

Національний університет водного господарства та природокористування
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут будівництва та архітектури
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка
до магістерської роботи

на тему: **«Системи газопостачання сільських населених
пунктів з урахуванням надійності на прикладі
с. Деражне, Рівненської області»**

Виконав: студент VI курсу, групи ТГВ-61
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна
інженерія, освітньо-професійна програма
“Теплогазопостачання і вентиляція”

Іванчук С.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: Грицина О.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Кравченко Н.В.

(прізвище та ініціали)

Рівне - 2023

Національний університет водного господарства та природокористування

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення будівництва та архітектури

Кафедра, циклова комісія теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

(шифр і назва)

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ОПП «Теплогазопостачання та вентиляція»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТГВ та СТ

М.Д. Кізеєв

“ ” 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Іванчуку Сергію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Системи газопостачання сільських населених пунктів з урахуванням надійності на прикладі с. Деражне, Рівненської області

керівник проекту (роботи) Грицина Олександр Олексійович, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “01” листопада 2023 року № 680

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Наукова та навчально-методична література, план населеного пункту

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Системи газопостачання сільських населених пунктів з урахуванням надійності на прикладі с. Деражне, Рівненської області

2. Техніко-економічне порівняння варіантів систем газопостачання

3. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1,2. Аналіз надійності систем газопостачання населених пунктів 3,4. Газопостачання с. Дерезне, Рівненської області (1 варіант) 5,6 Газопостачання с. Дерезне, Рівненської області (2 варіант). 7. Розрахунки показника надійності для ділянок газопроводу, відключаючи пристроїв. 8. Техніко-економічне порівняння варіантів систем газопостачання

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1			
2			
3			

7. Дата видачі завдання _____ 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вихідні дані до проекту	01.10.23	
2	Системи газопостачання сільських населених пунктів з урахуванням надійності на прикладі с. Деражне, Рівненської області	01.11.23	
3	Техніко-економічне порівняння варіантів систем газопостачання	10.11.23	
4	Охорона праці	20.11.23	
5	Оформлення графічної частини МР	01.12.23	
6	Оформлення пояснювальної записки МР	10.12.23	

Студент

_____ **Іванчук С.О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ **Грицина О.О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1 Системи газопостачання сільських населених пунктів з урахуванням надійності на прикладі с. Деражне, Рівненської області	7
1.1 Вихідні дані до проекту.....	7
1.2 Аналіз надійності систем газопостачання населених пунктів	8
1.3. Методика розрахунку надійності газових мереж	48
1.4. Проектування системи газопостачання с. Деражне	52
1.5. Розрахунок надійності газових мереж для с. Деражне.....	67
Розділ 2 Техніко-економічне порівняння варіантів систем газопостачання	73
Розділ 3 Охорона праці	75
Література.....	84
Додатки.....	91

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

Аркуш 1 Аналіз надійності систем газопостачання населених пунктів

Аркуш 2 Аналіз надійності систем газопостачання населених пунктів

Аркуш 3 Газопостачання с. Дерезне, Рівненської області (1 варіант)

Аркуш 4 Розрахункова схема газопостачання с. Дерезне (1 варіант)

Аркуш 5 Газопостачання с. Дерезне, Рівненської області (2 варіант)

Аркуш 6 Розрахункова схема газопостачання с. Дерезне (2 варіант)

Аркуш 7 Розрахунки показника надійності для ділянок газопроводу,
відключаючи пристроїв

Аркуш 8 Техніко-економічні показники системи газопостачання

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Системи газопостачання як важливий елемент задоволення зростаючих енергетичних потреб населення відрізняються від інших будівельних проектів масштабністю та постійним розвитком. Планування таких систем знаходиться в самому розпалі. Крім того, системи газопостачання характеризуються важливим соціальним аспектом забезпечення населення, що висуває підвищені вимоги до їх експлуатації. Через ці особливості вибір правильних проектних рішень для систем газопостачання є надзвичайно важливим.

