

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



ЗАВГОРОДНЯ ГАННА АНАТОЛІВНА

УДК 004.94

**МОДЕЛІ, МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ
НАДІЙНОСТІ ОБ'ЄКТА ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ**

Спеціальність 05.13.06 – Інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Тернопіль – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Корнага Ярослав Ігорович
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського», доцент кафедри технічної кібернетики

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Бармак Олександр Володимирович
Хмельницький національний університет
професор кафедри комп'ютерних наук та
інформаційних технологій

доктор технічних наук
Мусієнко Андрій Петрович
Державний університет телекомунікацій
доцент кафедри вищої математики

Захист відбудеться 19 березня 2020 р. о 16:00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 58.082.02 в Тернопільському національному економічному університеті за адресою: 46009, м. Тернопіль, вул. Львівська, 11а, зал засідань.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Тернопільського національного економічного університету за адресою: 46009, м. Тернопіль, вул. Бережанська, 4.

Автореферат розісланий 18 лютого 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук



М.П. Комар

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний рівень організації та управління виробництвом висуває вимоги розробки нових підходів, що базуються на використанні нових інформаційних технологій та інтелектуальних засобів підтримки і прийняття рішень з оперативного управління надзвичайними ситуаціями (НС), пов'язаними з функціонуванням небезпечних промислових об'єктів, а також із прогнозування й оцінки складності їхніх наслідків.

Питанням оцінки ризику і наслідків техногенних аварій (ТА) присвячені роботи вітчизняних і закордонних учених (Алимов В.Т., Берман А.Ф., Белов П.Г., Єгоров А.Ф., Кумамото Х., Лифар В.О., Лісанов М.В., Можаяєв А.С., Нозик А.А., Савицька Т.В. та ін.).

Не дивлячись на значні успіхи у вирішенні проблем аналізу ризику, далеко не всі задачі в цій області можна вважати вирішеними. Як і раніше, актуальними є дослідження, спрямовані на комплексне прогнозування можливих техногенних НС, аналіз небезпечних виробництв, небезпек на території, одержання достовірної інформації про можливі погрози техногенного характеру.

Забезпечити роботу зі зниження рівня ризику аварій і катастроф здійснити набагато складніше, ніж роботу з подолання наслідків, тому що при цьому вимагаються нові підходи, стратегії, принципи і методи, нові технології і значні кошти. Результати цих зусиль можуть проявитися тільки через кілька років чи залишитися непоміченими, якщо не буде серйозних аварій.

Експертиза великих техногенних аварій і катастроф ХХ сторіччя показала, що подальша розробка і реалізація програм науково-технічного розвитку сучасної цивілізації неможлива без системного наукового підходу до вирішення проблеми забезпечення безпечного функціонування складних систем і розробки інформаційних технологій з використанням методологічного апарату для кількісної оцінки ризику.

Створення фундаментальних наукових, правових і економічних основ забезпечення безпеки є однією з цілей державної науково-технічної політики і державної науково-технічної програми з безпеки природно-технічної сфери, з підвищення безпеки в промисловому, енергетичному, транспортному, будівельному, нафтогазовому, гірничодобувному й оборонному комплексах, зі створення нових матеріалів і технологій. Одними з головних джерел аварій, вибухів і техногенних катастроф є підприємства нафтохімічного комплексу, зокрема автомобільні газозаправні станції (АГЗС).

Для підтримки прийняття рішень з метою зниження ризику виникнення техногенних аварій, підвищення ефективності цього процесу, а також вірогідності результатів доцільно використовувати можливості сучасних інформаційних технологій. В Україні був прийнятий Указ Президента України №80/2001 від 09.02.2001 року «Про заходи щодо підвищення рівня захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру».

Таким чином, дослідження моделей, методів та інформаційних технологій підвищення надійності об'єктів техногенної небезпеки на сьогодні є актуальним науковим завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Дисертаційну роботу виконано у межах пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки «Інформаційні та комунікаційні технології» та стратегічного пріоритетного напрямку інноваційної діяльності «Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки», визначених відповідно до Законів України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» (№ 2623-III від 11.07.2001 р. в редакції від 16.01.2016 р.) та «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» (№ 3715-VI від 08.09.2011 р. в редакції від 05.12.2012 р.), відповідно до планів науково-дослідних робіт «Апаратне та програмне забезпечення інформаційних технологій» (державний реєстраційний № 0118U100181), «Застосування комп'ютерних технологій у наукових дослідженнях» (державний реєстраційний № 0118U100179) та «Оптимізація роботи веб-орієнтованих систем з великим набором даних» (державний реєстраційний № 0117U004913), в яких здобувач був виконавцем окремих розділів, а також напрямку наукових досліджень кафедри технічної кібернетики Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка моделей і методів зниження ризику виникнення техногенних аварій шляхом створення інформаційної технології, що дозволяє підвищити надійність автомобільних газозаправних станцій та ефективність управління наслідками техногенних аварій.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні **основні завдання**:

1. Аналіз моделей управління ризиком виникнення аварій та методів подання знань при розпізнаванні надзвичайних ситуацій техногенного характеру.
2. Розробка методу оцінки імовірності виникнення аварії на автомобільній газозаправній станції із застосуванням «дерева відмов» для аналізу ризиків.
3. Удосконалення моделі функціонування автомобільної газозаправної станції на основі використання сценаріїв аварійних ситуацій.
4. Розробка методу оцінки соціального ризику із застосуванням нейромереж.
5. Розробка методу подання знань щодо оцінки ризику виникнення техногенних аварій.
6. Розробка інформаційної технології для автоматизації процесів вироблення рішень при управлінні наслідками надзвичайних ситуацій техногенного характеру.
7. Розробка рекомендацій з використання запропонованих методів.

Об'єкт дослідження – процеси аналізу та управління ризиками виникнення техногенних аварій на автомобільних газозаправних станціях.

Предмет дослідження – моделі, методи та інформаційна технологія підвищення надійності автомобільної газозаправної станції.

Методи дослідження. Дисертаційне дослідження базується на системному аналізі результатів сучасних теоретичних і прикладних розробок вітчизняних і зарубіжних вчених в галузі аналізу управління ризиком техногенних аварій. При виконанні дослідження були використані логіко-імовірнісні і статистичні методи, метод «дерева відмов», методи аналізу відмов та ризику аварій, методи теорії нейронних мереж, методи теорії інтелектуальних систем, методи розпізнавання інформації, методи формалізації даних, методи подання знань.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Удосконалено метод оцінки імовірності виникнення аварії на автомобільній газозаправній станції, який відрізняється застосуванням «дерева відмов», що дозволяє провести аналіз територіального, індивідуального і соціального ризиків.

2. Удосконалено модель функціонування автомобільної газозаправної станції на основі використання сценаріїв аварійних ситуацій, що дозволяє оцінити імовірність відмови інформаційної системи та підвищити її надійність.

3. Отримав подальшого розвитку метод оцінки соціального ризику, який відрізняється використанням нейронних мереж, що дозволяє визначити рівень соціального ризику в умовах зміни вхідних параметрів і, відповідно, звести його до прийняттого значення.

4. Вперше запропоновано метод подання знань щодо оцінки ризику виникнення техногенних аварій, який дозволяє виконувати обчислення на основі багатозначної логіки для обробки таких знань, що містять елементи невизначеності.

Практичне значення одержаних результатів. Створена за інформаційною технологією інформаційна система, що реалізує представлені в роботі моделі та методи, може бути використана для вирішення завдань управління ризиком і для інформаційної підтримки процесів управління ризиками при експлуатації АГЗС. Проведені експериментальні дослідження роботи інформаційної системи підтверджують можливість її застосування для оцінки ризиків та наслідків аварій на АГЗС. Результати виконаних розрахунків і оцінок можуть стати основою для підготовки рішень з управління ризиком.

