряним рухом, де необхідний високий ступінь точності та безпеки.

Тематичне дослідження щодо Macondo Blowout проводиться за допомогою методу FRAM, щоб проілюструвати його функціональність, а також пояснити, як можна було передбачити аварію та запобігти катастрофі.

Метою роботи є дослідження людського фактору та зменшення інцидентів аварій в промисловій діяльності. Досягненню заданої мети сприяли наступні завдання:

- розкриття суті поняття «Людський фактор», зокрема в різноманітті його підходів для запобігання нещасним випадкам;
- аналіз ефективності методу FRAM;
- дослідження впливу людського фактора та ризиків на промислову діяльність за допомогою методології BORA, визначення основних підходів стійкості;
- дослідження аварії на підприємстві Макондо з використанням новітнього підходу до оцінки ризиків.

Використана методика: *системно-структурний та порівняльний аналіз* новітніх для запобігання нещасним випадкам через людський фактор.

Загальна характеристика роботи: дипломна робота складається із анотації, трьох розділів, висновків і списку використаних джерел. Обсяг роботи (без літератури та додатків) – 49 сторінок. Загальний її обсяг становить 59 сторінки, у тому числі 21 рисунок, 3 таблиці та 37 використаних літературних джерела.

1. АНАЛІЗ, СУТНІСТЬ І РОЗУМІННЯ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ ТА ЛЮДСЬКИХ ПОМИЛОК.

1.1 Розкриття сутності поняття «Людський фактор і людська помилка»: безпека, ризику, прийняття рішень та порушення.

Раніше в офшорній промисловості ми часто використовували ці терміни «людський фактор» та «людські помилки» без належного розуміння того, що насправді означають ці терміни. Вони просто використовувалися як загальні терміни, що позначаються як причина аварій, що сталися через людей, крім технічних несправностей. Традиційно людський фактор визначався як наукове вивчення людських і машинних взаємодій. В останні роки визначення цих умов було розширено, щоб охопити вплив на безпеку з боку окремої людини, групи або організаційного фактора.

Як людські фактори, так і людські помилки вивчаються окремо, і тоді, якщо будь-які зв'язки між ними не беруться до уваги, це може бути пов'язано з відсутністю згоди між ними щодо точної природи та визначення. На наступному малюнку представлена ілюстрація взаємозв'язків між людським фактором (глибинними причинами) і людськими помилками (їх безпосередніми причинами).

Багатьом промисловим психологам подобається розум, Rasmussen, Kontogiannis і Embrey детально вивчали людську помилку, висновки якої відіграють головну роль у розумінні людської помилки. Розум класифікував людські помилки на основі теорії людської діяльності Rasmussen, з точки зору: пробуксовки та провали на основі навичок, помилки, засновані на правилах, помилки, засновані на знаннях. За словами R.P.E Gordon типи помилок складні, і для того, щоб зрозуміти та використовувати їх на регулярній основі, нам потрібна значна підготовка.

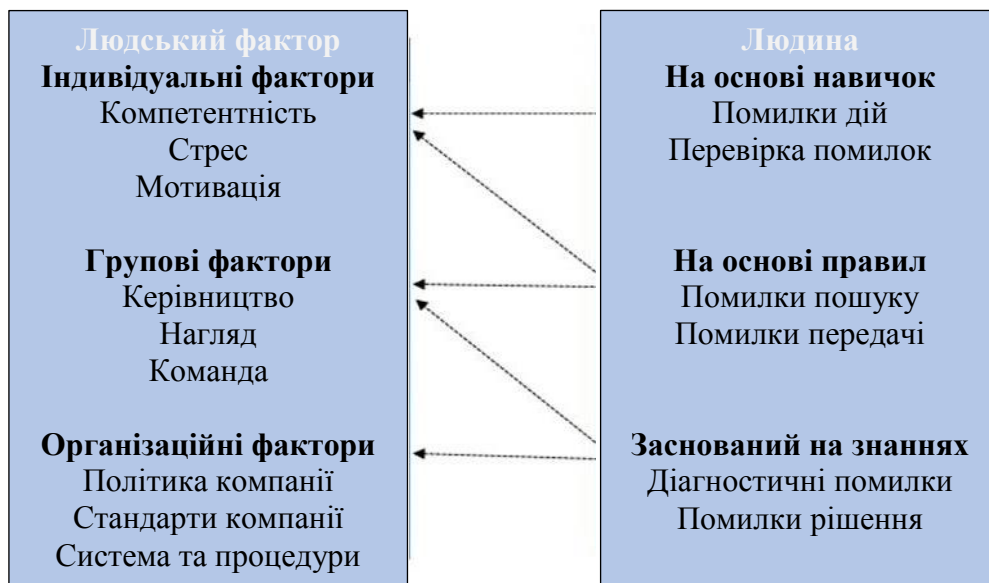


Рисунок 1.1 – Взаємозв'язок між людськими факторами та людськими помилками (Гордон, 1998)

Rasmussen Kontogiannis і Embrey узагальнили людські помилки в більш спрощеному підході до шести категорій: помилки дій, помилки перевірки, пошукові помилки, помилки передачі, діагностичні помилки, помилки в рішеннях.

«Промахи та провали на основі навичок» розум відноситься до перших двох категорій «Помилки дій та перевірки», «Помилки, засновані на правилах» стосується помилок пошуку та передачі, а «Помилки, засновані на знаннях» - з діагностикою та помилками прийняття рішень.

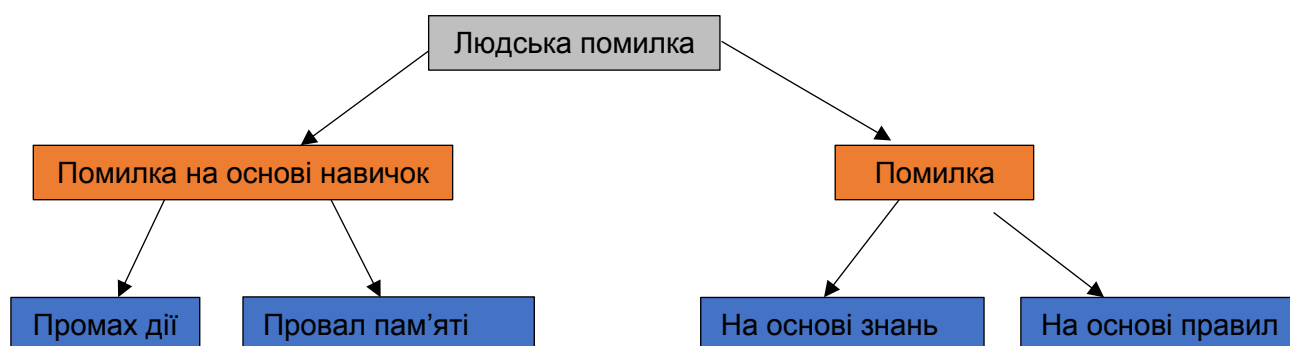


Рисунок 1.2 – Типологія людських помилок (NOPSEMA, 2016)

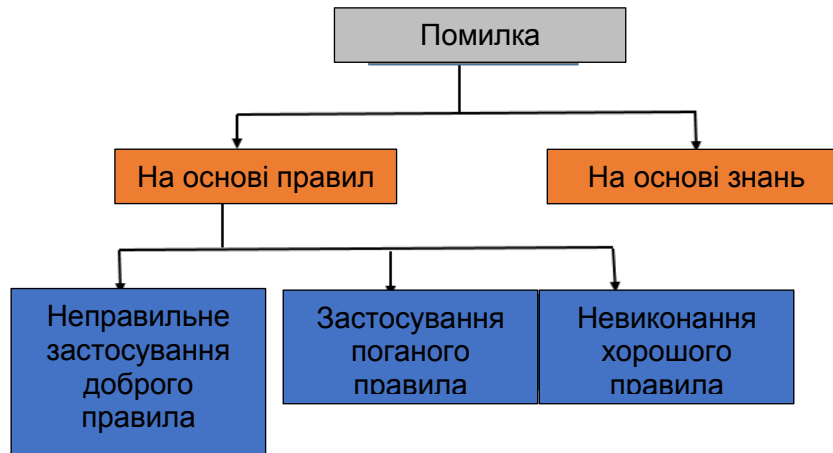


Рисунок 1.3 – Види помилок (NOPSEMA, 2016)

Під порушеннями розуміється незастосування хорошого правила. Коли навмисна дія не досягає бажаного результату, то порушення класифікується як людські помилки.

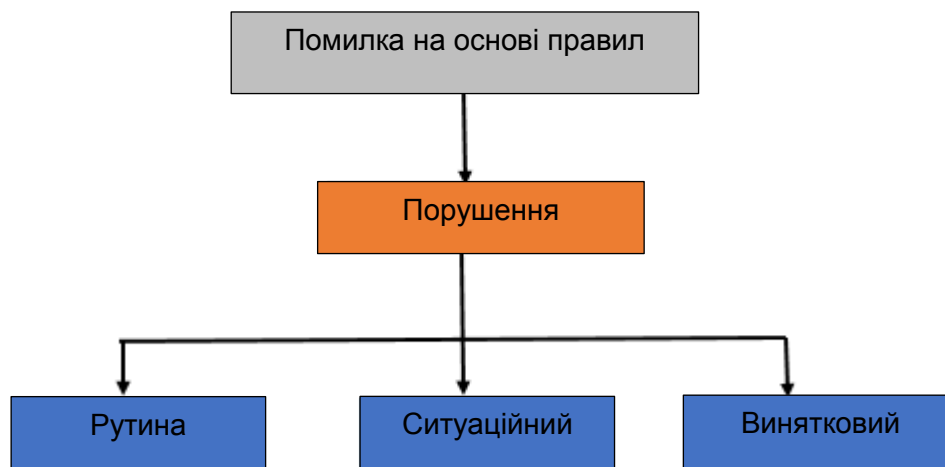


Рисунок 1.4 – Помилки, засновані на правилах (NOPSEMA, 2016)

Існує кілька видів порушень:

1. **Рутинна** – рутинні порушення дуже поширені і допускаються більшістю персоналу в організації;
2. **Ненавмисне** – порушення правила, оскільки воно було неправильно зрозуміле або неправильно витлумачене;
3. **Ситуативний** – як випливає з назви, неможливо виконати роботу в

певних ситуаціях, дотримуючись правил;

4. **Винятковий** – відхилення від правил при незвичайних обставинах.

Людські помилки бувають двох видів в системних катастрофах:

Активні помилки: помилки, які негайно впливають на систему. Ці помилки в основному викликані операторами на передовій (наприклад, виробничими операторами, бригадами диспетчерських);

Приховані помилки: помилки, наслідки яких лежать латентно всередині системи, або виявляються тільки при поєднанні інших факторів. Ці помилки викликані в основному безпосереднім контролюючим персоналом, роль якого вже вилучена з системи (наприклад, будівельники, проектувальники, менеджери).

Якщо на місці проведення робіт будуть виявлені як активні, так і приховані помилки, то стане можливим акцентування уваги на актуальній проблемі і тому ми зможемо зрозуміти основи помилки або аварії.

Загалом людський фактор визначається як взаємозв'язок між людьми, обладнанням та системами управління або організаціями (IOGP, 2005).