Основним завданням при розрахунку надійності розгалуженої тупикової мережі є визначення показника надійності обраної схеми і, виходячи з отриманого значення показника надійності, прийняття рішення про необхідність резервування мережі. Відмова елемента тупикової мережі призводить до відмови системи, але з різною "ціною" відмови. При однаковому розташуванні вузлових споживачів різні схеми з'єднання трубопроводів відрізняються за своєю надійністю. Більше того, різне розміщення пристроїв відключення пов'язане з різною надійністю.

Вибір того чи іншого проектного рішення інженерної системи залежить від поставлених цілей. У більшості випадків при виборі того чи іншого варіанту системи завжди присутній економічний фактор. Прагнення досягти економічної вигоди за рахунок зниження надійності елементів системи або структури системи може звести нанівець тимчасову економію через вихід з ладу деяких пристроїв або обладнання. Наприклад, аварія в системі газопостачання може означати, що багато споживачів не зможуть отримувати газ протягом тривалого періоду часу.

У даній магістерській роботі пропонується вибрати оптимальні параметри системи газопостачання з точки зору надійності для с. Деражне шляхом порівняння двох варіантів: перший - розширена мережа низького тиску, другий - введення додаткових байпасів для відключення певних ділянок мережі. На основі визначеного показника надійності та техніко-економічних розрахунків має бути обрана конкретна система.

РОЗДІЛ 1

Системи газопостачання сільських населених пунктів з урахуванням надійності на прикладі с. Деражне, Рівненської області

1.1. Вихідні дані до роботи

Село Деражне розташоване в Рівненській області. Населення становить 942 особи. Житловий фонд села складається з 471 індивідуального житлового будинку. Село забудоване індивідуальними будинками на присадибних ділянках.

Благоустрій населеного пункту характеризується наявністю централізованого водопостачання, каналізації, теплопостачання та телефонного зв'язку. Вулиці частково асфальтовані, частково вимощені бруківкою. Культурно-побутові об'єкти: школа, клуб, поштове відділення, бібліотека, медичний пункт, магазин, церква.

Територія має відносно спокійний характер, відмітки коливаються від 175,0 до 178,0м.

Вздовж траси трубопроводу були встановлені розвідувальні свердловини для визначення складу ґрунту. Геологічні розрізи показали, що переважають дерново-підзолисті ґрунти, верхній шар яких складається з невеликої кількості чорнозему та суглинку. Ґрунтів, здатних до просідання, не виявлено.

Було виявлено два шари ґрунтових вод. Верхній шар складається переважно з безнапірних горизонтів підземних вод, пов'язаних з кайнозойськими відкладеннями, а іноді з виходом на поверхню більш давніх геологічних утворень.

Метеорологічні дані району проектування вибрані наступними [□1]:

- зона вологості: зона нормальної вологості,
- температурна зона: зона №1,
- температура найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю 0,92: - 23 °С,
- тривалість періоду з температурою повітря ≤ 8 °С: 187 діб,
- середня температура опалювального періоду із середньодобовою температурою ≤ 8 °С: -0,9 °С.

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Запланований міжселищний газопровід високого тиску 2-ї категорії до с. Деражне стане джерелом газопостачання житлових будинків та об'єктів культурно-побутового призначення. Газ в основному використовується населенням для приготування їжі та гарячого водопостачання, опалення, побутових та санітарно-гігієнічних потреб, прання та годівлі тварин.

1.2 Аналіз надійності систем газопостачання населених пунктів

Науковий аналіз та практичні шляхи підвищення гідравлічної надійності міських газових мереж високого тиску мають важливе значення для безпечного та стабільного постачання природного газу комунальним господарством. Обґрунтована оцінка фактичної витрати для кожного споживача у випадку аварії є ключем до кількісної оцінки гідравлічної надійності, що є складним завданням для кільцевої мережі. На основі аналізу гідравлічних характеристик кільцевої мережі в роботі [2] обговорюються обмеження існуючих методів і представлено можливий метод визначення фактичного вузлового потоку в кільцевій мережі високого тиску. Цей метод використовує процедуру, в якій гідравлічні режими спочатку аналізуються з використанням розрахованої вузлової витрати.