Практичне значення результатів роботи підтверджено довідками про застосування результатів роботи у навчальному процесі кафедри технічної кібернетики Національного технічного університету України «Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського», актами впровадження інформаційної системи на ТОВ «Нафтогазбудінформатика» та у конструкторському бюро інформаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати дисертації одержано автором самостійно, зокрема, в одноосібно підготовлених працях [1, 2]. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, йому належить наступне: аналіз методів оцінки приналежності інформаційних ознак до конкретних ситуацій у процесі їх розпізнавання [3]; обґрунтування вимог до вибору критерію прийняттого ризику при його аналізі [4]; аналіз методів дерев подій та дерев відмов [5]; модель сценарію небезпечного стану та виконання кількісного дослідження надійності складної системи при взаємозалежності базових подій [6]; дослідження питань побудови моделі, яка описує діяльність об'єктів підвищеної небезпеки, і методів прогнозування та оцінки ризиків на цій моделі [7]; узагальнення етапів подієво-логічного підходу, що лежить в основі вирішення завдань моделювання і розрахунку надійності систем за допомогою загального логіко-імовірнісного методу [8]; дослідження реальних аварійних ситуацій, дані яких використовувались в якості вхідної інформації для побудови дерев відмов, декомпозиція цих ситуацій дозволила побудувати моделі причинно-наслідкових зв'язків розвитку сценаріїв прогнозованих небезпек [9]; розрахунок наближеного значення ймовірності відмови системи та аналіз відмов з метою підвищення надійності функціонування системи [10];

реалізація практичного застосування математичної імовірнісної моделі для прогнозування індивідуального і соціального ризику з використанням інформаційної системи [11]; підхід до формалізації знань про процеси оцінки ситуації з урахуванням невизначеності і динамічності зміни обстановки та з аналізом можливих шляхів розвитку ситуації [12]; розробка методу синтезу варіантів рішень, який дозволяє використати адаптивні алгоритми управління з моделюванням розумової діяльності людини [13]; побудова спрощеної математичної моделі поведінки людини в умовах виникнення аварійної ситуації [14]; аналіз заходів підвищення надійності складних технічних систем в умовах їх експлуатації [15]; розробка та опис модуля інформаційної системи аналізу ризику для оцінки соціально-економічних збитків від виникнення техногенної аварії [16].

Апробація результатів дисертації. Основні ідеї, положення та результати наукових досліджень доповідалися на міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях: Міжнародна науково-практична конференція «Євроінтеграція в науці та інноваціях», (Чернівці, 15-16 жовтня 2018 р.); I Всеукраїнська науково-технічна конференція «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення» (Житомир, 19-20 жовтня 2018 р.); Науково-практична INTERNET-конференція студентів та молодих вчених з міжнародною участю «Механізми та стратегії розвитку господарюючих суб'єктів в умовах інтеграційних процесів» (м. Харків – Пшеворськ, 19 лютого 2019 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі» КНУКіМ (Київ, 18-19 квітня 2019 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Водний транспорт: сучасний стан та перспективи розвитку», ДУІТ (Київ, 16–17 травня 2019 р.); Міжнародна наукова інтернет-конференція «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (м. Тернопіль, 13 вересня 2019 р.); XXXIII Міжнародна науково-практична інтернет-конференція. – м. Вінниця, 16 вересня 2019 р.

Публікації. Результати дисертації опубліковано в 16 друкованих працях. Статей – 9, з яких 6 статей – у наукових фахових виданнях України з Переліку, затвердженого МОН України; 3 статті в наукових журналах, включених до міжнародних наукометричних баз; 7 публікацій у працях і тезах доповідей міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (156 найменувань на 17 сторінках), 4 додатки (на 16 сторінках), містить 9 таблиць, 66 рисунків. Основний текст роботи викладено на 159 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 192 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми, окреслено її джерельну базу, сформовано мету. Наведено основні задачі дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення основних результатів, наведено відомості про їхню апробацію та реалізацію.

У першому розділі наведено класифікацію НС за видами та статистику їх виникнення. Проведений аналіз показує, що НС техногенного характеру здатні в

будь-який час нанести серйозну втрату у всіх сферах людської діяльності. Обґрунтовано високий рівень небезпечності АГЗС та наведено огляд та класифікацію критичних ситуацій у їх функціонуванні.

Розглянуто класифікацію рівнів безпеки та кількісні показники ризику аварії, які є основою моделі управління ризиком функціонування АГЗС. Наведено огляд методів аналізу відмов та ризику аварій. Недоліками розглянутих методів є відсутність поняття «ваги оцінки», у результаті чого відмови з малими імовірностями виникнення і важкими наслідками та відмови з високими імовірностями виникнення і незначними наслідками мають однакову оцінку критичності, тобто загальна оцінка не дає реальної картини того, що відбувається.

Проведено аналіз методів подання знань при розпізнаванні НС техногенного характеру. Проведений аналіз літератури показав, що при великому різноманітті робіт у досліджуваній предметній області недостатньо проробленими залишаються питання розпізнавання ситуацій і синтезу варіанта рішення з протидії виникненню техногенних аварій на АГЗС. Проведений аналіз дає змогу зробити висновок про те, що для проведення аналізу ризику, встановлення його припустимих меж у зв'язку з вимогами безпеки і прийняття керуючих рішень необхідна наявність інформаційної технології, що дозволяє оперативно контролювати існуючі джерела безпеки і стан об'єктів можливого ураження. Відомі методи і алгоритми об'єднання інформації в ІС не повною мірою використовують ознакову інформацію для ототожнення повідомлень, а при її узагальненні і прийнятті рішень про типи ситуацій, які мають місце бути, використовують не всю сукупність ознак.

У другому розділі виконано моделювання сценаріїв аварійних ситуацій на АГЗС на основі аналізу умов їх виникнення і розвитку та побудовано дерево відмов функціонування АГЗС. Процес виявлення можливих аварійних ситуацій і побудова сценаріїв їх розвитку в першу чергу полягає у визначенні їх можливих причин. Для визначення характерних факторів безпеки на потенційно небезпечних об'єктах пропонується загальна схема імовірнісної моделі виникнення і розвитку аварії.

Для прогнозової оцінки частоти аварійних ситуацій через відмови технологічного обладнання було використано досвід експлуатації типових вибухопожежонебезпечних модулів і статистичні дані обстеження аналогічних об'єктів. За даними обстеження було побудовано формалізовану модель дерева відмов з урахуванням складових небезпек, які використовуються при розрахунках кількісної оцінки аварійних ситуацій.

Аналіз складових АГЗС показує, що на об'єкті можуть виникати аварійні ситуації, викликані руйнуванням автоцистерни, трубопроводу, резервуару, газороздавальної колонки та насосного агрегату (рис. 1). Були досліджені реальні аварійні ситуації перелічених сценаріїв, дані яких використовувались в якості вхідної інформації для побудови дерева відмов. Декомпозиція цих небезпек дозволила побудувати моделі причинно-наслідкових зв'язків розвитку сценаріїв прогнозованих небезпек.

Модель враховує шість режимів вибухових перетворень хмар ППС: від детонації до дефлаграції зі швидкістю видимого фронту полум'я 100 м/с. Відповідно до обраного режиму вибухового перетворення, а також залежно від маси палива і відстані, визначаються границі зон різних ступенів руйнування будинків і споруд.