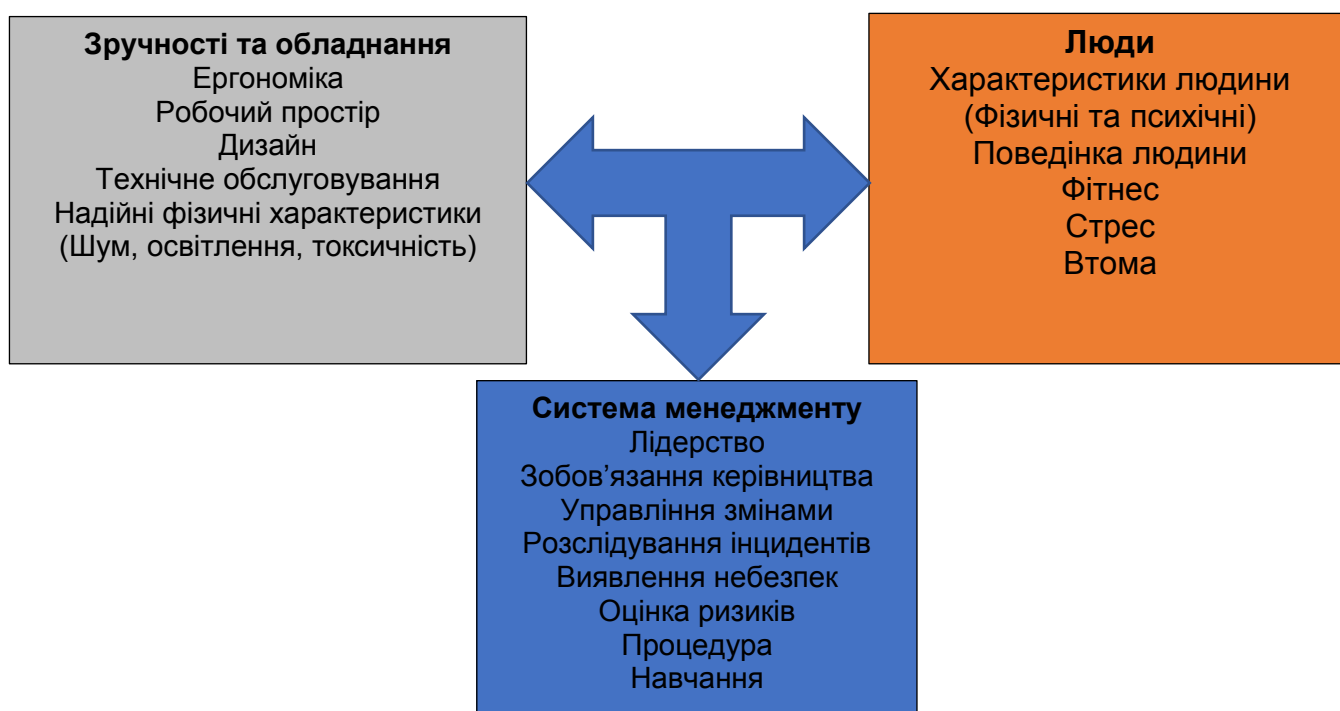


Рисунок 1.5– Взаємодія людського фактора (IOGP, 2005)

NOPSEMA визначила людський фактор на три основні категорії як:

- Організаційні фактори – включає культуру компанії, системи комунікації, стратегію прийняття рішень, організаційні пріоритети, наявність ресурсів, лідерську поведінку, управління змінами та відповідні ключові показники ефективності (KPI);
- Фактори роботи - включає в себе людино-машинний інтерфейс, фізичне робоче середовище, доступність і якість процедур, завантаженість, вимоги до завдань, використовуване обладнання і поведінку члена команди;
- Індивідуальні фактори – включають особистість, ставлення, настрої, розумові здібності, компетентність та майстерність, а також індивідуальні фактори здоров'я, такі як втома, алкоголь та наркотики, фізичні можливості та психологічне здоров'я.

Такі фактори, як ставлення, спільні цінності, переконання та очікування, які підкреслюють критичну важливість безпеки в будь-якій організації, знаходяться під сильним впливом лідерства та культури безпеки. Ставлення до безпеки організації визначається такими факторами, як заохочення і винагороди, здійснювані лідерами, поведінкою і взаємодією керівників зі своїм персоналом, рішеннями і діями, прийнятими ними для збалансування безпеки з комерційними імперативами. Культура безпеки не може бути змінена різко, але можна поступово змінитися, оцінивши її рівень культури безпеки і спробувати піднятися по сходах, як показано нижче.

Під час критичної ситуації дуже важливо правильне розуміння ризику. Неправильні рішення без належного розуміння пов'язаного з цим ризику можуть призвести до великих аварій. Прикладом для правильного рішення під час аварії з Piper Alpha залишився тільки той персонал, який вирішив стрибнути в море. Можуть виникнути ситуації, коли слід вирішити, чи дотримуватися стандартних процедур, чи вирішувати нестандартні рішення щодо нещасних випадків. Отже, погане судження про ситуацію

може призвести до серйозних звинувачень.

Втома визначається як відчуття виснаження або втоми та неефективність у роботі. Втома може бути викликана надмірними або тривалими навантаженнями або фізичними або розумовими навантаженнями, або обома. Це також є першопричиною великих інцидентів, оскільки втомлена людина безпосередньо піддається ризику або робить помилки. Втома в основному викликана тривалими годинами підйому, нічною роботою або частою зміною змін. Згідно з брифінгом Енергетичного інституту, ризик вищий, оскільки робочий час збільшується. Середні ризики майже подвоїлися порівняно з робочим часом від 2-4 до 10-12.

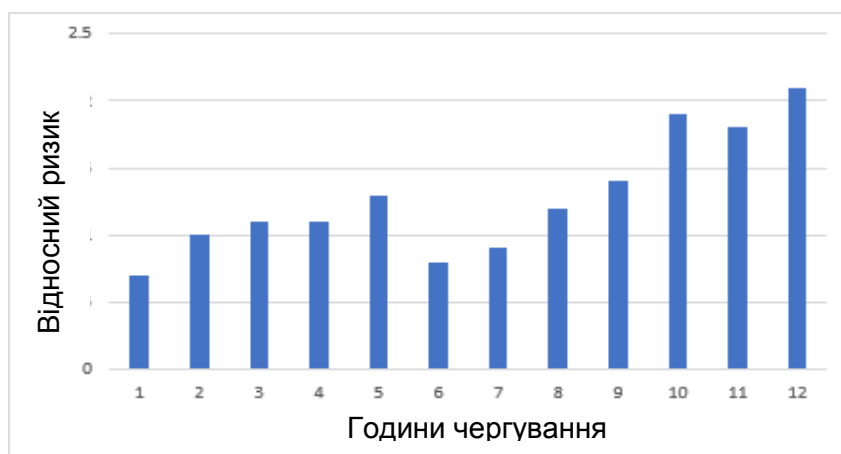


Рисунок 1.6- Середній ризик для робочого часу (Інститут енергетики, 2011)

1.2 Ефективність людського фактору

Недоліки дизайну або відсутність інтерфейсу між людьми та технологією знижують продуктивність людини. Ці фактори часто називають «проектною індукованою людською помилкою». Для організації важливо включати людський фактор у процесі проектування, щоб забезпечити легку доступність та відповідність місцевим умовам праці[38,39,41,42,43,49,50,51,52,53,54]. Нафтогазова промисловість повинна значно покращити дизайн інженерії людського фактора, навчаючись у таких

галузях, як авіація, оборона та ядерна енергетика. Нафта і газова промисловість постійно працює над розробкою стандартів і процесів для налаштування потреб. Для безпечної експлуатації важливо мати грамотний персонал. Завжди доцільно мати відповідну кваліфіковану та досвідчену людину (SQEP) для операцій, схильних до ризику.

Погане технічне обслуговування є основною причиною пожежі та вибухів. Це також може призвести до небезпечних працювати середовище брак з резервне копіювання Системи необхідний для Надзвичайних Заміни. Завдання технічного обслуговування також включають забезпечення належного постачання запчастини. Важливу роль відіграють фактори технічного обслуговування Інституту енергетики в першопричині багатьох казусів. Скорочення витрат в організації є одним з головний причина для погане обслуговування.

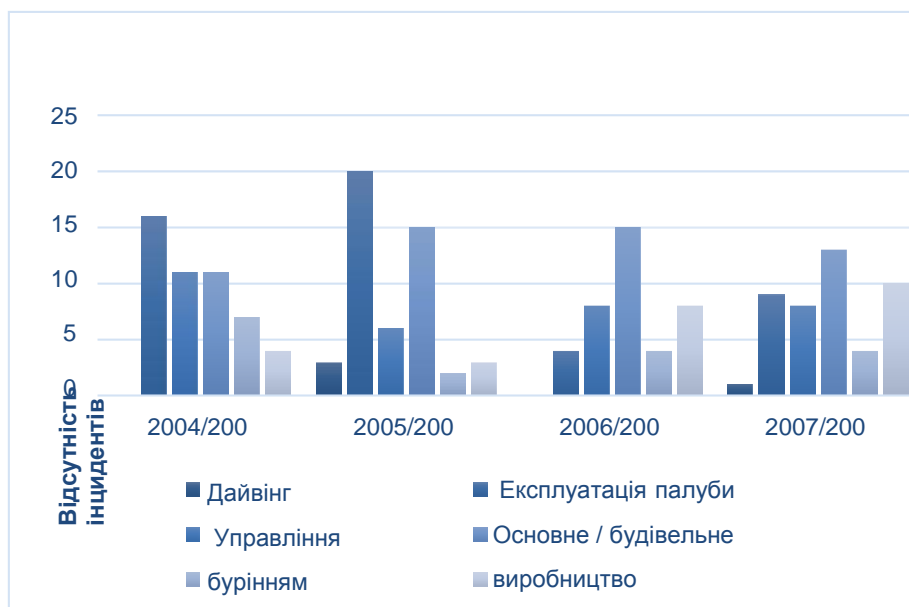


Рисунок 1.7 – Кількість зареєстрованих травм в офшорах 2004-2008 (Енергетичний інститут, 2011)

2. ІНТЕГРАТУВАННЯ ЛЮДСЬКИХ ФАКТОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ – МЕТОДИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ДАНИЙ ЧАС .

2.1 Аналіз ризиків та надійності людини у промисловості для кращого запобігання аварійних ситуацій.

Аналіз ризиків є центральною частиною управління ризиками. Процес аналізу ризиків може бути представлений декількома способами, але всі структури включають в себе три основні ключові елементи:

1. Планування: визначення проблеми, збір інформації та організація роботи, вибір методу аналізу;
2. Оцінка ризиків: ідентифікація ініціюючих подій (небезпек, загроз і можливостей), аналіз причин і наслідків, картина ризику;
3. Лікування ризиків: порівняння альтернатив, ідентифікація та оцінка заходів, управлінський огляд і судження, прийняття рішень.

Існує кілька методів інтеграції людського фактора з аналізом ризиків, у цьому звіті ми обговоримо загальноживаний аналіз *надійності людини (HRA)* та нещодавно розроблений *аналіз бар'єрів та операційних ризиків (BORA)*. Повернення обмежень цих методів буде обговорюватися через необхідність нового альтернативного підходу.

Аналіз надійності людини (HRA) можна визначити як метод оцінки впливу потенційних людських помилок на правильне функціонування системи, що складається з обладнання та людей.

Основними функціями HRA є:

- Ідентифікація людських помилок;
- Кількісне визначення людських помилок.

Аналіз надійності людини інтегрує людський фактор в аналіз ризиків. Нижче наведено основні зв'язки між людським фактором та процесом аналізу ризиків.

Людський фактор	Оцінка ризиків
Аналіз завдань	Системний аналіз
Ідентифікація людських помилок	Ідентифікація небезпеки
Представлення помилок	Моделювання ризиків
Кількісне визначення людських помилок	Оцінка ризиків
Зменшення людських помилок	Зниження ризиків

Рисунок 2.1 – Картування людського фактору з оцінкою ризиків

При визначенні проблеми необхідно визначити сферу застосування HRA, загалом необхідно відповісти на комплекс ключових питань, щоб визначити точний обсяг HRA: HRA є частиною УРП (імовірнісної оцінки безпеки) чи це окрема оцінка?; Чи будуть враховуватися помилки в обслуговуванні, помилкові діагнози, помилки порушення правил?; Якщо потрібна кількісна оцінка надійності?; Чи потрібна відносна та абсолютна кількісна оцінка?; Які критерії оцінки ризиків?; Наскільки великі доступні ресурси?; Чи існують існуючі HRA для цієї системи?; Вразливість системи по відношенню до людської помилки.

Під аналізом завдань розуміється формальний опис і аналіз взаємодій людини і системи. Він детально визначає ролі операторів всередині системи. Формальний аналіз завдань є важливою частиною на етапі визначення проблеми, оскільки правильне розуміння визначення є більш важливим для аналітика для прогнозування можливої помилки. Аналіз завдань використовується для структурування подальшого аналізу

оператора подібно до інженерного потоку діаграми, трубопроводи та діаграми приладів, які використовуються для визначення різних станів та операцій, що беруть участь інженери.