Потім перевіряються тиски у вузлових точках і поетапно коригується фактична витрата у вузловій точці. Нарешті, гідравлічні режими повторно аналізуються з використанням скоригованої витрати до тих пір, поки кожен вузловий тиск і кожна вузлова витрата не будуть задовольняти рівнянням вузлового тиску. Крім того, детальний метод аналізу гідравлічної надійності кільцевої мережі представлений в [2] і його доцільність підтверджується прикладом.

Результати прикладу показують, що гідравлічна надійність мережевої системи з використанням запропонованого методу становить лише 0,879 при відмові труби 2, в той час як надійність з використанням існуючого методу становила б 1,0. Детально розглянуто фактори, що впливають на надійність з точки зору мережевої системи та споживача, а також запропоновано низку заходів для підвищення

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

гідравлічної надійності.

На безпеку в містах значною мірою впливає складність аварій у міському газопостачанні [-3]. Хоча Китай поставив за мету звести до нуля кількість смертельних аварій у міському газопостачанні, причини нерозвиненої культури безпеки та недосконалого управління безпекою на міських газових підприємствах, на жаль, досі не усунуті.

Тому для дослідження безпосередніх причин аварій та поточної ситуації з безпекою міського газу в материковому Китаї було проведено статистичний аналіз та аналіз 160 аварій на міських газових мережах за допомогою моделі 24Model [□3].

Елементи технологічної безпеки CCPS, що базуються на оцінці ризиків, були використані для виявлення потенційних недоліків у поточному управлінні технологічною безпекою міського газу (UG-PSM). Під час аналізу було виявлено, що недостатнє впровадження розслідування та усунення прихованих небезпек становить 76%, що є основною безпосередньою причиною аварій на міському газопостачанні. Робота із зацікавленими сторонами є найбільш недостатньо представленою компетенцією в управлінні безпекою міського газопостачання [□3].

На основі отриманих результатів авторами було розроблено нову структуру системи UG-PSM, а також удосконалено теорію управління газовою безпекою в містах. Крім того, ми оцінили ступінь відповідності між елементами UG-PSM та існуючими заходами уряду, міських газових асоціацій, сторонніх організацій та міських газових підприємств. Нарешті, автори проаналізували доцільність, виклики та напрямки розвитку системи UG-PSM. Це дослідження закладає основу для дослідників і практиків у майбутніх дослідженнях і практиці безпеки міських газових процесів та надає теоретичні рекомендації щодо запобігання аваріям з високим рівнем аварійності міського газу [□3].

На думку авторів Kai Yang, Lei Hou, Jianfeng Man, Qiaoyan Yu, Yu Li, Xinru Zhang, Jiaquan Liu більшість досліджень, присвячених оцінці надійності

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

постачання природного газу, зосереджені на тому, чи є достатнім обсяг постачання газу споживачам [□4]. Однак, різні типи споживачів страждають від однакового дефіциту природного газу, а наслідки втрат є різними. Надлишок обсягів газу, що постачається, не відображає реальних втрат, яких зазнають споживачі. Більше того, коли виникає дефіцит газу на думку авторів дослідження, потік постачання різних типів споживачів перерозподіляється відповідно до замовлення на постачання.

Тому в дослідженні [□4] пропонується метод оцінки надійності газопостачання, що базується на економічному ризику з боку попиту. Послідовність постачання споживача інтегрується в матрицю витрат для оптимізації розподілу потоку попиту споживача в умовах дефіциту газу. Авторами створено розрахункову модель вартості економічних втрат з використанням альтернативних джерел енергії. Встановлено індекс надійності на основі економічного ризику для оцінки ступеня безпеки постачання. Результати показали, що надійність, заснована на оцінці економічного ризику, є дещо вищою, ніж надійність, заснована на оцінці кількості газу. Надійність склала 99,988% та 99,991% відповідно. Економічний ризик зменшується, а надійність підвищується для важливих споживачів після врахування впливу порядку постачання з боку попиту та пропозиції [□4].

Трубопровідні мережі є основним засобом транспортування природного газу, і оцінка надійності газопостачання має велике значення для безпечної та стабільної роботи трубопровідних мереж [□5]. Однак на думку Yueqiang Zhu та ін. [□5], поточні дослідження з оцінки надійності газопостачання проводяться лише для всієї трубопровідної мережі та на основі аварійних трубопровідних мереж, тобто процес оцінки є статичним. При цьому не враховуються індивідуальні відмінності між користувачами та ремонтпридатність трубопровідних мереж, що робить результати оцінки недостатньо повними та об'єктивними.