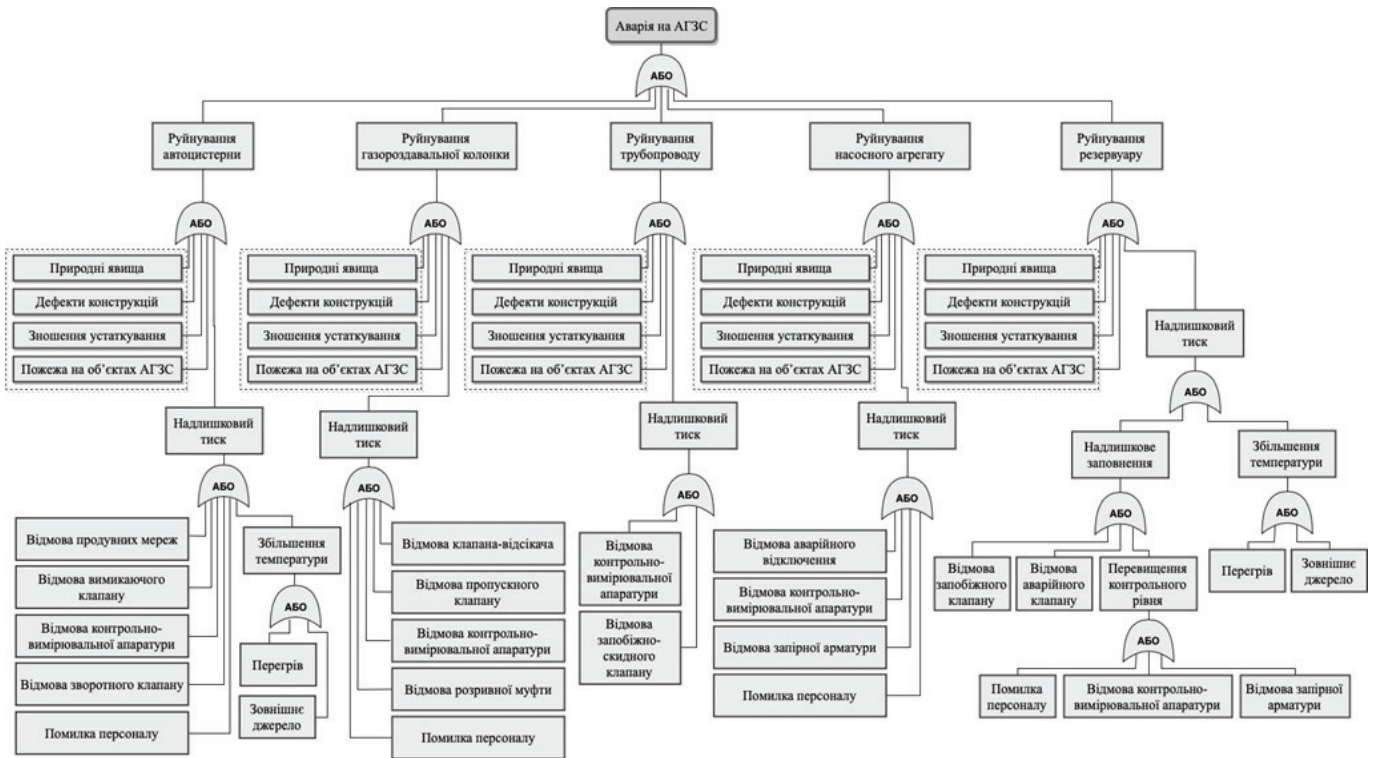


Рис. 1 Дерево відмов АГЗС

В запропонованій моделі побудови сценарію небезпечного стану події розташовуються за рівнями (спочатку формулюється небезпечний стан, а потім визначаються його можливі причини). За кожним небезпечним станом системи аналізується відмова її елементів чи ланцюжків відмов доти, доки не буде знайдена найперша відмова: вихід з ладу єдиного вузла чи помилки людини.

Потім визначаються мінімальні аварійні сполучення (найменший набір вихідних подій, при якому виникає подія у вершині) і мінімальна траєкторія для побудови дерева. Повна сукупність мінімальних аварійних сполучень дерева являє собою усі варіанти сполучень подій, при яких може виникнути аварія. Функцію небезпечного стану можна записати у вигляді логічної матриці подій:

$$f(e_1, \dots, e_7) = \begin{vmatrix} e_1 e_2 & e_5 e_6 \\ e_3 & e_7 \\ e_4 \end{vmatrix}, \quad (1)$$

де e_i – i -та подія сценарію небезпечного стану.

Для наведеного прикладу функція небезпечного стану не містить повторних аргументів, тому, минаючи ортогоналізацію, знайдемо імовірність вибуху з (1):

$$P_A = [1 - Q_3 \cdot Q_4 \cdot (1 - P_1 \cdot P_2)] \cdot [1 - Q_7 \cdot (1 - P_5 \cdot P_6)], \quad (2)$$

де P_i – імовірності настання i -ї події, а $Q_i = 1 - P_i$.

В даній моделі було розглянуто сценарій небезпечного стану, що складався зі статистично незалежних базових подій. Але на реальні системи частіше мають вплив взаємозалежні базові події, тому було виконано кількісне дослідження таких систем. Принцип вмикання-вимикання дає можливість здійснити кількісне дослідження систем, опис яких включає залежні базові події.

Наведено удосконалену модель та механізм функціонування інформаційної технології АГЗС для підвищення надійності. Застосуємо метод марковських процесів для аналізу систем з постійними інтенсивностями відмов λ і відновлень μ . Для визначення умовної інтенсивності потоку відмов можна застосувати наступну систему виразів:

$$\begin{aligned} P(1|0) &\equiv \Pr[x(t + \Delta t) = 1 | x(t) = 0] = \lambda(\Delta t); \\ P(0|0) &\equiv \Pr[x(t + \Delta t) = 0 | x(t) = 0] = 1 - \lambda(\Delta t); \\ P(1|1) &\equiv \Pr[x(t + \Delta t) = 1 | x(t) = 1] = 1 - \mu(\Delta t); \\ P(0|1) &\equiv \Pr[x(t + \Delta t) = 0 | x(t) = 1] = \mu(\Delta t), \end{aligned} \quad (3)$$

де $\Pr[x(t + \Delta t) = 1 | x(t) = 0]$ – імовірність того, що відмова станеться протягом інтервалу часу $t + \Delta t$ за умови, що компонент працездатний у момент часу t і т.д. Величини $P(1|0)$, $P(0|0)$, $P(1|1)$, $P(0|1)$ називаються перехідними ймовірностями і описують переходи між станами системи.

Імовірністю відмови системи є імовірність того, що $x(t + \Delta t) = 1$. Цю імовірність, у свою чергу, можна виразити в термінах двох можливих станів $x(t)$ і відповідних переходів до стану $x(t + \Delta t) = 1$.

$$\begin{aligned} Q(t + \Delta t) &= \Pr[x(t + \Delta t) = 1] = P(1|0) \cdot \Pr[x(t) = 0] + P(1|1) \cdot \Pr[x(t) = 1] = \\ &= \lambda(\Delta t)[1 - Q(t)] + (1 - \mu(\Delta t)) \cdot Q(t) \end{aligned}$$

Останнє рівняння можна переписати у вигляді:

$$Q(t + \Delta t) = \lambda(\Delta t) - \lambda(\Delta t)Q(t) + Q(t) - \mu(\Delta t)Q(t)$$

Звідки знаходимо:
$$\frac{dQ}{dt} = -(\lambda + \mu) \cdot Q(t) + \lambda \quad (4)$$

з наступними початковими умовами $Q(0) = 0$.

Рисунок 2 відображає поведінку системи (введення в систему додаткових елементів понад мінімально необхідну кількість), що складається з елементів A і B .

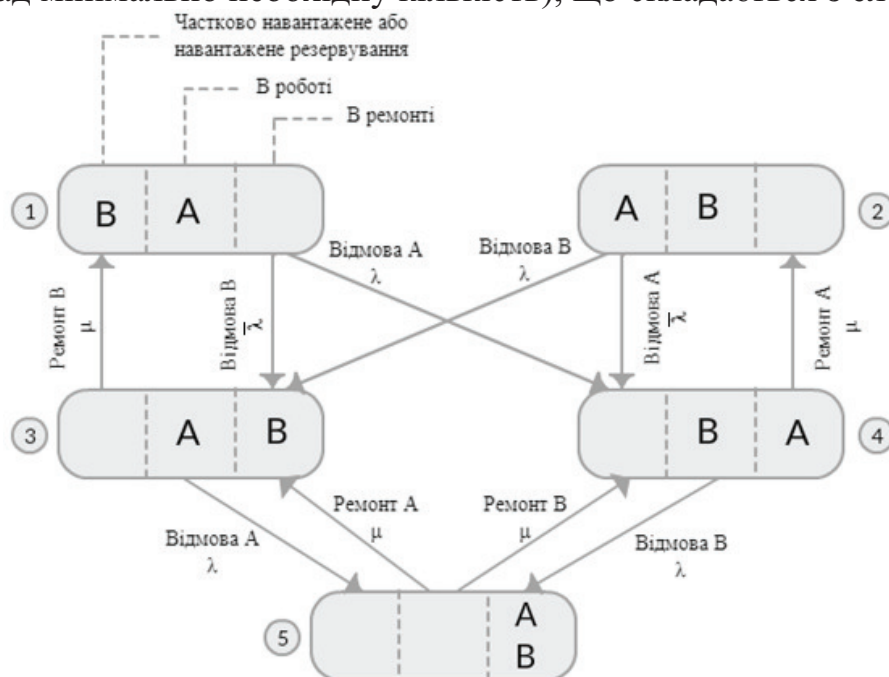


Рис. 2 Марковський граф переходів при резервуванні

У випадку частково навантаженого чи навантаженого резервування допускається, що відмова резервних компонентів характеризуються постійною інтенсивністю $\bar{\lambda}$. При навантаженому резервуванні $\bar{\lambda}$ вважають таким, що дорівнює λ – інтенсивності відмови основного компонента.