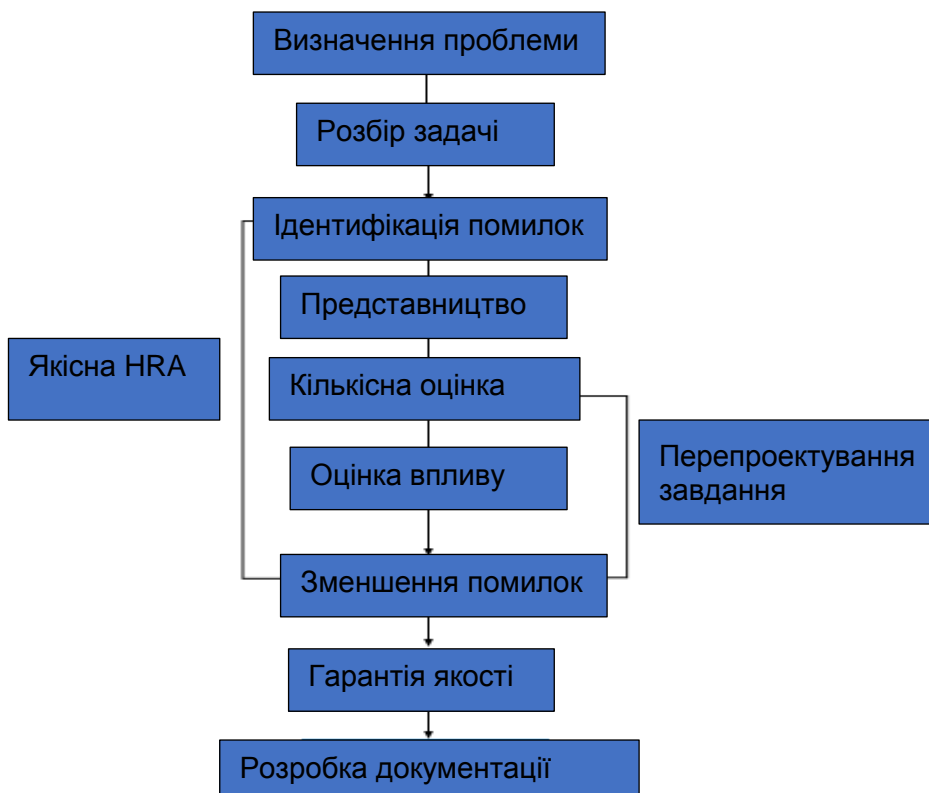


Рисунок 2.2 – Процес HRA

Після завершення аналізу завдання, при виявленні людських помилок ми розглядаємо, що може піти не так. У цьому процесі виявлення помилок слід враховувати принаймні наступні типи помилок: помилка упушення, помилка комісії, сторонній вчинок, помилки або можливості відновлення. Після того, як завдання операторів визначено та виявлено помилку, наступним кроком є представлення цієї інформації у форматі, який допомагає в кількісній оцінці людської помилки. Зазвичай він використовується для того, щоб побачити вплив людської помилки в контексті інших потенційних внесків у системний ризик, таких як апаратні та програмні збої. Відновлення та людські помилки, як правило, вбудовані в логічні системи, такі як дерево несправностей та аналіз дерева подій, для

проведення оцінки ризиків.

Наступним кроком є кількісна оцінка помилок та визначення загального впливу людських помилок на надійність системи або безпеку системи. Існує кілька методів кількісної оцінки ймовірностей людської помилки.

Загальний рівень ризику системи може бути розрахований після кількісної оцінки помилок та представлення в деревах логіки оцінки ризиків. Потім доводиться визначати, чи має система прийнятний рівень ризику чи ні. Якщо рівень ризику неприпустимо високий, то або систему необхідно припинити, або знизити рівень ризику. Заходи по зменшенню помилок виводяться декількома способами: виявлення та зміна першопричин помилки (з етапу ідентифікації помилки *identif*), змінюючи визначені фактори, тобто фактори, що формують ефективність, або використовуючи ергономіку або інженерне судження, щоб знову оцінити завдання в його системному контексті та переробити його, щоб зменшити його ймовірність або вплив на систему.

Якщо для зниження ризику до прийнятного рівня необхідна міра зменшення похибки, то повинна бути впроваджена міра зменшення похибки і перерахунок рівня системного ризику. У деяких випадках може відбуватися кілька ітерацій методів зменшення помилок до тих пір, поки не будуть досягнуті прийнятні фактори ризику.

Після етапу зменшення похибки результати будуть задокументовані. Команда забезпечення якості повинна забезпечити ефективне впровадження необхідного заходу зменшення помилок, а також, якщо під час аналізу будуть зроблені будь-які припущення, повинні забезпечити його валідність протягом усього терміну служби системи або часу життя НРА.

2.2 Основні питання HRA , методологія BORA і як її використовують.

Людський фактор допомагає у визначенні проблем людської діяльності, а HRA допомагає визначити пріоритетність питань людського фактора на основі ризику. У багатьох випадках аналіз надійності людини недостатньо зрілий, щоб забезпечити надійну пріоритезацію питань. Для прикладу, в нафтогазовій галузі існує великий перелік питань людського фактору, але в HRA немає спроб пояснити, яке з цих питань є найважливішим з точки зору ризику.

Інші важливі фактори, такі як втома та культура безпеки, не вирішуються належним чином методами HRA. Істотна різниця в кількісних результатах від різних методів HRA або від різних аналітиків з використанням одного і того ж методу. Більша залежність від експертного судження пов'язана з дефіцитом емпіричних даних про продуктивність людини, особливо для серйозних аварійних ситуацій. Немає чіткого обліку впливу організаційних та управлінських аспектів. Обмеження облікових записів для залежностей між діями. Ці невизначеності можуть призвести до серйозних наслідків.

Головне питання полягає в тому, що події розглядаються індивідуально і аналіз проводиться окремо для кожного окремого заходу. Потім рівень ризику індивідуально перевіряється на рівень прийняття, і якщо він нижчий за прийнятний рівень, ризик ігнорується. Але в складних системах або складних ситуаціях ризик декількох подій може поєднуватися і мати серйозний вплив на систему HRA не може показати залежність кожної події від інших подій та їх відповідних відносин. Отже, лінійні методи, такі як HRA, не підходять для складних ситуацій або складних систем.

Офшорний кількісний аналіз ризиків був традицією, а також грубим аналізом бар'єрних показників, що підкреслює технічні аспекти систем зменшення наслідків. УРП (Орган з безпеки нафтової продукції)

на шляху до більш детального аналізу, що відображає операційні фактори, ініціювала нову методику «Бар'єр і аналіз операційних ризиків».

Основною метою проекту є створення детальної та кількісної моделі бар'єрних показників, включаючи бар'єри для запобігання виникненню ініціюючих подій, а також бар'єри для зменшення наслідків. Робота велася по створенню базової структури для бар'єрів і бар'єрних елементів, розглядаючи в якості відправної точки наступні бар'єри: запобігання втраті стримування, запобігання займання, зменшити хмарність/викиди, запобігання ескалації, запобігання летальним випадкам.

BORA підхід до включення організаційних, операційних та людських факторів у QRA складається з шести кроків: розробка базової моделі ризику, присвоєння середньої промислової частоти або ймовірності основних подій і ініціюючих подій, ідентифікація РІФ (факторів, що впливають на ризик) та розробка діаграм впливу на ризик, оцінка статусу RIF, обчислення середніх промислових частот або ймовірностей основних подій і вихідних подій, розрахунок специфічного ризику установки шляхом включення впливу різних факторів, таких як технічні системи, технічні умови, умови експлуатації, людський фактор і організаційні фактори.

1. Розробка базової моделі ризику.

Будівельними блоками моделі BORA є бар'єрні блок-схеми, дерева відмов і діаграми впливу. Бар'єрна структурна схема складається з ініціюючих подій, бар'єрів впливу на послідовність подій в потрібному напрямку і можливих результатів послідовних подій. Він використовується для ілюстрації сценарію подій та впливу бар'єрних систем. Кількісний аналіз сценарію виконується за допомогою аналізу дерева подій. Дерево несправностей використовується для аналізу працездатності бар'єрів безпеки. А діаграма впливу використовується для аналізу впливу РІФ на ініціювання подій дерева подій та основних подій у дереві відмов.

2. Присвоєння частот або ймовірностей.

Основним кроком кількісного визначення є присвоєння середніх частот по галузі для всіх ініціюючих подій та основних подій у дереві подій та дереві несправностей відповідно. Ці дані можна знайти в загальних базах даних або внутрішніх базах даних компанії. Ці ймовірності також можуть бути встановлені за допомогою експертного судження.

3. Якісне моделювання впливу на ризики.

Основним доказом аналізу RIF є присвоєння кожній ініціюючій події та бар'єрній системі з конкретними ймовірностями відмов платформи на основі різного статусу RIF. У зв'язку з його складністю комбінований підхід є кращим для розробки RIF

- a. Підхід «зверху вниз» - в якості основи використовується загальний перелік факторів, що впливають на ризики;
- b. Підхід знизу вгору – події вибираються в якості відправної точки;
- c. Особисті характеристики;
- d. Характеристики завдань;
- e. Характеристики технічної системи;
- f. Адміністративний контроль;
- g. Приклади організаційних факторів RIF.

RIF для кожної ініціюючої події та основних подій у дереві подій та дереві помилок повинні бути визначені. Кількість RIF повинна бути обмежена максимум 6 або нижче для кожної події. Під час цього процесу важливий внесок оперативного персоналу для визначення важливих RIF.

Приклад різних RIF в різних групах наведено в наступній таблиці,

Група РІФ	Загальні фактори впливу ризику
Особисті характеристики	Компетенції
	Робоче навантаження/стрес
	Втоми
	Робоче середовище
Характеристики завдань	Методологія
	Складність завдання
	Часовий тиск
	Інструмент
	Запчастини
Характеристики технічної системи	Конструкція обладнання
	Властивості матеріалу
	Складність процесу
	НМІ (мітки, сигналізації, ергономічні фактори)
	Ремонтопридатність
	Зворотний зв'язок системи
	Технічні умови
Адміністративний контроль	Процедури
	Опис одноразової роботи
Організаційні фактори/ Операційна філософія	Програми
	Трудова практика
	Нагляду
	Зв'язок
	Критерії прийнятності
	Управління змінами

Рисунок 2.3 – RIF у різних групах (Віннем, Авен, Хауге, Сельелід, & Veire, 2004).

Щодо скорингу RIF пропонується два варіанти в BORA

а) Використовуючи результати існуючих проектів, таких як МТО розслідування інцидентів, TTS (Безпека технічного стану). Проект TTS - це метод картографування та моніторингу рівнів безпеки на основі стану різних

бар'єрів безпеки та критично важливих елементів безпеки, і оцінки виставляються кожній системі відповідно до попередньо визначених стандартів продуктивності.

b) Схема підрахунку балів буде розроблена для кожного статусу RIF на основі експертної оцінки на певній платформі

Рейтинг	Опис рівня безпеки
A	Стан значно краще, ніж референтний рівень
B	Умова відповідає референтному рівню
C	Стан задовільний, але не повністю відповідає референтному рівню
D	Стан є прийнятним і в межах мінімального передбачуваного рівня безпеки законодавчого регулювання, але значно відхиляється від референтного рівня
I	Стан зі значними недоліками в порівнянні з «D»
F	Стан неприпустимо

Рисунок 2.4 – Визначення оцінок у проекті TTS (Віннем, Авен, Хауге, Сельелід, & Veire, 2004)

Оцінка	Характеристика сорту для процедур RIF
A	Практично ідеальні процедури, з чек-листами, виділенням важливої інформації, ілюстрацією і т.д.,
B	Процедура краща за середньогалузеву
C	Середньогалузеві процедури
D	Погано написана процедура і відсутність виділення
I	Процедура неповна, застаріла, неточна кількість перехресних посилань тощо,
F	Ніяких процедур, навіть незважаючи на те, що завдання їх вимагає

Рисунок 2.5 – Шкала підрахунку балів для процедур RIF (Віннем, Авен, Хауге, Сельєлід, & Вейр, 2004)

Під час практичних оцінок обидва ці підходи можуть поєднуватися.

Розрахунок конкретних частот або ймовірностей установки

Основною метою цього завдання є коригування середньої промислової ймовірності на основі оцінки RIF. Тут обговорюються три основні аспекти: формули для розрахунку питомої ймовірності установки або частот, присвоєння відповідних значень для Q_i s, зважування RIF.