Для вирішення цих проблем у цій роботі авторами [□5] визначено новий оціночний індекс для оцінки надійності газопостачання окремих споживачів

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

шляхом поєднання часу та тяжкості дефіциту газу, а оцінка надійності газопостачання здійснюється з точки зору всієї трубопровідної мережі, окремих споживачів, обсягу дефіциту газу та часу дефіциту газу.

Крім того, створено модель визначення експлуатаційного стану трубопровідних мереж на основі процесів аварій та ремонтів [□5]. Нарешті, запропоновано систематичний метод оцінки з динамічними характеристиками. За допомогою цього методу оцінюється надійність газопостачання реальної трубопровідної мережі. Порівнюються відмінності між оцінкою всієї трубопровідної мережі та окремих користувачів, а також представлено ранжування важливості компонентів. На думку авторів результати оцінки можуть слугувати теоретичним підґрунтям для економічної оптимізації надійності газопостачання трубопровідних мереж [□5].

Варто вказати, що безпека міських газопроводів знаходиться під загрозою через низку несприятливих факторів, а неочікувані аварії можуть становити катастрофічну загрозу для людей, довкілля та активів [□6].

На думку авторів, існуючі дослідження в основному зосереджені на вивченні причинно-наслідкових зв'язків між аваріями на газопроводах, динамічний процес розвитку аварій на міських газопроводах все ще залишається складним завданням для запобігання аваріям. Для виявлення несприятливих факторів, що спричиняють аварії, в цьому дослідженні авторами представлено динамічне моделювання ризиків аварій на міських газопроводах з використанням стохастичної мережі Петрі (SPN).

SPN-модель процесу розвитку аварії будується на основі дискретних подій у блок-схемі аварії, і за допомогою цієї моделі оцінюються критичні місця та переходи. Враховуючи повільний розвиток ранніх подій, що призводять до аварій, час затримки переходів на цьому етапі не може бути визначений, для динамічного оновлення SPN-моделі використовується теорія Байєса.

Авторами Xinhong Li та ін. оцінюються критичні вузли аварій та ймовірності їх виникнення, які використовуються для підтримки ефективних стратегій управління ризиками. Як репрезентативний випадок досліджено аварію з вибухом

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

газу в Шияні, провінція Хубей, і результати показують, що корозія трубопроводу, джерела займання, неефективний інформаційний зворотний зв'язок і необґрунтовані рішення є критичними причинами аварії [□6]. Ймовірність виникнення критичних аварійних вузлів зростає з часом, а це означає, що цими факторами необхідно ефективно управляти для запобігання аваріям. Блок-схема динамічного моделювання ризику аварії на міському газопроводі наведена на рис.1. Додаток показує, що модель може бути використана як інструмент для газових компаній та урядів для розслідування аварій на міських газопроводах [□6].