При ненавантаженому резервуванні $\bar{\lambda}$ дорівнює нулю. Особливими випадками частково навантаженого резервування ($0 < \bar{\lambda} < \lambda$) є ненавантажене резервування ($\bar{\lambda} = 0$) і навантажене резервування ($\bar{\lambda} = \lambda$). Інтенсивність відновлення всіх компонентів у системі однакова і дорівнює μ . При всіх типах резервування, розглянутих вище, вважається, що система відмовила, якщо вона перейшла в стан 5. Одержимо систему диференціальних рівнянь:

$$\frac{dP_0}{dt} = -(\lambda + \bar{\lambda})P_0 + \mu P_1; \quad \frac{dP_1}{dt} = (\lambda + \bar{\lambda})P_0 - (\lambda + \mu)P_1 + 2\mu P_2; \quad \frac{dP_2}{dt} = \lambda P_1 - 2\mu P_2 \quad (5)$$

з початковими умовами $P_0(0) = 1; P_1(0) = P_2(0) = 0$,

де $P_0 = P_1(t) + P_2(t); P_1 = P_3(t) + P_4(t); P_2 = P_5(t)$.

Система диференціальних рівнянь (5) описує систему, граф переходів якої містить три стани – (0), (1) і (2). Інтенсивність потоку переходів, що виходить зі стану (0), дорівнює $\lambda + \bar{\lambda}$, а інтенсивність вхідного потоку – μ .

Розглянемо тепер систему, де насоси включені за схемою «2 з 3». Припустимо, що інтенсивність відмов кожного з насосів дорівнює λ , коли відповідний насос у роботі, і $\bar{\lambda}$, коли він у резерві. На графі переходів цієї системи (рис. 3) стан (0) відповідає такій ситуації, коли два насоси знаходяться в роботі і один – у резерві; стан (0) відповідає трьом підстанам (1, 2, 3), кожний з яких може перейти в стан (1), причому інтенсивності відповідних переходів однакові і складають $2\lambda + \bar{\lambda}$.



Рис. 3 Граф переходів при резервуванні заміщенням за схемою «2 з 3»

Інтенсивність переходу зі стану (0) у стан (1) задається виразом:

$$(2\lambda + \bar{\lambda})P_1 + (2\lambda + \bar{\lambda})P_2 + (2\lambda + \bar{\lambda})P_3 = (2\lambda + \bar{\lambda})(P_1 + P_2 + P_3) = (2\lambda + \bar{\lambda})P_0$$

Це означає, що інтенсивність переходу зі стану (0) у стан (1) дорівнює $(2\lambda + \bar{\lambda})$, що і показано на рисунку 3. Графу переходів, що зображений на рисунку 3, відповідає наступна система диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned} \frac{dP_0}{dt} &= -(2\lambda + \bar{\lambda})P_0 + \mu P_1; & \frac{dP_1}{dt} &= (2\lambda + \bar{\lambda})P_0 - (2\lambda + \mu)P_1 + \mu P_2; \\ \frac{dP_2}{dt} &= 2\lambda P_1 - (\lambda + \mu)P_2 + \mu P_3; & \frac{dP_3}{dt} &= \lambda P_2 - \mu P_3 \end{aligned} \quad (6)$$

при початкових умовах $P_0(0) = 1; P_1(0) = P_2(0) = P_3(0) = 0$.

В результаті рішення цієї системи диференціальних рівнянь можна визначити імовірності станів P_i . У загальному випадку резервування заміщенням повинне задовольняти наступним умовам:

1. Ланцюг містить n ідентичних компонентів.
2. Для забезпечення працездатності ланки необхідно, щоб не менше m компонентів ланки були працездатні ($1 \leq m \leq n$).
3. У кожен момент часу можуть оновлюватися не більше, ніж r компонентів ланки.

Ланцюг за схемою «(m з n)» описується наступною системою диференціальних рівнянь:

$$\frac{dP_0}{dt} = -\lambda_0 P_0 + \mu_1 P_1; \quad \frac{dP_k}{dt} = -\lambda_{k-1} P_{k-1} - (\lambda_k + \mu_k) P_k + \mu_{k+1} P_{k+1}; \quad \frac{dP_n}{dt} = -\lambda_{n-1} P_{n-1} - \mu_n P_n, \quad (7)$$

$$\text{де: } \lambda_k = m\lambda + (n - m - k) \cdot \bar{\lambda}, \quad 0 \leq k \leq n - m; \quad \lambda_k = (n - k) \cdot \lambda, \quad n - m + 1 \leq k \leq n - 1$$

$$\mu_k = \min\{r, k\} \cdot \mu, \quad 1 \leq k \leq n$$

Значення $Qr(t)$ обчислюється за виразом: $Qr(t) = P_{n-m+1}(t) + \dots + P_n(t)$.

Модель марковських процесів є адекватним методом для аналізу відмовостійкості систем, який добре працює разом з деревами відмов. Отримані розрахунки наближеного значення імовірності відмови інформаційної системи дозволяють проводити аналіз відмов систем з метою підвищення їх надійності.

У **третьому розділі** наведено побудову нейронної мережі, яку можна використовувати для розв'язання задач оцінки ризику, оскільки вона адекватно відображає результат, а також дає можливість оцінювати соціальний ризик для ситуації, що динамічно змінюється.

Параметри задачі, які необхідно подавати на входи нейронної мережі, повинні повною мірою відображати структуру задачі, тому вибрано наступні основні параметри задачі: V – загальний об'єм пропану (м^3), Fp – площа можливого проливу (м^2), $m1$ – загальна маса пари пропану (кг), E – ефективний енергозапас (Дж), $\Delta P(100)$ – надлишковий тиск на відстані 100 м (кПа), $I(100)$ – питомий імпульс (кПа·с), $Pror1(100)$ – імовірність пошкодження стін промислових будівель без їх знесення, $Pror2(100)$ – імовірність руйнування промислових будівель, при якому вони належать знесенню, $Pror3(100)$ – імовірність тривалої втрати керованості у людей, що потрапили в зону дії ударної хвилі при вибуху хмари ППС, $Pror4(100)$ – імовірність розриву барабанних перетинок у людей від рівня перепаду тиску в повітряній хвилі, $Pror5(100)$ – імовірність відкидання людей хвилею, D – ефективний діаметр «вогняної кулі» (м), ts – час існування «вогняної кулі» (с), $Pr(100)$ – імовірність виникнення «вогняної кулі», $Pport1(100)$, $Pport2(100)$, $Pport3(100)$ – імовірність ураження від опіку першого, другого та третього ступеню відповідно. Для наведених параметрів, які були подані у якості вхідних даних для побудови нейронної мережі, може бути застосований механізм оцінки соціального ризику.

Навчання і побудова нейронної мережі реалізована засобами аналітичної платформи *Deductor Studio Academic*. Навчання нейронної мережі здійснювалося по спеціально створеному набору даних, отриманому із 10000 задач.

Спочатку було виконано аналіз якості вхідних даних. Параметр $R_{port1}(100)$ містить однакові значення і є неприродним, тому воно не використовувалось для навчання нейронної мережі. Для інших полів було виконано попередню обробку значень за допомогою редагування викидів. Після цього було виконано аналіз для з'ясування полів, які можуть бути використані у якості входів нейронної мережі.

За результатами аналізу вихідних даних було встановлено, що для навчання нейронної мережі є сенс використовувати не всі поля, а лише наступні: V , F_p , m_1 , E , $\Delta P(100)$, $I(100)$, D , ts та $Pr(100)$. Серед множини вихідного набору даних було обрано співвідношення між навчальною та тестовою множиною даних.

Схематично структура нейронної мережі представлена на рис. 4 з відображенням значення вагового коефіцієнта. Вихідні дані для нейронної мережі – відстань, на якій досягається значення прийняттого рівня соціального ризику. Подавши на вхід нейронної мережі параметри іншої задачі, на виході отримуємо прогнозу відстань, на якій буде досягнуто прийнятний рівень соціального ризику.