Нехай A — подія відмови, $P_{rev}(A)$ — встановлена конкретна ймовірність події A

Ймовірність P_{rev} визначається:

Нехай A — подія відмови, $P_{rev}(A)$ — встановлена конкретна ймовірність події A

Ймовірність P_{ob} визначається

$$P_{rev} = P_{ave} \sum_{i=1}^n W_i \cdot Z_i$$

Де

P_{ave} = середня за галуззю ймовірність

W_i = вага / важливість RIF i для

події Q_i = міра статусу RIF i

N = кількість RIF

Here

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1$$

Тому головним завданням є визначення відповідних значень Q_i та W_i

Визначення відповідних значень Q_i

Для визначення значень Q_i s нам потрібно пов'язати конкретні числа з кожним балом А-Ф.

P_{low} - нижня межа для P_{rev} , визначена експертним судженням P_{high} - верхня межа для P_{rev} , визначена експертною оцінкою

Тоді $i = 1, 2, \dots, n$ в наступному

$$Q_i = \begin{cases} \frac{P_{low}}{P_{ave}} & \text{if } S_i = A \\ 1 & \text{if } S_i = C \\ \frac{P_{high}}{P_{ave}} & \text{if } S_i = F \end{cases}$$

Де S_i позначає оцінку RIF_i

Для визначення ваги W_i в цілому його починають з присвоєння ваги 10 найважливішим RIF_i і відносні ваги призначаються для решти RIF .

Перерахунок специфічного ризику установки Використовуючи специфічні для платформи дані P_{rev} в якості вхідних даних, ми розраховуємо переглянуте значення для конкретного ризику установки, використовуючи модель ризику. Ми також враховуємо організаційні фактори, людський фактор, експлуатаційні умови, технічні умови та технічні системи на платформі під час перегляду значень ризику.

Фактори, що впливають на ризик (РІФ) не є незалежними завжди, вони будуть впливати один на одного, тому краще мати чітку картину взаємозв'язків РІФ.

RIF чітко не визначені. РІФ - це фактори, які можуть вплинути на ймовірність настання події. РІФ не є бар'єрами, а факторами, що впливають на показники бар'єрів та інших зовнішніх

факторів. Відповідно до цього, важко розрізнити РІФ і бар'єри.

Згідно з Холлнагелем, епідеміологічні моделі все ще дотримуються принципів послідовної моделі, оскільки напрямок причинності знаходяться в лінійній фазії, наприклад, швейцарській сирній моделі. Бар'єрні блок-схеми аналогічні швейцарській сирній моделі, яка показує напрямок причинності в лінійному фасії. Але для складної ситуації або систем дефекти часто є перехідними, оскільки дірки в швейцарському сири рухаються безперервно.

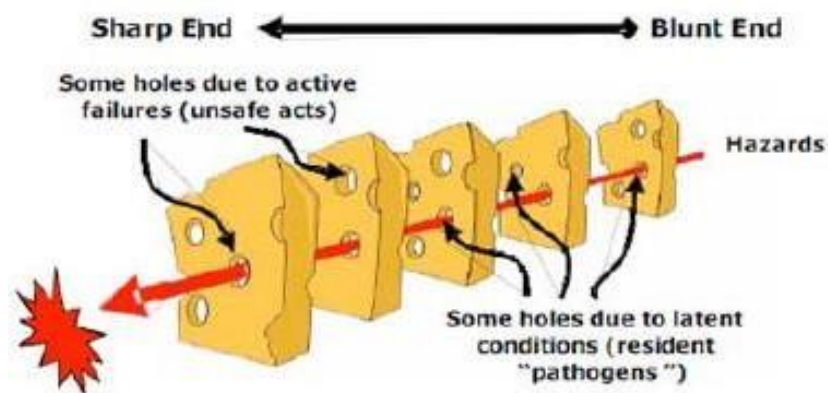


Рисунок 2.6 – Швейцарська модель сиру (Причина, 1997)

Подібно до RIF, бар'єри не є незалежними один від одного. Наприклад, в інциденті з витоком газу бар'єрами є виявлення тиску, виявлення тривоги, огляд людини і т.д. Бар'єр людського огляду сеп впливає на інші бар'єри. Якщо людина вспекції переноситься раніше, ніж інші бар'єри, то це впливає на ймовірність витoku.

BORA здається простим в теорії, але він складний в експлуатації. У структурній схемі намальовано всі можливі початкові події, для інстанції в процесі буріння є кілька ініціальних подій і кожна подія може бути проведена бар'єром. Отже, для всіх операцій кількість блок-схем неможливо уявити. Отже, в складних системах скласти чітку картину бар'єрної структурної діаграми непросто і важко встановити нелінійні відносини.

Необхідність стійкого підходу.

Як пояснювалося вище, і HRA, і BORA не встановлюють модель взаємозв'язку подій або функцій для кращого розуміння проблеми. Ці підходи до проведення заходу за раз, і якщо рівень ризику є помірним і прийнятним, подія вважається безпечною. Але коли ця подія з низькою профі-табличкою поєднується з різними іншими подіями, це призводить до інциденту або нещасного випадку.

Як ми всі знаємо, нещасний випадок відбувається не через одну причину або інцидент, наприклад, альфа пайпера, вибух Макондо тощо, це комбінації різних причин. Отже, розуміння взаємозв'язку функцій та їх залежностей відіграє головну роль у запобіганні нещасним випадкам. Для того, щоб подолати ці труднощі, я рекомендував оцінку ризиків з використанням концепції інженерії стійкості.

3. НОВІТНІЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ РИЗИКІВ (МЕТОД FRAM).

3.1 Управління безпекою в соціально-технічних системах

"Стійкість - це внутрішня здатність системи коригувати своє функціонування до, під час або після змін і збурень, щоб вона могла підтримувати необхідні операції як в очікуваних, так і в несподіваних умовах".

Традиційно безпека була зосереджена на тому, що може піти не так, або що пішло не так. Це було розумно, тому що підприємство повинно розуміти, що пішло не так, а також що може піти не так, щоб розробити профілактичні заходи проти події або її наслідків. Традиційна матриця ризику ілюструє вищенаведену лінію мислення. Приклад матриці ризику наведено нижче.

Катастрофа	Високий	Екстремальний	Екстремальний	Екстремальний	Екстремальний
Критичний	Помірний	Помірний	Високий	Високий	Екстремальний
Маргінальний	Низький	Низький	Помірний	Високий	Високий
Незначний	Низький	Низький	Низький	Помірний	Високий
	Рідкісний	Малоймовірний	Можливий	Ймовірний	Напевний

Рисунок 3.1 – Матриця ризиків

Матриця ризику, як правило, базується на рівні ризику можливих результатів з їх ймовірністю виникнення та тяжкістю наслідків. Матриця ризику розглядає лише речі, які можуть піти не так, але при розгляді можливих результатів події це може піти як

правильно, так і неправильно. Тому розумно очікувати, що речі, які зазвичай йдуть позитивними, також можна очікувати, що вони помиляться незвичайним чином. У цьому ракурсі доцільно включати як позитивний, так і негативний результат наслідків, тобто всі можливі результати, як показано на малюнку (можливі результати).

Традиційно безпека зосереджувалася на негативних результатах, які мають дуже низьку ймовірність виникнення, таких як аварії та інциденти. Небажані негативні наслідки, такі як нещасні випадки, як правило, усуваються. Незважаючи на те, що існує простий зв'язок між подією та їх результатами, можна охарактеризувати кількома підмножинами: позитивні результати з великою ймовірністю появи, негативні результати, які мають дуже низьку ймовірність виникнення,

негативні результати з високою ймовірністю виникнення. Для того, щоб знати про традиційний та поточний сценарій безпеки, ми маємо належне розуміння безпеки I та безпеки II.

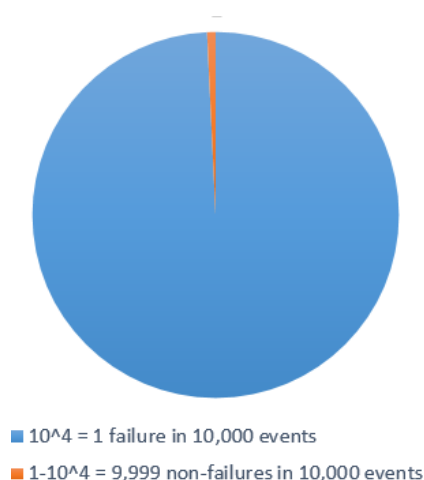


Рисунок 3.2 – Дисбаланс речей може піти правильно, а все може піти не так (Hollnagel, Wears, & Braithwaite, 2015)

Імовірність того, що все може піти не так, настільки тонка лінія, як показано червоним кольором, становить 1 з 10000 подій, що вказує на те, що ймовірність того, що все може піти правильно, становить 9999 з 10000 подій.



Рисунок 3.3 – Невдачі та успіхи за версією Безпеки-I

Безпека полягає в усуненні способу несправностей і запобіганні правильного шляху за допомогою бар'єрів, показаних вище Безпека-I. Він також передбачає, що компоненти системи є бімодальними у функціонуванні, тобто вона має два режими функціонування, які або виконуються правильно, або несправні.

На відміну від Безпека-I, в інженерії стійкості замість того, щоб дивитися лише на речі, які йдуть не так, слід також розглянути речі, які йдуть правильно, і зрозуміти, як це відбувається. Визнається, що все йде правильно, тому що працівники здатні пристосовуватися до умов і працювати відповідно, а не працювати так, як уявлялося. Він також визнає, що обидва результати (прийнятні та неприйнятні) мають спільну основу, як показано нижче.

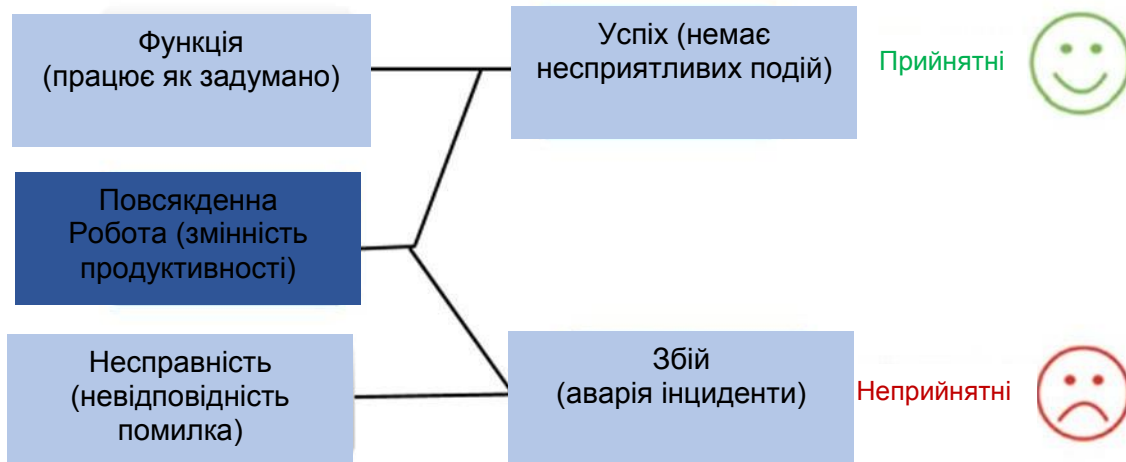


Рисунок 3.4 – Основи безпеки -II

Безпека II - це здатність функціонувати так, як це необхідно в різних умовах, щоб максимально збільшити кількість прийнятних результатів. Тому правильне розуміння повсякденних справ дуже необхідно, щоб зрозуміти, чому все йде правильно. Необхідний проактивний підхід управління безпекою, щоб втрутитися, перш ніж щось піде не так.