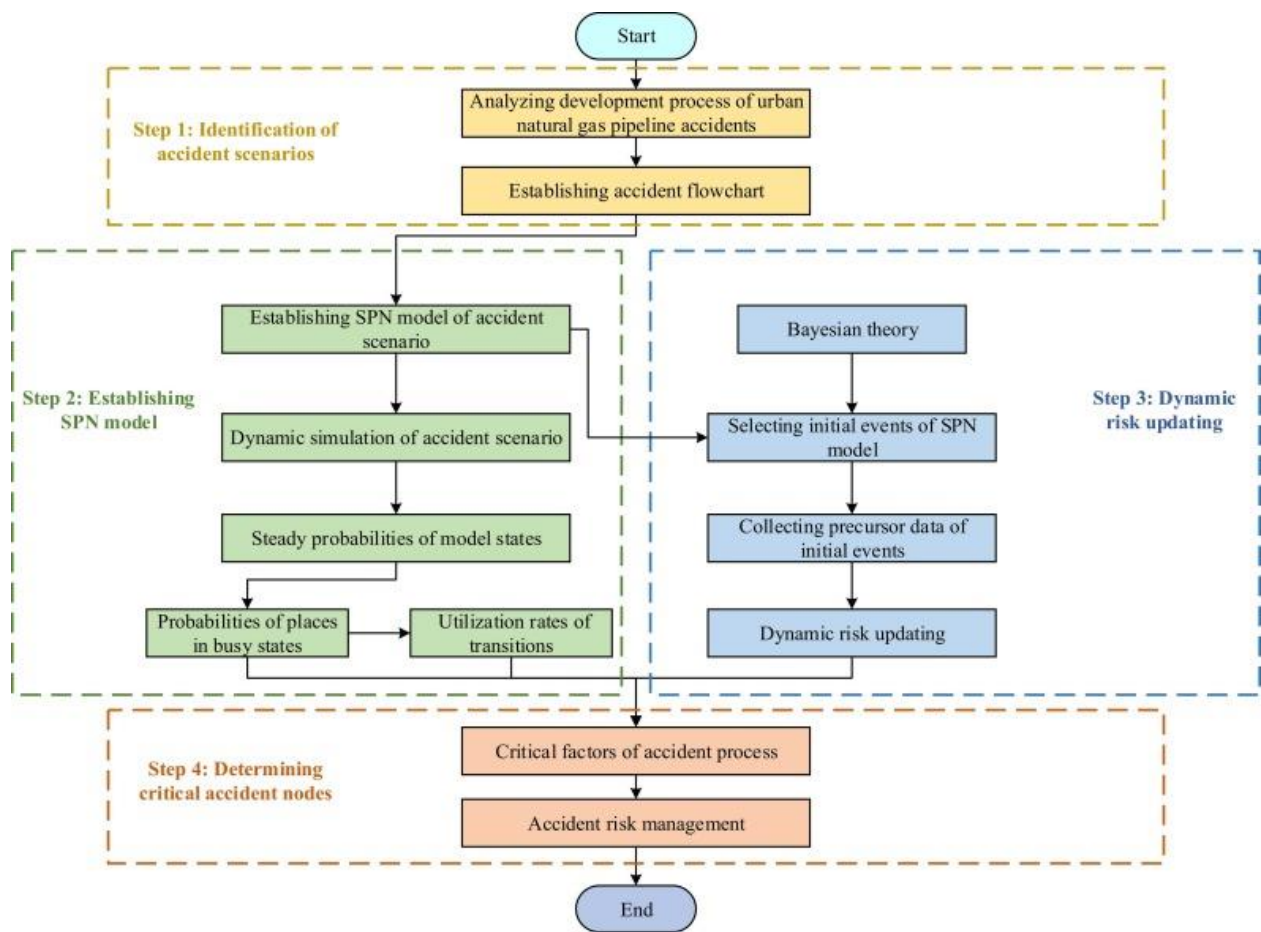


Рис. 1. Блок-схема динамічного моделювання ризику аварії на міському газопроводі [□6].

Huai Su та ін. [□7] вважають, що надійне газопостачання з мінімальним ризиком дефіциту поставок та мінімальний попит на електроенергію з низькою вартістю є двома фундаментальними цілями газопровідних мереж. У цій роботі

розроблено метод багатоцільової оптимізації для досягнення компромісу між надійністю та попитом на електроенергію в процесі прийняття рішень.

При оптимізації розглядається стаціонарна поведінка газопровідних мереж, але при цьому враховується невизначеність умов постачання та споживання споживачами [7]. Багатоцільова оптимізація полягає у пошуку операційних стратегій, які мінімізують попит на електроенергію та ризик дефіциту постачання газу. Для кількісної оцінки ймовірності переривання постачання в трубопровідних мережах введено нову граничну функцію на основі рівняння збереження маси.

Потім ризик переривання розраховується шляхом поєднання ймовірності переривання та його наслідків, вимірних у термінах корисності [7]. Динамічна поведінка тиску в точці доставки наведена на рис. 2 [7].