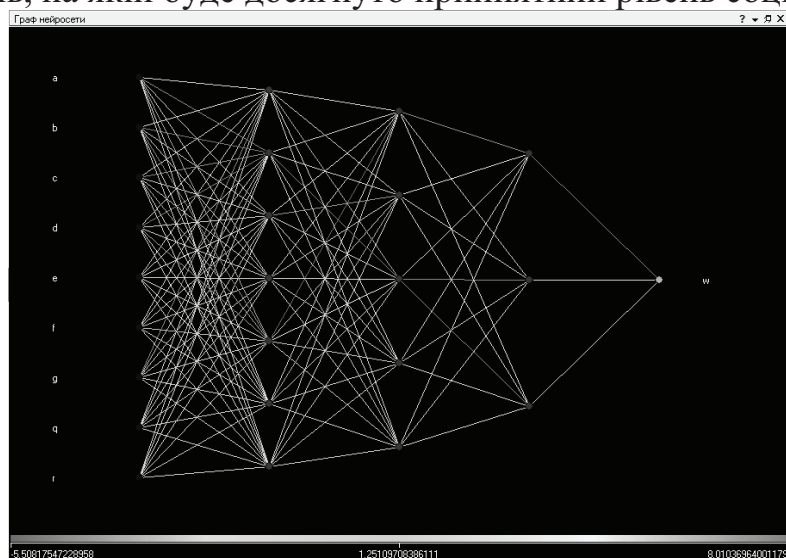


Рис. 4 Структура нейронної мережі

У результаті навчання нейронної мережі було отримано результуючі значення відстані, на якій досягається прийнятний рівень соціального ризику. Ці значення були порівняні зі значеннями, отриманими за допомогою розробленої інформаційної системи із встановленням відносного відхилення розрахунків. При цьому усереднене відхилення по 10000 експериментах склало 1,35 % (таблиця 1).

Таблиця 1

Порівняння результатів роботи нейронної мережі з вихідними даними

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V	18.7	8.5	17	27.2	10.2	20.4	13.6	15.3	22.1	25.5
F_p	317.9	144.5	289	462.4	173.4	346.8	231.2	260.1	375.7	435.5
m_1	220.877	100.399	200.798	321.276	120.479	240.957	160.638	180.718	261.037	301.196
E	9.16E+11	4.163E+11	8.325E+11	1.332E+12	4.995E+11	9.99E+11	6.66E+11	7.493E+11	1.082E+12	1.249E+12
$\Delta P(100)$	75.829	65.602	74.702	79.725	68.096	76.816	71.912	73.408	77.648	79.127
$I(100)$	3.898	2.374	3.672	4.931	2.663	4.117	3.191	3.436	4.329	4.736
D	108.008	83.461	104.694	122.087	88.589	111.126	97.327	101.149	114.073	119.537
ts	14.949	11.772	14.523	16.746	12.441	15.348	13.574	14.067	15.725	16.422
$Pr(100)$	1	0.985	1	1	0.994	1	0.999	0.999	1	1
S	1070	820	1030	1210	870	1100	960	1000	1130	1180
Дані нейромережі	1055.96	863.68	1023.95	1188.44	873.92	1083.96	947.82	987.15	1109.56	1173.83
Відхилення, %	1.31	5.33	0.59	1.78	0.45	1.46	1.27	1.29	1.81	0.52

Наведена вище структура нейронної мережі була обрана емпіричним шляхом у результаті порівняння з результатами інших типів структур нейронних мереж. Обрана для навчання структура нейронної мережі дозволила отримати найменше відносне відхилення розрахунків, в той час як відхилення при інших структурах перевищували значення 1,5%.

Метод подання знань про оцінку ризику виникнення ТА на АГЗС включає наступні основні етапи: вибір загальних принципів і вихідних моделей для розробки методу; формалізація ризиків різного виду; розробка моделі подання знань і правила логічного виводу з розпізнавання ситуацій; моделювання і оцінка якості рішення завдання розпізнавання ризиків виникнення ТА.

Розглянемо математичну постановку завдання розпізнавання. Нехай задана множина M можливих ризиків s . При цьому на множині існує розбивка на кінцеве число підмножин (класів) $\Omega_i, i = \overline{1, m}$; $M = \bigcup_{i=1}^m \Omega_i$. Задана лише деяка інформація про класи Ω_i . Ризики s задаються значеннями деяких ознак $x_j, j = \overline{1, N}$. Сукупність значень ознак визначає опис ризику s . Кожна з ознак може приймати значення з різних множин припустимих значень, наприклад: $\{0, 1, \Delta\}$, 0 – ознака не виконана, 1 – ознака виконана, Δ – інформація про ознаку відсутня; $\{a_1, \dots, a_d\}$ – ознака має кінцеве число значень d . Завдання розпізнавання полягає в тому, щоб для даного ризику s і набору класів $\Omega_1, \dots, \Omega_m$ за інформацією $I_0(\Omega_1, \dots, \Omega_m)$ про класи і опис ризику $I_0(s)$ визначити значення предиката $P(s \in \Omega_m)$.

Відповідно до керівних документів можна виділити дві основні ситуації, що виникають – «штатну» і «надзвичайну». «Штатною» ситуацією передбачаються незначні події, які можуть бути ліквідовані наявними силами відповідних чергових підрозділів заданих територіальними обмеженнями (Z_k), із заданими обсягами збитків (ΔV_s), заданою тривалістю (ΔH_s), з певним розвитком і плином ($\Delta \Psi_s$), у заданому інтервалі часу (Δt_s), відповідно до відпрацьованих ситуацій (K_j).

В якості джерел даних про складну обстановку обрані джерела оперативного контролю та поточна інформація. Повідомлення від даних джерел будемо вважати початковими даними для рішення завдання розпізнавання ризиків виникнення техногенних аварій. Джерела інформації включають у свій склад координатні ознаки і часові дані. Вони мають мінімальну затримку за часом, тому повідомлення джерел інформації варто вважати поточними даними, і відомості про j -і ситуації можна представити співвідношенням:

$$I_j^m = \{\bar{A}_j, \bar{P}_j, t_j\}, \quad (8)$$

де \bar{A}_j, \bar{P}_j – вектори координат і ознак j -ї ситуації, що містять наступні дані:

$$\bar{A}_j = \{X_j, Y_j, H_j, V_j, \psi_j\}, \quad (9)$$

де X_j, Y_j – координати ризику виникнення j -ї ситуації; H_j – тривалість j -ї ситуації, що прогнозується; V_j – обсяги отриманих збитків, що прогножуються, ψ_j – траєкторія розвитку ситуації.

$$\bar{\Pi}_j = \{PrГП_j, K_j\}, \quad (10)$$

де $PrГП_j$ – ознака територіальної приналежності; K_j – інформаційна ознака (кількість жертв, збиток, руйнування, тощо); t_j – час одержання інформації про j -у ситуацію.

У якості даних можна використати інформацію, що надходить від приватних осіб, організацій і пунктів управління.

У загальному вигляді початкові дані можна представити:

$$I_k^p = \{N_{3k}^p, \bar{A}_k^p, \bar{\Pi}_k^p, t_k^p\}, \quad (11)$$

де k – ризики, що прогножуються, N_{3k}^p – можливість приналежності до однієї зі штатних ситуацій (типової ситуації), $\bar{A}_k^p, \bar{\Pi}_k^p$ – вектори координатних і інформаційних даних k -го ризику, що містять наступні дані:

$$\bar{A}_k^p = \{X_k^p, Y_k^p, H_k^p, V_k^p, \Psi_k^p\} \quad (12)$$

$$\bar{\Pi}_k^p = \{K_k^p, O_{K_k^p}\}, \quad (13)$$

де $O_{K_k^p}$ – оцінка (якісної або кількісної) ознаки K_k^p k -го ризику.

Виходячи з отриманих формалізованих описів відношень і наведених вище ризиків виникнення і розвитку техногенних аварій, можна одержати вирази, що визначають ситуації, які склалися в зоні відповідальності. Для штатної (s_0) і надзвичайної (s_1) ситуацій вони можуть бути представлені в наступному вигляді:

$$\begin{aligned} & (\{X_l^n; Y_j^n\} \in Z_k) \wedge (H_j^n \in \Delta H_3) \wedge (V_j^n \in \Delta V_3) \wedge (\Psi_j^n \in \Delta \Psi_3) \wedge \\ & (t_j^n \in \Delta t_3) \wedge (N_{3j} = \Delta N_{3nl}) \wedge (K_j = K_3) \wedge (Pr HC_j = 0) \Rightarrow s_0 \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} & (\{X_l^n; Y_j^n\} \notin Z_k) \wedge (H_j^n \notin \Delta H_3) \wedge (V_j^n \notin \Delta V_3) \wedge (\Psi_j^n \notin \Delta \Psi_3) \wedge \\ & (t_j^n \notin \Delta t_3) \wedge (N_{3j} \neq \Delta N_{3nl}) \wedge (K_j \neq K_3) \wedge (Pr HC_j = 1) \Rightarrow s_1 \end{aligned} \quad (15)$$

Аналіз наведених відношень дозволяє об'єднати їх у групи залежно від відомостей, використовуваних для їхнього формалізованого опису.