Основною метою інженерії стійкості є досягнення стійкості в системі. Щоб організація була стійкою, вона повинна володіти чотирма основними здібностями:

- **Здатність реагувати.** Стійка організація повинна мати можливість реагувати, тобто знати, що робити під час регулярних і нерегулярних збоїв, або реагуючи підготовленим набором відповідей, або коригуючи нормальну функціональність. Це здатність реагувати або знати, що робити. Ця здатність звертатися називається актуальною;
 - **Можливість моніторингу.** Стійка організація повинна мати можливість контролювати, тобто знати, на що звернути увагу, що може принести загрози системі. Акт моніторингу повинен охоплювати те, що відбувається в системі, її середовищі і власну продуктивність. Ця здатність до звернення називається критичною;
 - **Здатність до навчання.** Стійка організація повинна вміти вчитися

зі свого досвіду. Зокрема, він повинен знати, як винести правильні уроки з правильного досвіду, включаючи як успіх, так і невдачі. Ця здатність звертатися називається фактичною;

➤ Уміння передбачати

Стійка організація повинна мати можливість передбачати, тобто знати, чого очікувати, як загрози, події та можливості в майбутньому. Ця здатність звертатися називається потенційною.

Усі чотири здібності необхідні для того, щоб організація була стійкою. Інженерія стійкості гарантує, що всі здібності не можуть бути розглянуті індивідуально або незалежно. Інженерний підхід стійкості в даний час використовується в таких сферах, як системи управління повітряним рухом, де дотримуються високих стандартів безпеки. Переваги інженерного підходу стійкості перед управлінням безпекою та культурою безпеки, заснованої на деяких загальних категоріях та характеристик, показані шляхом порівняння трьох підходів.

Підхід	Управління технікою безпеки	Культура безпеки	Інженерія стійкості
Індикатори			
Прихильність керівництва вищого рівня	Визначені цілі з питань безпеки та гігієни праці, а також принципи профілактики	Обізнаність з безпеки на всіх рівнях організації, описана філософія забезпечення безпеки, розподіл необхідних організаційних структур	Чіткі інструкції для безпечного прийняття рішення
Ресурси	Управління ресурсами як відповідальність вищого рівня управління, стандарти на основі оцінки необхідних ресурсів	Забезпечення ресурсами як завдання керівництва, конфлікти між ефективністю та безпекою вирішується на користь безпеки	Виділення буфер ресурсів для критичних ситуацій
Гнучкий діапазон дій / відповідність	Дотримання правил безпеки, спостереження за	Сприяння обізнаності про безпеку на всіх	Визначення простору для маневру, коли

	дотриманням	рівнях кімнати	йдеться про рішення пов'язані з безпекою
Постійне вдосконалення процесу	Ревізії , часті ревізії	Вимірювання та навчання, культура звітування про збої та промахи	Проактивне виявлення можливих несправностей та безпечних і належних практик

Рисунок 3.5 – Порівняння інженерії стійкості з культурою безпеки та управлінням безпекою.

Інженерія стійкості є важливою сферою для розуміння та управління безпекою в соціально-технічних системах. В останні роки були докладені різні зусилля, щоб надати відповідне роз'яснення і поняття для стійкої системи. Ключовими моментами для розуміння стійкої системи є:

- Неприпустимі події навіть не можуть бути віднесені до несправності компонентів або поломки. Вони розуміються як несподівані комбінації нормальної мінливості продуктивності;
- Згідно з інженерією стійкості, ефективне управління безпекою не базується ні на розрахунку ймовірності заднім числом або відмовою, ні на підрахунку помилок. Управління безпекою повинно бути проактивними , а не просто реактивним;
- У загальноприйнятому уявленні про управління безпекою, варіативність продуктивності розглядається як загроза або щось, чого слід уникати. Вони обмежені за допомогою бар'єрів, правил, блокувань і процедур;
- Мінливість продуктивності є нормальною і важливою в інженерії стійкості. Вона розглядається , як джерело , як негативних так і позитивних результатів. Обмеження варіативності продуктивності не може призвести до безпеки, натомість посилить мінливість продуктивності , що призведе до позитивних результатів.

Щоб організація була стійкою, вона повинна мати наступні чотири здібності: здатність реагувати на регулярні та нерегулярні загрози, уміння контролювати, знати, що відбувається, здатність передбачати ризики та можливості, уміння вчитися на досвіді.

Для того, щоб сформулювати перспективу ризику для інженерії стійкості, ми повинні зрозуміти основну перспективу ризику. Двома основними категоріями перспективи ризику є:

- Імовірність розглядається як основна складова ризику і трактується як об'єктивна ймовірність діяльності. Це називається традиційною перспективою ризику;

- Невизначеність є основною складовою ризику, а ймовірність - суб'єктивним інструментом (заснованим на знаннях) для вираження цих невизначеностей. Це відноситься до альтернативної перспективи ризику.

У традиційній перспективі ризику ризик визначається ймовірністю дистрибуції або ймовірністю, що виражає стохастичні невизначеності. Імовірність P визначається як частка часу, коли відбувається подія A . Розподіл ймовірностей P_x пов'язаний з X випадковою величиною. Тут ризик визначається P і P_x , невизначеності часто нехтуються або як статистичні варіації, що відображаються простими довірчими інтервалами.

В альтернативній перспективі ризику невизначеність є основною складовою, а не ймовірністю.

Згідно з перспективою ризику Авена, це двовимірна комбінація

1. Подія A і її наслідки C
2. I пов'язані з цим невизначеності U

Його зазвичай називають (A, C, U) перспективою, ризик, пов'язаний з діяльністю.

Невизначеності описуються за допомогою суб'єктивних

ймовірностей P на основі знань K . Якщо ймовірність P вважається $0,1$, це означає, що відповідно до його ступеня віри ймовірність події A , витягнувши випадкову кулю з урни, що містить 10 кульок, дорівнює 1. Дана перспектива ризику включає в себе наступні елементи (A, C, P, U, K) . Відповідно до альтернативної точки зору, ймовірність є лише інструментом для вираження невизначеностей.

Перспектива ризику для інженерії стійкості

Основи, що використовуються тут, - це (A, C, U) перспектива ризику, пояснена вище. З метою введення визначення стійкості ми вводимо поняття вразливості.

Вразливість або надійність = $(C, U | A)$

Вразливість визначається як двовимірна комбінація наслідків C і пов'язаних з нею невизначеностей U , з огляду на настання події A . Невизначеність різних наслідків C також може бути визначена ймовірністю K настання події A . Таким чином, вразливість також визначається за допомогою наступних елементів вразливість = $(C, P, U, K | A)$

Де C - наслідок, ймовірність P , невизначеність U і фонове знання K з огляду на те, що подія A має місце. Аналіз вразливостей є частиною аналізу ризиків, оскільки вразливість розглядається як аспект ризику.

Стійкість - це тісно пов'язане поняття надійності. Ключовою відмінністю є подія A , наслідки C і невизначеності пов'язані з фіксованою A в надійності та вразливості. Де, як і в інженерії стійкості, подія A відкрита для будь-якого типу подій. Тому стійкість можна визначити як (Steen & Aven, 2011)

Стійкість $(C, U | \text{будь-які } A, \text{ включаючи нові типи } A)$

Опис стійкості: $(C, P, U, K | \text{будь-які } A, \text{ включаючи нові типи } A)$

Для всіх наведених вище визначень наслідки C залежать від показників бар'єрів B , щоб показати це явно, ми пишемо $C = (B, C)$, в

результаті чого описуємо стійкість як $(B, C, P, U, K | \text{будь-які } A)$, включаючи нові типи A)

Виступи бар'єрів аре виражаються пропускнуо здатністю бар'єру. У загальному вигляді впливають на продуктивність фактори (ПШФ) впливають на працездатність системи і бар'єри.

Всі заходи, що проводяться для управління стійкістю, називаються інженерією стійкості. Ризик є наслідком перспектив ризику $(C, P, U, K | \text{Будь-яка } A, \text{ включаючи нові типи } A)$ називається розширеною оцінкою ризиків.

Основними елементами розширеної оцінки ризику є: визначення ініціюючих подій A , аналіз причин, вираження вразливості $(C, P, U, K | A)$ тобто аналіз вразливостей, експресивний аналіз стійкості $(C, P, U, K | \text{Будь-який } A, \text{ включаючи нові типи } A)$, опис і характеристика ризиків.

Тут термін причина позначає події та умови, що призводять до певного результату, тобто настання події A .

3.2 Принципи роботи та опис методу FRAM

Метод FRAM описує відмову систем в результаті функціонального резонансу від мінливості нормальної працездатності. Це модель або представлення організаційних та/або окремих функцій, де характеристики кожної функції є основою для опису її потенційної мінливості. Вперше він був запропонований Hollnagel 2004, з тих пір він використовується в різних областях, таких як авіація, управління повітряним рухом, охорона здоров'я. Метод FRAM може бути використаний як модель розслідування нещасних випадків для виявлення того, чи могли виникнути ці збіги, а також при оцінці ризиків для пояснення того, як збіги можуть виникають внаслідок варіативності продуктивності.

FRAM має чітку сформульовану теоретичну основу, пояснену в наступних чотирьох принципах: принцип еквівалентності успіхів і

невдач, принцип приблизних коригувань, принцип виникнення, принцип функціонального резонансу.

Принцип еквівалентності успіхів і невдач.

Принцип еквівалентності успіхів і невдач можна звести до наступних пунктів:

1. Нормальна продуктивність є емерджентним явищем і походять із загального джерела;
2. Результати або результат дій можуть відрізнятися від того, що було потрібно, передбачалося або очікувалося, ці відмінності можуть бути як шкідливими, так і корисними;
3. Гнучкість і технологічність людської праці є основною причиною її ефективності;
4. Однак адаптивність і гнучкість людини також можуть бути причиною збоїв, хоча і є причиною рідкісного виникнення подібних збоїв.

Зазвичай умови експлуатації занижуються рідко, якщо взагалі коли-небудь, як це уявлялося або як було наказано. Це наслідок нерозв'язності в соціально-технічних системах. Це означає, що заздалегідь підготувати набір інструкцій, яким можна буде слідувати пізніше, практично неможливо. Найкращим можливим рішенням є надання методичних рекомендацій, які можна використовувати як основу для конкретних дій. Керівні принципи та процедури, як правило, підкріплені широкою професійною підготовкою.

Функціональний резонанс.

Метод FRAM замінює традиційний причинно-наслідковий зв'язок принципом резонансу. Орієнтуючись на взаємозв'язок між функціями системи, FRAM долає обмеження встановлених методів. Цей принцип означає, що мінливість кількості функцій може раз у раз резонувати, це означає, що існує ймовірність того, що мінливість однієї функції посилюється з іншою, що призводить до перевищення

нормальних меж. Звичайно, результат може бути як вигідним, так і згубним. Цей принцип дає можливість вловити динаміку функціонування системи, тому властивості емерджентної системи, які важко зрозуміти, розкладаються на ізольовані компоненти з метою її ідентифікації.

Метод складається з п'яти кроків:

Крок 1: Мета аналізу

Найпершим кроком є визначення мети аналізу, як згадувалося раніше, FRAM може бути використаний як метод оцінки безпеки, а також як метод розслідування нещасного випадку. Хоча основними кроками є самі в обох методах, але деякі необхідні деталі можуть відрізнятися в обох випадках. Наприклад, при розслідуванні нещасного випадку добре відомі умови виконання робіт, де, як і в майбутніх умовах, доводиться оцінювати. У цьому описі основна увага приділяється вивченню можливих майбутніх подій, тобто основна увага приділяється оцінці ризику організаційних змін. Після досягнення цієї мети слід упорядковано виконувати наступні кроки для виявлення та оцінки ризиків.

Крок 2: Ідентифікація та опис відповідних функцій системи

Ідентифікація функцій йде після того, як рівень моделювання та його спрямованість визначені, наступним кроком є визначення функцій системи. Аналізуються принципи, якими це керується, необхідність досягнення опису нормальної діяльності, здійснюваної соціально-технічною системою. Тому необхідно описувати функції, не оцінюючи можливої якості або правильності їх виходів. Виявлення функцій корисно починати з аналізу завдань або з офіційних документів організації. Процес ідентифікації функцій має дуже важливе значення для забезпечення якості результуючого моделювання системи.

Після того, як ідентифікація початкової функції зроблена, наступним кроком є характеристика кожної функції. Це не

перешкоджає тому, що набір функцій змінюється в більш пізній момент.

Опис функції

Слідом за ідентифікацією функції вона протікає шляхом характеристики кожної функції з точки зору шести параметрів,

1. Вхід (I): те, що процес функції запускає функцію або трансформується для отримання виходу;
2. Вихід (O): те, що є результатом функції, це може бути як добуток, так і конкретний вихід або зміна стану;
3. Передумови (P): системні умови, які повинні бути виконані, перш ніж функція може бути виконана;
4. Ресурси (R): те, що функція споживає або потребує для отримання результату;
5. Час(T): тимчасові обмеження, що впливають на функцію (тривалість, час початку або час завершення);
6. Контроль(C): як функція контролюється.