До першої групи варто віднести просторові, часові і ресурсні відношення:

$$\begin{aligned} & (\{X_l^n; Y_j^n\})R_1Z_k = (\{X_l^n; Y_j^n\} \in Z_k); \quad (\{X_l^n; Y_j^n\})R_1Z_p = (\{X_l^n; Y_j^n\} \in Z_p); \\ & (\{X_l^{n+1}; Y_j^{n+1}\})R_1Z_m = (\{X_l^{n+1}; Y_j^{n+1}\} \in Z_m); \quad (\{X_l^n; Y_j^n\})R_1Z_m = (\{X_l^n; Y_j^n\} \in Z_m); \\ & (\{X_l^{n-1}; Y_j^{n-1}\})R_1Z_n = (\{X_l^{n-1}; Y_j^{n-1}\} \in Z_n); \quad (\{X_l^{n+m}; Y_j^{n+m}\})R_1Z_n = (\{X_l^{n+m}; Y_j^{n+m}\} \in Z_n); \\ & (H_j^n R_1 \Delta H_3) = (H_j^n \in \Delta H_3); \quad (V_j^n R_1 \Delta V_3) = (v_j^n \in \Delta V_3); \\ & (\Psi_j^n R_1 \Delta \Psi_3) = (\Psi_j^n \in \Delta \Psi_3); \quad (t_j^n R_1 \Delta t_3) = (t_j^n \in \Delta t_3). \end{aligned} \quad (16)$$

До другої групи віднесемо відношення, для формалізованого опису яких потрібен ступінь подібності між поточними і апіорними даними. До них відносяться ознакові відношення:

$$(N_{3j} R_2 N_{3nl}) = (N_{3j} N_{3nl}); \quad (K_j R_2 K_3) = (K_j K_3); \quad (HП_j R_2 HП_3) = (HП_j) = 1. \quad (17)$$

Значна частина даних, використовуваних при рішенні поставленого завдання недоступна у формі точних, чітко визначених чисел.

Через недосконалість вимірювальних пристроїв і мовного способу одержання інформації або внаслідок того, що в багатьох випадках людина (експерт) являє собою єдине джерело необхідних відомостей, використовувані дані містять елементи невизначеності.

В умовах апріорної невизначеності функціонування системи управління такими узагальненими поняттями можуть бути цілі системи. Такі системи називаються семіотичними або логіко-лінгвістичними. Під семіотичною системою будемо розуміти кортеж:

$$W = (T, H, G, Q, X, L, E), \quad (18)$$

у якому підсистема $A = (T, H, G, Q)$ є формальною системою, а підсистема $B = (X, L, E)$ призначена для зміни зазначеної формальної системи в режимах навчання і адаптації стосовно АГЗС. Підсистема A виражає синтаксичний аспект системи W , а підсистема B – її семантичний і прагматичний аспекти.

У підсистемі A множина T є множина базисних символів; H – множина синтаксичних правильних виразів; G – підмножина безлічі синтаксично правильних виразів, обумовлених як семантично правильні вирази; Q – правила, що дозволяють одержувати з елементів G нові семантично правильні вирази.

Підсистема B відбиває основну специфіку семіотичних систем. Правила X змінюють множину G шляхом модифікації, введення або видалення законів предметної області. Правила L визначають зміну правил Q . В теорії цілеспрямованих систем проблема зміни правил Q звичайно трактується як завдання адаптації до даної предметної області. Правила E змінюють правила H , тобто синтаксис системи W .

У четвертому розділі розроблену за інформаційною технологією інформаційну систему, що реалізує представлені в роботі моделі та методи, яка використовувалась для реалізації експериментальних досліджень.

Проведено експериментальне дослідження роботи інформаційної системи для підвищення надійності АГЗС з метою оцінки індивідуального, територіального та соціального ризиків та наслідків аварій на АГЗС. Результати виконаних розрахунків і оцінок стали основою для підготовки рішень з управління ризиком.

Результати роботи інформаційної системи були порівняні з результатами навчання нейронної мережі, що визначає значення відстані, на якій досягається прийнятний рівень соціального ризику, із встановленням відносного відхилення розрахунків. Функціональна схема інформаційної технології підвищення надійності АГЗС включає функціональні модулі, що наведені на рисунку 5.

Проведення експериментальних досліджень виконувалось за допомогою представленої інформаційної системи, яка дозволяє розрахувати показники імовірностей реалізації сценаріїв аварії на основі методу дерева відмов.

Ризик обумовлений можливістю спричинення збитку в результаті реалізації загрози і проявляється, в тому числі, у виникненні ТА. При відомих частоті подій і збитку ризик від ТА оцінюється математичним очікуванням збитку за інтервал часу:

$$M[W, t] = a_{TA}(t)\bar{W} = \sum_{j=1}^m a_{TA_j}(t)\bar{W}_j, \quad (19)$$

де: $\bar{W} = \int_0^{\infty} wf(w)dw$ – середній збиток від ТА; $\bar{W}_j = \int_{W_{TA_{j-1}}}^{W_{TA_j}} wf(w)dw$ – середній збиток від

ТА j -го класу за ступенем тяжкості; $a_{TA}(\Delta t) = \lambda_{TA} \Delta t$ – математичне очікування числа ТА за інтервал часу Δt . Середній збиток від ТА можна встановити за статистичними даними. Аналіз (19) показує, що ризик оцінюється за показниками: небезпеки, загрози та уразливості середовища при аваріях і можливих її наслідках.

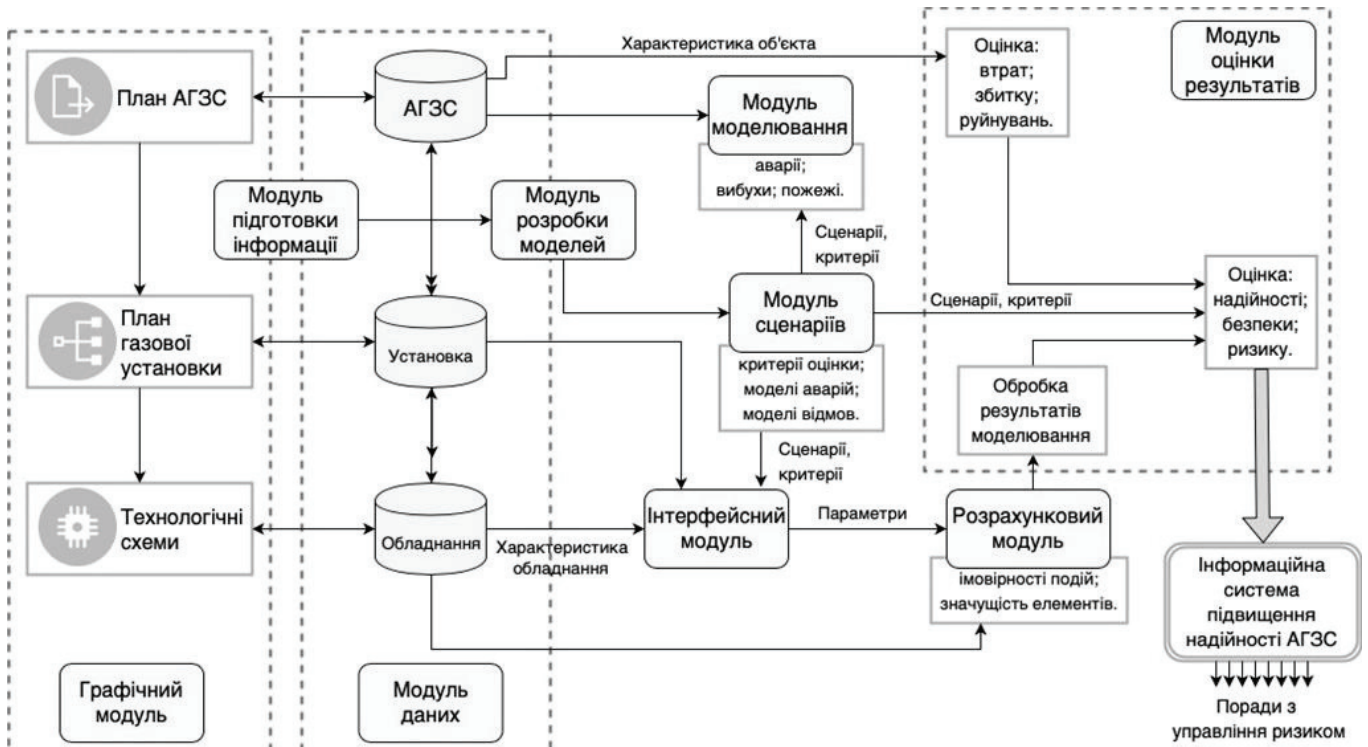


Рис. 5 Функціональна схема інформаційної технології підвищення надійності ІС АГЗС

Заключним етапом аналізу ризику є розробка рекомендацій з його зменшення, які представляють обґрунтовані заходи для зменшення ризику, засновані на результатах оцінок ризику. Підвищення рівня безпеки (зниження аварійності) АГЗС у загальному випадку може відбуватися у трьох напрямках:

- зниження імовірності виникнення аварії; її рівень залежить від надійності устаткування, ступеня контролюваності технологічного процесу і ефективності управління ним, кваліфікації і професіоналізму працівників;
- зменшення сили аварійної події у навколишньому просторі;
- зменшення масштабів ураження.