Основою для подальшого аналізу є опис кожної функції, яке виконано в простому форматі таблиці. Представлення являє собою діаграму, що показує функції в шестикутниках і зв'язки між ними у вигляді ліній.

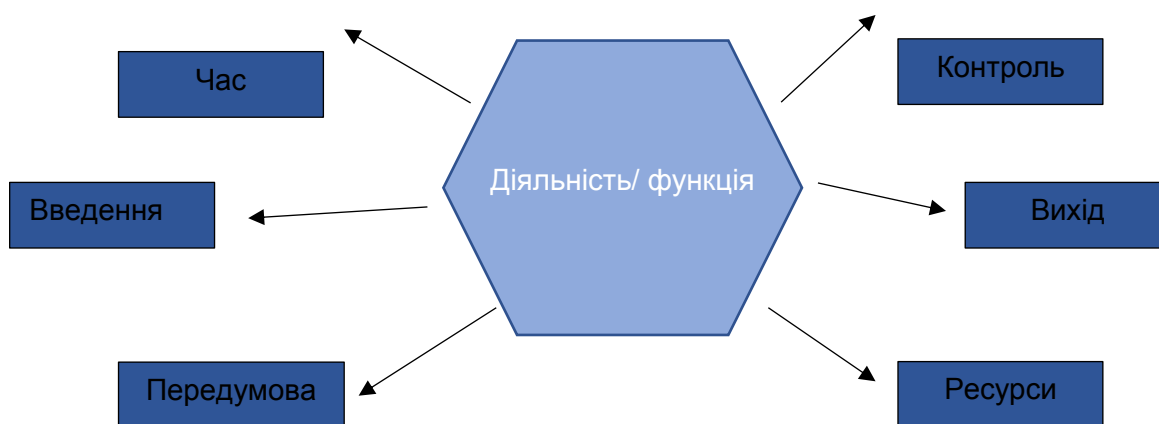


Рисунок 3.6 – Передня модель

Завжди буде прямий опис шести аспектів або параметрів, але в дусі методу його завжди можна доопрацювати на більш пізньому етапі аналізу. По завершенні, табличний опис визначає набір потенційних муфт серед інших функцій.

Миттєвість FRAM.

Після того, як функції були описані, наступним кроком є визначення муфт серед функцій. Цього можна досягти, зв'язавши функції відповідно до описів. Результат являє собою установку FRAM системи і часто представляється графічно.

У встановленні FRAM-зв'язок представляє залежності між функціями, визначеними шістьма аспектами, а не причинно-наслідковими потоками або причинно-наслідковими зв'язками. Тільки з метою ілюстрації приклад причинно-наслідкового зв'язку наведено нижче.

Крок 3: Оцінка потенційної мінливості продуктивності

У FRAM на мінливість функції впливають умови продуктивності, в сенсі мінливість продуктивності буде збільшена несприятливими умовами продуктивності, тоді як вигідні умови продуктивності зменшать варіативність продуктивності. Тому необхідно зрозуміти природу та походження вистави, щоб ця зміна перспективи була практично корисною.

У зв'язку з мінливістю від звичних або навмисних коригувань продуктивності це також результат ряду зовнішніх і внутрішніх факторів. Шість основних джерел мінливості організаційної та людської діяльності є:

1. Фундаментальні психологічні та/або фізіологічні характеристики людини. Приклад – пильність та увага, рефрактерні періоди, забування, втома тощо;

2. Повсюдні психологічні явища більш високого

рівня, такі як креативність, винахідливість і адаптивність, наприклад, подолання темпоральних обмежень і під конкретизацією;

3. Організаційні умови і вимоги;
4. Соціальні або командні психологічні фактори, такі як дотримання стандартів групової роботи і т.д.;
5. Навколишні умови праці;
6. Мінливість робочого середовища, викликана непередбачуваністю домену.

Визначення ефективних контрзаходів.

Після того, як можливий діапазон мінливості ефективності та потенційні ризики будуть визначені, очевидно, наступним і останнім кроком є визначення контрзаходів для пом'якшення або усунення цих ризиків. Там, де є випадок, коли ризик можна усунути, змінивши щось або будь-які інші засоби, це слід зробити, оскільки профілактика є найбільш ефективним рішенням. У тих випадках, коли ризик неможливо усунути зміною чого-небудь, тоді слід розглянути інші рішення.

У функціональній перспективі слід також розглядати рішення, які безпосередньо стосуються динаміки системи, тобто способу виконання функцій. Якщо ризик пов'язаний з мінливістю продуктивності або від однієї функції, або через муфти різних функцій, логічним рішенням є гасіння мінливості. Демпфірування може бути досягнуто різними способами, його слід вибирати таким чином, щоб він звертався до найбільш ймовірного джерела мінливості.

Матеріальні наслідки травматизму:

$$M_H = D_T \cdot S \cdot \Phi,$$

де D_T - кількість людино-днів непрацездатності в потерпілих з втратою працездатності на 1 день і більше, тимчасова непрацездатність яких закінчилась у звітному році;

S - середня денна заробітна плата одного працівника;

Φ - коефіцієнт матеріальних наслідків (страхові внески, штрафи, матеріальні втрати); $\Phi = 2$.

Крім того, в зв'язку з нещасним випадком потерпілий позбавлений можливості виробляти матеріальні цінності.

2. Умовні річні втрати додаткового продукту Y_B можуть бути визначені

$$Y_B = (D_T + D_1 + D_C) \cdot S,$$

де D_1 - кількість людино-днів непрацездатності за рік внаслідок інвалідності;

D_C - кількість людино-днів у році, які недопрацьовані через смертельні випадки.

3. Загальна сума матеріальних наслідків від нещасних випадків з урахуванням умовних витрат додаткового продукту за рік:

$$M_H = D_T \cdot S \cdot \Phi + S (D_T + D_1 + D_C) = S [D_T (\Phi + 1) + D_1 + D_C].$$

Економічна ефективність заходів з охорони праці:

$$E = Q - E_H (K_2 - K_1).$$

де Q - річна економія внаслідок зниження виробничого травматизму і окремих статей собівартості;

E_H - нормативний коефіцієнт ефективності заходів охорони праці, $E_H = 0,08$;

K_1, K_2 - витрати для впровадження заходів для попередження нещасних випадків за попередній і звітний роки.

2. Річна економія, Q :

$$Q = M_{H1} - M_{H2},$$

де $M_{H1} - M_{H2}$ - матеріальні наслідки виробничого травматизму в попередньому і звітному роках.

3. Термін окупності витрат на охорону праці:

$$T = K_2 / Q.$$

4. Економічна ефективність заходів:

$$E_{\text{еф.}} = Q / K_2.$$

В табл. 1.1 наведені дані для розрахунку економічної ефективності охорони праці.

Таблиця 1.1 Приклад розрахунку економічної ефективності охорони праці

№ зп.	Назва	Позначення	Одиниці вимірювання	Показники	
				попередній рік	звітний рік
1	Кількість людино-днів непрацездатності від травм		люд.-дні	384	300
2	Середня денна заробітна плата одного працівника		грн.	10	10
3	Коефіцієнт матеріальних наслідків від травм		—	2	2
4	Кількість людино-днів, непрацездатності за інвалідністю (з моменту переходу на інвалідність до кінця року), всього		дні	282	96
5	Кількість людино-днів, недопрацьованих потерпілими, які загинули, всього		люд.-дні	250	
6	Нормативний коефіцієнт ефективності витрат		—	0,08	0,08
7	Витрати на підприємстві для попередження нещасних випадків		тис. грн.	3,59	9,39

ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

1. Матеріальні наслідки травматизму за рік:

$$M_{H1} = 384 \cdot 10 \cdot 2 = 7,68 \text{ тис. грн.}$$

$$M_{H2} = 300 \cdot 10 \cdot 2 = 6,00 \text{ тис. грн.}$$

2. Умовні втрати додаткового продукту:

$$Y_{B1} = 10 \cdot (384 + 282 + 250) = 9,16 \text{ тис. грн.}$$

$$Y_{B2} = 10 \cdot (300 + 96) = 3,96 \text{ тис. грн.}$$

3. Матеріальні наслідки нещасних випадків за рік з урахуванням умовних втрат:

$$M_{H1} = 10 \cdot (384 \cdot (2 + 1) + 282 + 250) = 16,84 \text{ тис. грн.}$$

$$M_{H2} = 10 \cdot (300 \cdot (2 + 1) + 96) = 9,96 \text{ тис. грн.}$$

4. Річна економія:

$$Q = 16,84 - 9,96 = 6,88 \text{ тис. грн.}$$

5. Економічна ефективність:

$$E = 6,88 - 0,08 \cdot (9,39 - 3,59) = 6,88 - 0,46 = 6,42 \text{ тис. грн.}$$

6. Термін, за який скуповуються втрати:

$$T = 9,39 / 6,88 = 1,4 \text{ роки.}$$

7. Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = 6,88 / 9,39 = 0,73.$$

Економічна ефективність становить 0,73 грн. на кожну гривню витрат.

Якщо врахувати витрати підприємства на відшкодування потерпілим і внески в фонд страхування від нещасних випадків, то економічна ефективність СУОП значно збільшиться. Закон передбачає неприпустимість керуватись суто економічними міркуваннями при проведенні заходів з охорони праці.

Існуючі методи економічної мотивації роботи з охорони праці на підприємствах у сучасних умовах господарювання затруднені за недостатністю коштів на проведення відповідних організаційно-технічних заходів і стимулювання персоналу, тому вирішення завдань роботи з охорони праці на підприємствах може бути досягнуто шляхом підвищення ефективності господарської діяльності.

Існуючий порядок централізованого управління господарською

діяльністю підприємства, коли всі важелі управління знаходяться у першого керівника застарів. Цей порядок пригнічує ініціативу і продуктивність праці в трудових колективах. Необхідно докорінно змінити порядок управління виробничою діяльністю.

Досвід передових країн показує, що на підприємстві доцільно ввести посаду виборного керівника — менеджера, який обирається на зборах акціонерів на період 2-3 роки. Якщо обраний менеджер за цей термін не підніме виробництво, то його на зборах акціонерів замінюють іншим.

Всі інші поточні питання роботи підприємства він віддає керівникам структурних підрозділів, їх трудовим колективам. В цьому випадку головним завданням керівника підприємством стане створення таких умов роботи, щоби працівники найкращим чином змогли здійснювати мету роботи, самостійно спрямовувати свої зусилля на виконання завдань підрозділу.

Таким чином, адміністративне управління замінюється управлінням на досягнення мети роботи. Керівництво тільки допомагає виконавцям поставити мету діяльності. Виконавцям надається можливість вирішувати завдання роботи самостійно за допомогою власної ініціативи і методів. Вони не знаходяться під постійним контролем керівництва.

3.3 Практичне застосування підходу.

Глибоководний горизонт - бурова установка, яка була розміщена в Мексиканській затоці для розвідувального буріння на свердловині Макондо. Глибоководний горизонт - це мобільна і тимчасова установка, яка бурить свердловину і визначає, чи є якийсь життєздатний резервуар вуглеводнів і робить його готовим і безпечним для постійна виробнича установка. Цей процес має на увазі поетапне свердління глибокого свердловинного отвору, вставку сталевих труб і заповнення обсадної колони цементом. 20 квітня 2010

року став незабутнім днем в історії морської нафтогазової промисловості, на якому стався найбільший в світі розлив нафти на шельфі з загальною кількістю 11 загиблих - вибух Макондо. Повний звіт про аварію від BP (British Petroleum) можна знайти на наступному сайті: [http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/sustainability/issue-zviti/Deepwater Horizon Accident Investigation Report.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/sustainability/issue-zviti/Deepwater_Horizon_Accident_Investigation_Report.pdf)

У звіті про аварію робиться висновок, що аварія не була викликана жодною дією, вона була результатом складної взаємодії людських суджень, механічних відмов, інженерного проектування, зв'язку з командою та оперативної реалізації. Послідовність аварій настільки складна, де порушено кілька бар'єрів. Ілюстрація порушених бар'єрів показана нижче з використанням швейцарської сирної метафори.