При розробці заходів для зменшення ризику пропонується враховувати, що внаслідок можливої обмеженості ресурсів у першу чергу повинні розроблятися найпростіші і пов'язані з найменшими витратами рекомендації, а також заходи на перспективу.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано актуальну задачу розробки моделей і методів зниження ризику виникнення техногенних аварій шляхом створення інформаційної технології, що дозволяє підвищити надійність АГЗС та ефективність управління наслідками техногенних аварій.

Одержано такі нові теоретичні та практичні результати:

1. Проведено аналіз моделі управління ризиком виникнення аварій на АГЗС. Проведений аналіз показує, що НС техногенного характеру здатні в будь-який час нанести серйозну втрату у всіх сферах людської діяльності. Обґрунтовано високий рівень небезпечності АГЗС та наведено огляд та класифікацію критичних ситуацій у їх функціонуванні. Розглянуто класифікацію рівнів безпеки та кількісні показники ризику аварії, які є основою моделі управління ризиком функціонування АГЗС.

Проведено аналіз методів подання знань при розпізнаванні НС техногенного характеру. Проведений аналіз літератури показав, що при великому різноманітті робіт у досліджуваній предметній області недостатньо проробленими залишаються питання розпізнавання ситуацій і синтезу варіанта рішення з протидії виникненню техногенних аварій на АГЗС.

Аналіз діяльності осіб, що приймають рішення, при оцінці ризиків виникнення техногенних аварій показав, що при зниженні часу, затрачуваного на роботу, пов'язану з пошуком, обробкою й відображенням необхідної інформації, може бути підвищена оперативність рішення завдань оцінки аварійної ситуації.

2. Удосконалено метод оцінки імовірності виникнення аварії на АГЗС із застосуванням «дерева відмов» для аналізу територіального, індивідуального і соціального ризиків. При оцінці ризику аварії методом «дерева відмов» виявлені комбінації відмов устаткування, помилок персоналу і зовнішніх впливів, що приводять до аварійної ситуації. Виконано моделювання сценаріїв аварійних ситуацій на АГЗС на основі аналізу умов їх виникнення і розвитку та побудовано «дерево відмов» функціонування АГЗС. Отримані імовірності реалізації сценаріїв аварії стали основою для розрахунку показників територіального, індивідуального і соціального ризиків.

3. Удосконалено модель функціонування АГЗС на основі використання сценаріїв аварійних ситуацій, що дозволяє оцінити імовірність відмови інформаційної системи та підвищити її надійність.

4. Отримав подальшого розвитку метод оцінки соціального ризику із застосуванням нейронних мереж. Результати роботи інформаційної системи були порівняні з результатами навчання нейронної мережі, що визначає значення відстані, на якій досягається прийнятний рівень соціального ризику, із встановленням відносного відхилення розрахунків (1,35 %). Це дозволило зробити висновок про те, що нейронна мережа, навчена за даною технологією, дає результат, близький до результату роботи інформаційної системи на основі представленого методу.

5. Вперше запропоновано метод подання знань про оцінку ризику виникнення техногенних аварій, який, на відміну від існуючих, дозволяє виконувати обчислення на основі багатозначної логіки для обробки знань, що містять елементи

невизначеності. Реалізація даного методу припускає рішення як розрахункових, так і логіко-аналітичних завдань, що обумовлено застосуванням методів штучного інтелекту.

6. Розроблено інформаційну технологію, що реалізує представлені в роботі моделі та методи. Інформаційна система, створена за даною інформаційною технологією, використовувалась для реалізації експериментальних досліджень. ІС підвищення надійності АГЗС призначена для вирішення завдань управління ризиком і орієнтована на вирішення завдань інформаційної підтримки процесів управління ризиками при експлуатації АГЗС. Проведено експериментальне дослідження з метою оцінки індивідуального, територіального та соціального ризиків та наслідків аварій на АГЗС. Результати розрахунків при наведеному в четвертому розділі наборі вхідних даних показали, що прийнятний індивідуальний ризик (10^{-8}) перебуває за межами 700 м, а соціальний ризик (10^{-7}) – за межами 850 м. Результати виконаних розрахунків і оцінок є основою для підготовки рішень з управління ризиком.

7. Розроблено рекомендації з використання запропонованих методів, які представляють собою обґрунтовані заходи, засновані на результатах оцінок ризику. Пропонується підвищення рівня безпеки АГЗС за рахунок зниження імовірності виникнення аварії, зменшення сили аварійної події у навколишньому просторі та зменшення масштабів ураження. Для обґрунтування й оцінки ефективності запропонованих заходів зі зменшення ризику рекомендується дотримуватися двох альтернативних цілей їхньої оптимізації: забезпечення максимального зниження ризику експлуатації АГЗС при заданих засобах та забезпечення зниження ризику до прийнятного рівня при мінімальних витратах.

8. Перспективними шляхами подальших досліджень у зазначеному напрямку може бути широке коло питань щодо розробки нових та удосконалення існуючих методик підвищення надійності об'єктів техногенної небезпеки на основі використання інформаційних технологій.

9. Результати дисертаційної роботи апробовані, застосовані та впроваджені у ТОВ «Нафтогазбудінформатика», у конструкторському бюро інформаційних систем та в навчальному процесі КПІ ім. Ігоря Сікорського, що підтверджено відповідними актами впровадження.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Праці в наукових фахових виданнях

1. Завгородній В.В., Завгородня Г.А. Метод подання знань про оцінку ризику виникнення техногенних аварій. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Кременчук: КрНУ, 2018. Вип. 4 (111). С. 43–48. DOI: 10.30929/1995-0519.2018.4.43-48. (Журнал включено до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

2. Отрох С.І., Завгородній В.В., Завгородня Г.А., Грищенко О.О. Аналіз методів подання знань при розпізнаванні надзвичайних ситуацій техногенного характеру. *Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку*. 2018. №3 (51). С. 59-69. (Журнал включено до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

3. Отрох С.І., Завгородній В.В., Завгородня Г.А. Аналіз взаємозв'язку збитку з ризиком при виникненні техногенних аварій в концепції прийнятного ризику. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*. 2018. №2 (59). С. 117-123. DOI: 10.31673/2412-4338-2018-0-2-117-123. (Журнал включено до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

4. Zavgorodnii V., Zavgorodnya A., Maiko V., Malikov V., Zhuk D. Methods and models for assessment of reliability of structural-complex systems. *World Science*. Warsaw: RS Global Sp. z O.O., 2018. №11 (39). PP. 5-14. DOI: 10.31435/rsglobal_ws/30112018/6227 (Індексується в міжнародній наукометричній базі Index Copernicus).

5. Завгородня Г.А., Завгородній В.В. Метод кількісної оцінки ризику технічних систем. *Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології»*. Київ: ДУІТ, 2018. Вип. 2 (32). С. 87-95. DOI: 10.32703/2617-9040-2018-32-2-87-95 (Журнал включено до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

6. Завгородній В.В., Завгородня Г.А. Модель управління ризиком об'єктів підвищеної небезпеки. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука"*. 2018. №18. С. 52-55. DOI: 10.25313/2520-2057-2018-18-4261. (Індексується в міжнародній наукометричній базі Index Copernicus).

7. Завгородня Г.А., Корнага Я.І., Мухін В.Є., Завгородній В.В., Базака Ю.А. Моделювання сценаріїв аварійних ситуацій на автомобільних газозаправних станціях. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2019. Том 30 (69), №5, Частина 1. С. 92-97. DOI: 10.32838/2663-5941/2019.5-1/14. (Журнал включено до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук; Індексується в міжнародній наукометричній базі Index Copernicus International (Республіка Польща)).

8. Завгородня Г.А., Завгородній В.В. Аналіз методів виробки рішень при виникненні техногенних аварій у системах управління реального часу. *Вісник університету «Україна». Серія: Інформатика, обчислювальна техніка та кібернетика*. Київ, 2018. №2 (21/2). С.72-76. (Журнал включено до затвердженого МОН Переліку наукових фахових видань України з технічних наук).

9. Zavgorodnya A., Zavgorodnii V., Plisenko V., Provatorov N., Kudientsov P. Methods modeling systems for the improvement of their reliability. *International Academy Journal Web of Scholar*. 2019. № 9(39), Vol.1. PP. 3-12. DOI: 10.31435/rsglobal_wos/30092019/6683 (Індексується в міжнародній наукометричній базі Index Copernicus).

Публікації в працях і тезах доповідей міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій

10. Завгородній В.В., Завгородня Г.А. Методи аналізу відмов та ризику аварій. *Євроінтеграція в науці та інноваціях: тези доповідей LXI Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернівці, 15-16 жовтня 2018 р.)*. Київ: Науково-видавничий центр «Лабораторія думки», 2018. С.18-21.

11. Завгородній В.В., Завгородня Г.А. Аналіз рівня небезпеки у концепції прийняттого ризику. *Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення*: тези доповідей I Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Житомир, 19-20 жовтня 2018 р.). Житомир: Вид. О.О. Євенок, 2018. С.43-44.

12. Завгородня Г.А., Завгородній В.В. Автоматизоване моделювання етапів загального логіко-імовірнісного методу. *Механізми та стратегії розвитку господарюючих суб'єктів в умовах інтеграційних процесів*: матеріали науково-практичної INTERNET-конференції студентів та молодих вчених з міжнародною участю, Wyższa Szkoła Społeczno-Gospodarcza w Przeworsku. (м. Харків – Пшеворськ, 19 лютого 2019 р.). Przeworsk: WSSG, 2019. С. 115-117.

13. Завгородня Г.А., Завгородній В.В. Методи оцінки надійності людино-машинної системи. *Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та праві*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 18-19 квітня 2019 р.). Київ: КНУКіМ, 2019. Ч1. С.30-31.

14. Завгородня Г.А., Завгородній В.В. Шляхи підвищення надійності складних технічних систем в умовах експлуатації. *Водний транспорт: сучасний стан та перспективи розвитку*: збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 16-17 травня 2019 р.). Київ: ДУІТ, 2019. С. 156-158.

15. Завгородня Г.А. Інформаційна система підвищення надійності потенційно небезпечних об'єктів. *Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення*: збірник тез доповідей міжнародної наукової інтернет-конференції: випуск 41 (м. Тернопіль, 13 вересня 2019 р.). Тернопіль, 2019. С. 23-24.

16. Завгородня Г.А. Напрямки підвищення рівня безпеки потенційно небезпечних об'єктів. *Вересневі наукові читання*: збірник наукових матеріалів XXXIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Вінниця, 16 вересня 2019 року.). Вінниця, 2019. Ч.2, С. 9-13.

АНОТАЦІЯ

Завгородня Г.А. Моделі, методи та інформаційна технологія підвищення надійності об'єкта техногенної небезпеки. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології». – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Тернопільський національний економічний університет, Тернопіль, 2020.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної задачі розробки моделей і методів зниження ризику виникнення техногенних аварій шляхом створення інформаційної технології, що дозволяє підвищити надійність АГЗС та ефективність управління наслідками техногенних аварій. В роботі проведено аналіз моделі управління ризиком виникнення аварій на АГЗС.

Запропоновано метод оцінки імовірності виникнення аварії на АГЗС, із застосуванням «дерева відмов» для аналізу територіального, індивідуального і соціального ризиків. Удосконалено модель функціонування АГЗС на основі

використання сценаріїв аварійних ситуацій, що дозволяє оцінити імовірність відмови інформаційної системи та підвищити її надійність.

Модифіковано метод оцінки соціального ризику із застосуванням нейромереж. Вперше запропоновано метод подання знань про оцінку ризику виникнення техногенних аварій, який дозволяє виконувати обчислення на основі багатозначної логіки для обробки знань, що містять елементи невизначеності.

Розроблено інформаційну технологію, що реалізує представлені в роботі моделі та методи, яка використовувалась для реалізації середовища експериментальних досліджень. Розроблено рекомендації з використання запропонованих методів, які представляють собою обґрунтовані заходи, засновані на результатах оцінок ризику.

Ключові слова: техногенна аварія, автомобільна газозаправна станція, надійність, оцінка ризику, інформаційна система.

АННОТАЦІЯ

Завгородняя А.А. Модели, методы и информационная технология повышения надежности объекта техногенной опасности. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 05.13.06 «Информационные технологии». – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Тернопольский национальный экономический университет, Тернополь, 2020.

Диссертация посвящена решению актуальной задачи разработки моделей и методов снижения риска возникновения техногенных аварий путем создания информационной технологии, позволяющей повысить надежность АГЗС и эффективность управления последствиями техногенных аварий. В работе проведен анализ модели управления риском возникновения аварий на АГЗС.

Предложен метод оценки вероятности возникновения аварии на АГЗС с применением «дерева отказов» для анализа территориального, индивидуального и социального рисков. Усовершенствованная модель функционирования АГЗС на основе сценариев аварийных ситуаций позволяет оценить вероятность отказа информационной системы и повысить ее надежность.

Модифицирован метод оценки социального риска с применением нейронных сетей. Впервые предложен метод представления знаний об оценке риска возникновения техногенных аварий, который позволяет выполнять вычисления на основе многозначной логики для обработки знаний, содержащих элементы неопределенности.

Разработана информационная технология, реализующая представленные в работе модели и методы, которая использовалась для реализации среды экспериментальных исследований. Разработаны рекомендации по использованию предложенных методов, которые представляют собой обоснованные меры, основанные на результатах оценок риска.

Ключевые слова: техногенная авария, автомобильная газозаправочная станция, надежность, оценка риска, информационная система.

ANNOTATION

A. Zavgorodnya. Models, methods and information technology to increase the reliability of technogenic danger object. – Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences (doctor of philosophy) in specialty 05.13.06 «Information Technologies». – National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky», Ternopil National Economic University, Ternopil, 2020.

The dissertation is devoted to solving the urgent task of developing models and methods of reducing the risk of technogenic accidents by creating information technology, which allows increasing the reliability of the gas station and the efficiency of managing the consequences of industrial accidents.

The classification of hazard levels and quantitative indicators of accident risk, which are the basis of the risk management model of functioning of the gas station, are considered. The analysis of methods of presenting knowledge in recognition of emergencies of anthropogenic nature is carried out.

The advanced model and functional mechanism of the information system of the gas station for improvement of reliability is given. The obtained calculations of the approximate probability of failure of the information system allow analyzing the failures of the systems in order to improve their reliability.

Discusses the construction of a neural network that can be used to solve risk assessment tasks, as it adequately reflects the outcome and enables the assessment of social risk in a dynamic changing environment.

A method of presenting knowledge in assessing the risk of industrial accidents at the gas station has been developed, the implementation of which involves the solution of both computational and logical-analytical problems, which is caused by the use of artificial intelligence methods.

A formal apparatus has been developed that allows to transfer the received formal description of the subject area to information technology and to use it in processing information on the state of the gas station.

Describes an information technology system that implements the models and methods presented in the paper and has been used to conduct experimental studies. The information system has been created to improve the reliability of the gas station, which is intended to solve the problems of risk management and is focused on solving the problems of information support of risk management processes in the operation of the gas station.

An experimental study of the information system for improvement the reliability of the gas station was conducted in order to assess the individual, territorial and social risks and consequences of accidents at the gas station. The results of the calculations and estimates performed formed the basis for the preparation of risk management decisions.

The performance of the information system was compared with the results of neural network training, which determines the value of the distance at which an acceptable level of social risk is reached, with the establishment of relative error of calculations.

Risk mitigation recommendations have been developed that are measures based on the results of risk assessments.

Key words: technogenic accident, gas station, reliability, risk assessment, information system.

Підписано до друку 14.02.2020 р.
Формат 60x90/16. Гарнітура Times.
Папір офсетний. Друк на дублюванні.
Умов. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 1,0.
Зам. № А009-20. Тираж 150 прим.

Видавець та виготовлювач
Тернопільський національний економічний університет
вул. Львівська, 11, м. Тернопіль 46009

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців ДК № 3467 від 23.04.2009 р.*

Видавничо-поліграфічний центр «Економічна думка ТНЕУ»
вул. Бережанська, 2, м. Тернопіль 46009
тел. (0352) 47-58-72
E-mail: edition@tneu.edu.ua