Проста ілюстрація моделі FRAM пояснюється розглядом підриву Макондо, розглянута нижче.

Оцінка та оцінка потенційної мінливості з урахуванням нормальних та найгірших ситуацій.

Глибоководний горизонт має геолого-геофізичні дослідження як входи для бурової функції. Ці дослідження можуть мати варіації, неповноту та неточність інформації. Однак це можна усунути або зробити процес стійким шляхом постійного аналізу відходів буріння, які повертаються зі свердловини і вносять необхідні корективи.

Затримки в часі є ще одним основним джерелом варіації ефективності, оскільки основна мета організацій іє досягти мети вчасно для кращого прибутку це тисне на працівників, щоб вони пішли на компроміс щодо продуктивності, включаючи питання безпеки.

Результати випробувань на тиск відіграють важливу роль у варіаціях продуктивності, оскільки показання несправностей та неправильне тлумачення даних можуть мати серйозний вплив на варіації. Основною метою розміщення цементу є ізоляція

свердловини від вторгнення вуглеводнів і забезпечення її безпеки на майбутніх операціях.

Варіації продуктивності цементного шламу можуть призвести до ослаблення цементу, що забезпечує місце для вторгнення вуглеводнів або розломів у пласті. Додатково проводиться випробування цементного шламу для оцінки рецептури цементу. Ці тести проводяться в добре обладнаній лабораторії, розташованій за межами платформи, і результати зберігаються в базі даних. Тести виконуються спеціалізованою компанією, яка не має контакту з платформою. Цей тест може зіграти важливу роль у тому, щоб зробити процес більш стійким, встановивши належну процедуру повідомлення результатів зацікавленим сторонам та попередньо визначивши запобіжні та коригувальні заходи із залученою командою. Цементуюча корекція є однією з основних дій, які слід зробити в case виявлення варіації продуктивності.

Діяльність з тимчасового залишення полягає в оцінці цілісності свердловини і герметизації її для майбутньої розвідки. Основне завдання - ізолювати свердловину для безпечної експлуатації. Варіації продуктивності можуть бути виявлені під час тестування відмови від свердловини, що забезпечує профілактичні та коригувальні дії, які можуть зробити процес стійким. Як правило, надаються контрольні списки та процедури для перегляду результатів або процесу виявлення змін. Оператори також повинні бути навчені помічати зміни, які не включені в контрольні списки.

Виявлення функціонального резонансу. Комбінації мінливості можуть призвести до небажаних виходів.

Поєднання варіацій експлуатаційних аспектів плану розміщення цементу і конструкції цементного шламу може мати серйозні наслідки в процесі розміщення цементу. Крихкий цемент через зміну продуктивності обох видів діяльності може призвести до наслідків вторгнення вуглеводнів, можливо, неконтрольованої ситуації. Щоб запобігти розливу нафти, ми

можемо використовувати пристрої безпеки, такі як « запобігання видуву ». Але зрозуміло, що варіації продуктивності в запобіжниках видуву робить процес менш стійким.

Підхід FRAM, як показано на діаграмі зв'язку, представляє всі зв'язки і залежності кожної функції від іншої, звідси і вплив на Продуктивність функції за зміною виконання інших функцій може бути легко ідентифікована, а наслідки зменшені.

Таким чином, запропонований підхід виявляє всі варіації продуктивності процесу і прогнозує можливість виникнення аварії в багатьох ситуаціях. Отже, інцидент або нещасний випадок, як-от «Підрив Макондо», можна легко запобігти.

ВИСНОВОК

З різних повідомлень про аварії видно, що людський фактор є основними причинами інциденту або збоїв системи. В останні роки організації розглядають людський фактор як один з основних факторів і почали впроваджувати різні заходи щодо зниження ризику через людський фактор, але все ж галузям важко контролювати ризик. Існує кілька методів зниження ризику через людський фактор, але все ж галузь потребує більш ефективних і надійних методів управління цими ризиками.

У широко використовуваних методах, таких як HRA, BORA тощо, основною метою є виявлення ризику, проведення кількісного аналізу та перевірка того, чи знаходиться ризик на прийнятному рівні або якщо він має високий рівень ризику, використовуються методи зниження ризику. Цю процедуру повторюють кілька разів, поки ризик не знизиться до прийняттого рівня. Але на практиці звести будь-який ризик до нуля практично неможливо. Дуже важливо розуміти, що ризик через людського фактора і людської помилки неминучий.

Також зрозуміло, що загальні методи оцінки ризиків, такі як HRA тощо, оцінка ризику проводиться для кожної події окремо та перевіряється на рівні ризику та чи є рівні ризику є низькими і прийнятними, ризик вважається безпечним. Але коли два або більше ризиків поєднуються один з одним, то отриманий ризик високий і може мати серйозні наслідки та призвести до аварії. Ці методи не можуть передбачити цей ризик або встановити зв'язок між цими подіями.

Люди схильні помилятися і будуть помилятися в своєму судженні. Вони також будуть дрейфувати від відомих процедур. Ці замети є нормальними, але якщо їх не керувати належним чином, це може мати кумулятивний негативний вплив на загальний процес.

Інженерія стійкості є найкращим можливим підходом для подолання всіх перерахованих вище проблем. Варіативність

продуктивності в інженерному огляді стійкості як на нормальні, так і на відмовні показники мають спільне джерело. Результати іноді можуть відрізнятися від того, що було потрібно, очікувано або задумано. Ця різниця може бути як корисною, так і шкідливою. Адаптивність і гнучкість людської діяльності є причиною ефективності, однак вони також можуть бути причиною її збоїв.

Для того, щоб бути адаптивним і гнучким, необхідно повністю розуміти процес, тобто не тільки те, як він може вийти з ладу, але і як він може йти правильно. Коли ми зосереджуємося на тому, як це може пройти правильно, ми також розуміємо найближчі промахи. Ближній промах визначається як ситуація, яку обійшла дисперсія роботи персоналу. З цієї точки зору також можна виділити фактори, які сприяли найближчим промахам.

Одним з головних недоліків нафтогазової галузі є те, що ми не можемо зафіксувати, як вона пройшла правильно. В інженерії всі виступи, включаючи близькі промахи, записуються та контролюються для виявлення відхилень продуктивності.

Для того, щоб прийняти ці принципи, нам потрібна модель, яка може представляти мінливість нормальної продуктивності і яка може надати більш вичерпні пояснення нещасних випадків для виявлення можливих ризиків.

При погляді на авіаційній індустрії, де безпека є їх головною турботою і пріоритетом. Вони потребують високої точності даних і навчання з минулого. Це одна з галузей, яка включає людський фактор як основний внесок у роботу системи. Повітряний рух повинен бути більш точним, а також бути готовим до адаптивності та гнучкості в будь-який момент часу, щоб уникнути серйозних аварій. У системі управління повітряним рухом широко використовують метод функціонального резонансного аналізу (FRAM). Що допомагає їм монітор і реагувати

відповідно, не впливаючи на всю систему.

Метод функціонального резонансного аналізу (FRAM) охоплює внутрішні обмеження часто використовуваних методів, зосереджуючись на взаємозв'язку між функціями системи. Це також усуває традиційне причинно-наслідкове зв'язок за принципом стійкості. FRAM також можна використовувати як модель аварії для пошуку першопричин аварії, що допомагає краще зрозуміти систему.

Практична реалізація методу FRAM встановлена в тематичному дослідженні аварії з вибухом Макондо. Встановлено модель оцінки безпеки аварійної ситуації вибуху Макондо. Модель чітко відображає залежності та зв'язки між функціями системи, що робить шлях до розуміння нормальної продуктивності та можливої мінливості продуктивності чітко помітним та доступним.

У методі FRAM виявляються можливі варіабельності продуктивності і вони мапуються з іншими функціями для виявлення залежностей і їх впливу на системні функції. Отже, аварії або інциденти можна передбачити та запобігти набагато раніше, ніж будь-які інші методи, як показано в тематичному дослідженні, де можливість вибуху є прогнозується з варіаціями продуктивності інших функцій.

Основна причина того, що цей метод є більш успішним у запобіганні аваріям, полягає в тому, що він зосереджується на гасінні мінливості, а не на усуненні збоїв, тобто, шляхом імпро-ведення умов, де потрібно зробити компроміси.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біла книга з інженерії стійкості для банкоматів (2009).
URL:<https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/article/content/documents/nm/safety/safety- a-white-paper-resilience-engineering-for-atm.pdf>
2. Арезес, П., & Карвальо, П. (Ред.). (2014). Досягнення в галузі управління безпекою та людським фактором під редакцією.
URL: <http://www.ahfe2016.org/files/books/2014SMHF.pdf>
3. Авен, Т. (2008). Аналіз ризиків: Оцінка невизначеності, що виходить за межі очікуваних значень і ймовірностей. Великобританія: Вілі-Блеквелл (відбиток компанії John Wiley & Sons Ltd).
4. Бритіш Петролеум. (2010 р., вересень). Звіт про розслідування аварії на глибоководному горизонті. URL:
[звітів/Deerwater_Horizon_Accident_Investigation_Report.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/products-services/documents/Deerwater_Horizon_Accident_Investigation_Report.pdf)
5. DNV.GL. (2014). Всесвітній банк даних про офшорні аварії (woad).
Призначення вoad.
URL:<http://production.presstogo.com/fileroot7/gallery/DNVGL/files/original/79060cc678d242999f1cf41551f8ee5a.pdf>
6. Інститут енергетики. (2011). Людський фактор briefing notes - енергетичний інститут.
URL:<https://www.energyinst.org/technical/human-and-organisation-factors/human-factors- briefing-notes>
7. Гордон, Р. П. Е. (1998). Внесок людського фактора в аварії в морській нафтовій промисловості. Інженерія надійності & Безпека систем, 61(1-2), 95–108. doi:10.1016/s0951- 8320(98)80003-3
8. Керівник з питань охорони праці. (2012 р., січень). Управління працездатністю людини - Інструктажні записки.
URL: <http://www.hse.gov.uk/humanfactors/briefingnotes.htm>
9. Холлнагель, Е. (2013 р., вересень). Застосування методу функціонально-резонансного аналізу (FRAM) до оцінки ризиків організаційних змін.

URL:http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/057/44057156.pdf

10. Холлнагель, Е., Носс, Р. Л., & Брайтвейт, Ж. (2015). Від безпеки-І до безпеки-II: Офіційний документ.
URL:<https://www.england.nhs.uk/signuptosafety/wp-content/uploads/sites/16/2015/10/safety-1-safety-2-white-papr.pdf>
11. Хаббард, А., & Ембрі, Д. (2010, вересень). Глибоководний горизонт – короткий виклад критичних подій, проблем людського фактору та наслідків.
URL:http://www.humanreliability.com/documents/DeepwaterHorizon-Людський_факторПроблемиОГ.pdf
12. Визначено людський фактор - засіб підвищення показників ОП. (2010).
URL: <http://www.ogp.org.uk/pubs/368.pdf>
13. Довідник даних оцінки ризиків людського фактора в QRA. (2014).
URL: <http://www.iogp.org/pubs/434-05.pdf>
14. Інжиніринг людського фактора в проектах. (2016).
URL: <http://www.iogp.org/pubs/454.pdf>
15. Кірван, Б. Я. (1994). Посібник з практичної оцінки надійності людини. Великобританія: Тейлор і Френсіс.
16. НОПСЕМА. (2016). Людська помилка. Процитовано URL:
<https://www.nopsema.gov.au/resources/human-factors/human-error/>
17. Парі, Ж., Вреатхолл, Дж., & Холлнагель, П. Е. (2010). Інженерія стійкості на практиці (дослідження Ашгейта в галузі інженерії стійкості). Велика Британія: Видавництво Ашгейт.
18. Розум, Дж. (1997). Управління ризиками виникнення організаційних аварій. Олдершот: Видавництво Ашгейт.
19. Товариство нафтової інженерії. (2014 р., березень). Людський фактор: Безпека процесу та культура.
URL: <https://www.onepetro.org/general/SPE-170575-TR>

- 20.Стін, Р., & Авен, Т. (2011). Перспектива ризику, придатна для інженерії стійкості. Наука про безпеку, 49(2), 292–297.
URL:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753510002237>
- 21.Віннем, Дж. Е., Авен, Т., Хауге, С., Сельєлід, Ж., & Вейр, Г. (2004). Комплексний бар'єрний аналіз при оцінці операційних ризиків в морських нафтових операціях. Імовірнісна оцінка та управління безпекою.
URL: <http://preventor.no/u/0201.pdf>
- 22.Холлнагель, Е. (2008). Інженерія стійкості та оцінка безпеки.
URL:https://www.eurocontrol.int/eec/gallery/content/public/document/other/conference/2008/safety_r_and_d_Southampton/day_2/Erik_Hollnagel_Resilience_engineering.pdf.
- 23.Поллок, Р. А. (2014). Розвіювання міфів про людську помилку. URL: https://www.onepetro.org/conference-paper/ASSE-14-631?sort=&start=0&q=myths+of+human+error&from_year=&peer_reviewed=&опубліковано+between=&fromSearchResults=true&to_year=&rows=10.
24. Бодров В.А., Орлов В.Я. Психология и надежность: человек в системах управления техникой. — М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 1998. — 288 с.
25. Heather Ikin Overcoming Human Limitations in Managing Risk - URL:<http://www.qldminingsafety.org.au/wp-content/uploads/2015/08/Ikin-overcominghuman-limitations-in-managing-risk.pdf>
26. Understanding Human Factors a guide for the railway industry / Understanding Human Factors/June 08. URL: <https://www.rssb.co.uk/Library/improving-industry-performance/2008-guideunderstanding-human-factors-a-guide-for-the-railway-industry.pdf>
27. Человеческий фактор безопасного труда. Правовая база по охране труда (2014). URL:<https://websot.jimdo.com/>
- 28.ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику (ІЕС/ISO 31010:2013, IDT). – К.: Мінекономрозвитку

України, 2015.

29. Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н. Общая теория рисков : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. — 2-е изд., испр. — М. : Издательский центр «Академия», 2008. — 368 с.
30. Працезохоронні засади у схемах, таблицях і графіках: Посібник / Укл. Войналович О. В. – К.: Основа, 2009. – 88 с
31. Основи охорони праці. Підручник. К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний, Д.В. Зеркалов, Р.В. Сабарно, В.С. Коз'яков, О.І.Полукаров, Л.О.Митюк. 2-ге видання. –К.: Основа, 2006.– 444 с.
32. Зеркалов Д. В. Безпека життєвільності: навч. посіб. – К.: Наук. Світ, 2001. – 301 с. – Бібліог.: с. 294-297.
33. Гінієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. – Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 27 грудня 2001 р. № 528.
34. Розслідування нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві: Навч. посібник. В.Л. Филипчук, К.Н. Ткачук, О.С. Печніков, О.С. Шаталов, Д.В. Зеркалов, О.М. Кухнюк. К: Основа, 2016. 304 с.
35. Скібіцька Л. І. Менеджмент: Навчальний посібник для вищих навч. закладів; Міністерство освіти і науки України/ Л. І. Скібіцька, О. М. Скібіцький – К.: Центр навчальної літератури, 2007. – 415 с.
36. Кузьмін, О. Є. Сучасний менеджмент [Текст] / О. Є. Кузьмін. – Львів, 2003. – 176 с.
37. Енциклопедичний словник бізнесмена: менеджмент, маркетинг, інформатика / під ред. М.І. Молдаванова. – К.: Знання, 2003. – С. 476–481.
38. Гриценко П., Коваленко Є., Вороненко В., Смакоуз А., Степаненко Є. Аналіз дефініції «зміни» як економічної категорії. Механізм регулювання економіки, (1 (91), 92-98. URL: <https://doi.org/10.21272/mer.2021.91.07>

- 39.Динаміка цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем / В. І. Вороненко та ін. //Агросвіт. 2022. № 15-16. С. 15-22. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/89229>
- 40.Дяченко А. В., Карінцева О. І., Тарасенко С. В., Харченко М. О., Мазін Ю. О., Кисельова К. С. Формування інноваційного інструментарію економічної політики в умовах розвитку світової економічної кризи 2019-2020 рр. в Україні // Механізм регулювання економіки. 2021. № 3. С. 19-37. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/86419>
- 41.Економіка енергетики : підручник / за ред. Л. Г. Мельника, І. М. Сотник. – Суми: Університетська книга, 2015. – 378 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/45315>
- 42.Економіка підприємства : підручник / за заг. ред. д.е.н., проф. Л. Г. Мельника. - Суми : Університетська книга, 2012. - 864 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80106>
- 43.Экономика развития: учебное пособие / под ред. д.-ра экон. наук, проф. Л. Г. Мельника, канд. экон. наук А. Вик. Кубатко. Сумы : «Университетская книга», 2017. 352 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80184>
- 44.Карінцева, О. І., Харченко, М. О., Мазін, Ю. О., Фалько, К. С. Практичні засади підвищення ефективності логістичної діяльності сучасного підприємства. Вісник Сумського державного університету. Серія Економіка. 2021. № 3. С. 127–136. DOI: 10.21272/1817-9215.2021.3-14 <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/86223>
- 45.Карінцева О.І., Дегтярьова І. Б., Харченко М.О., Долгошеева О. І., Кіріл'єва А. В. Залучення іноземних інвестицій як інструмент забезпечення конкурентоспроможності та сталого розвитку країни. Вісник СумДУ. Серія «Економіка», № 3' 2020. С. 199-211. DOI: 10.21272/1817-9215.2020.3-22 https://visnyk.fem.sumdu.edu.ua/issues/3_2020/22.pdf
- 46.Карінцева, О. І., Харченко, М. О., Пономарьова, Г. С. Підвищення ефективності бізнес-процесів на виробничому підприємстві // Механізм

регулювання економіки. 2020. № 4. С. 58-69.

<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/83754>

47. Мельник Л. Г., Карінцева О. І., Кубатко О. В., Сотник І. М., Завдов'єва Ю. М. Цифровізація економічних систем та людський капітал: підприємство, регіон, народне господарство // Механізм регулювання економіки. 2020. № 2. С. 9-28. DOI: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/82236>
48. Мельник, Л., Карінцева, О., Кубатко, О., Дерев'янка, Ю., Маценко, О. (2022). Реструктуризація соціально-економічних систем як складова формування цифрової економіки в Україні у період кризи. Механізм регулювання економіки, (1-2(95-96), 7-13.
49. Мельник Л. Г., Карінцева О. І. (2021) Економіка і бізнес : підручник / за ред. Л. Г. Мельника, О. І. Карінцевої. Суми : Університетська книга, 2021. 316 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/83721>
50. Мельник, Л., Ковальов, Б. (2020). Проривні технології в економіці і бізнесі (Досвід ЄС та практика України у світлі III, IV, і V промислових революцій. Сумський державний університет, с. 180. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/79621>
51. Мельник Л. (2021) Сучасні тренди економічного розвитку: Досвід ЄС та практика України: підручник / за ред. Л. Г. Мельника. Суми: ПФ «Видавництво “Університетська книга”», 2021. 432 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/89235>
52. Сотник І.М. (2016) Мотиваційні механізми дематеріалізаційних та енергоефективних змін національної економіки : монографія / за заг. ред. доктора екон. наук, проф. І. М. Сотник. – Суми : Університетська книга, 2016. – 368 <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80197>
53. Сотник І. (2018) Підприємництво, торгівля та біржова діяльність / І. Сотник, Л. Таранюк. – Суми: Університетська книга, 2018. – 572 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80114>

54. Управління змінами : конспект лекцій / укладачі: П. В. Гриценко, Є. В. Коваленко. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 76 с.
https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/79584/3/Hrytsenko_Upravlinnia.pdf
55. Фундаментальні основи фазового переходу до адитивної економіки: від проривних технологій до інституційної соціологізації рішень. Розробка концепції фазового переходу до адитивної економіки : звіт про НДР (проміжний) / кер. Л. Г. Мельник. Суми : СумДУ, 2021. 78 с. № 0121U109557. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/89091>
56. Disruptive technologies for green economy formation in conditions of the fourth industrial revolution: the EU experience / I. Dehtyarova etc. // Socio-economic and management concepts: collective monograph / Krupelnytska I., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2021. P. 388-392.
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/86986>
57. Karintseva O., Kharchenko M., Boon E.K., ...Melnik V., Kobzar O. (2021). Environmental determinants of energy-efficient transformation of national economies for sustainable development.. J. International Journal of Global Energy Issues, 2021, 43(2-3), P. 262–274
<https://doi.org/10.1504/IJGEI.2021.115148>
58. Karintseva O. I., Yevdokymov A. V., Yevdokymova A. V., Kharchenko M. O., Dron V. V. Designing the Information Educational Environment of the Studying Course for the Educational Process Management Using Cloud Services. Механізм регулювання економіки. 2020. № 3. С. 87-97. DOI: <https://doi.org/10.21272/mer.2020.89.07>
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/81759>
59. Kubatko, O. V., Chortok, Y. V., Honcharenko, O. S., Nechyporenko, R. M., & Moskalenko, I. M. (2019). Studying Features of Vehicle Type Selection by Trade and Logistics Enterprise. Mechanism of economic regulation. – 2019. – №3. – С. 73–82. <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/76448>
60. Melnyk L. H., Derykolenko O. M., Mazin Yu. O., Matsenko O. I., Piven V. S. Modern Trends in the Development of Renewable Energy: the Experience of the

- EU and Leading Countries of the World // Механізм регулювання економіки. 2020. № 3. С. 117-133. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/81810>
61. Melnyk, L., Dehtyarova, I., Karintseva, O., Kubatko, O. Information factors in economic systems and business during transition to digital economy/Selected Aspects of Digital Society Development. Monograph 45. Edited by Tetyana Nestorenko and Aleksander Ostenda, Publishing House of University of Technology, Katowice, 2021. P. 173-178
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/87135>
62. Melnyk, L., Matsenko, O., Dehtyarova, I. & Derykolenko, O. (2019). The formation of the digital society: social and humanitarian aspects. *Digital economy and digital society*. T. Nestorenko & M. Wierzbik-Strońska (Ed.). Katowice: Katowice School of Technology. [in Ukrainian]. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/74570>
63. Melnyk L.G., Kubatko O. (2017) The impact of green-innovations on environmental quality and energy resource consumption. International economic relations and sustainable development : monograph / edited by Dr. of Economics, Prof. O. Prokopenko, Ph.D in Economics T. Kurbatova. – Ruda Śląska : Drukarnia i Studio Graficzne Omnidium 272 p. ISBN 978-83-61429-11-1
64. Melnyk, L., Dehtyarova, I., Kubatko, O., Karintseva, O., & Derykolenko, A. (2019). Disruptive technologies for the transition of digital economies towards sustainability. *Economic Annals-XXI*, 179(9-10), 22-30. doi: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/85476>
65. Melnyk L., Sommer H., Kubatko O., Rabe M., Fedyna S. (2020). The economic and social drivers of renewable energy development in OECD countries. *Problems and Perspectives in Management*, 18(4), 37-48. doi:10.21511/ppm.18(4).2020.04
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/82719>
66. Melnyk, L., Karintseva, O., Kubatko, O., Derev'yanko, Y., & Matsenko, O. (2022). Restructuring of socio-economic systems as a component of the formation of the digital economy in Ukraine. *Mechanism of an Economic Regulation*, (1-

2(95-96), 7-13. URL: <https://doi.org/10.32782/mer.2022.95-96.01>
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/89627>

67. Tu, Y.-X., Kubatko, O., Karintseva, O., Piven, V. Decarbonisation drivers and climate change concerns of developed economies. *International Journal of Environment and Pollution*, 2022, 69(1-2), pp. 112–129

68. The effects of the management of natural energy resources in the European Union / V. Voronenko, B. Kovalov, D. Horobchenko, P. Hrycenko // *Journal of Environmental Management and Tourism*. – Craiova: ASERS Publishing, 2017. – Vol. 8, Issue Number 7(23), P. 1410-1419. Available at: <https://journals.aserspublishing.eu/jemt/article/view/1777>

69. Veklych O., Karintseva O., Yevdokymov A., Guillamon-Saorin E. (2020). Compensation mechanism for damage from ecosystem services deterioration: Constitutive characteristic. *J. International Journal of Global Environmental Issues*, 19(1-3), P. 129–142
<https://doi.org/10.1504/IJGENVI.2020.114869>