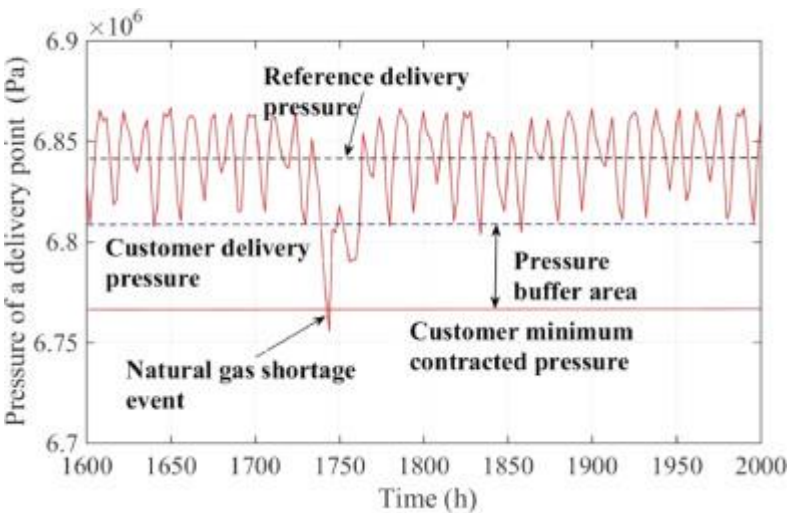


Рис. 2 . Динамічна поведінка тиску в точці доставки [7].

Багатоцільову оптимізаційну задачу розв'язано за допомогою алгоритму NSGA-II, а його ефективність перевірено на двох типових трубопровідних мережах, а саме: мережі з деревовидною топологією та мережі з кільцевою топологією. Результати показують, що розроблена оптимізаційна модель колективом авторів здатна знаходити рішення, які ефективно компромісують необхідність мінімізації ризику дефіциту газопостачання та зменшення попиту на електроенергію.

Авторами, проведено аналіз чутливості для аналізу впливу невизначеності попиту на результати оптимізації [□7].

У дослідженні Xiangying Shan та ін. [□8] запропоновано методику визначення цільової надійності газотранспортної системи на основі критеріїв прийнятності ризиків трубопроводів, яка складається з трьох частин. По-перше, визначаються критерії прийнятності ризику для газопроводів на основі існуючих стандартів. По-друге авторами, розроблено модель наслідків відмов газопроводів з урахуванням властивостей трубопроводу та навколишнього середовища, а також розраховано відповідні допустимі ймовірності відмов трубопроводу згідно з теорією ризику.

Вцілому колективом авторів [□8], розроблено модель оцінки надійності газопостачання для газопровідних систем з урахуванням відмов та гідравлічних характеристик об'єкта, а також розраховано цільову надійність газопровідних систем з використанням допустимих ймовірностей відмов трубопроводу. Схема визначення цільової надійності систем газопроводів наведена на рис. 3. Крім того, для визначення цільової надійності газотранспортної системи використовується реальна газотранспортна система, і цільове значення порівнюється з фактичним значенням надійності газопостачання. На основі отриманих результатів пропонується відповідний захід для підвищення надійності газопостачання [□8].

Постачання природного газу споживачам вимагає значної інфраструктури, яка складається з численних технічних вузлів та інших газотранспортних активів [□9]. Вихід з ладу одного з компонентів газорозподільної мережі може поставити під загрозу надійність системи газопостачання. Таким чином, належне розташування об'єктів для працівників та підрядників, які здійснюють перевірки та технічне обслуговування, має вирішальне значення для безперебійної роботи газової мережі.

У цьому контексті дане дослідження [□9] присвячене проблемі визначення оптимального розташування центрів технічного обслуговування газових мереж (ЦТОГМ) в газотранспортній компанії, яка активно прагне покращити час реагування на технічне обслуговування та ремонтні роботи, мінімізуючи при

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

цьому витрати.

Для визначення оптимальної кількості ЦОГМ, необхідної для обслуговування активів на територіях, що обслуговуються компанією, пропонується інструмент підтримки прийняття рішень, заснований на методі лінійного програмування зі змішаним цілим числом (MILP). Цей інструмент застосовано до тематичного дослідження газотранспортної компанії, що працює в центральній Польщі.

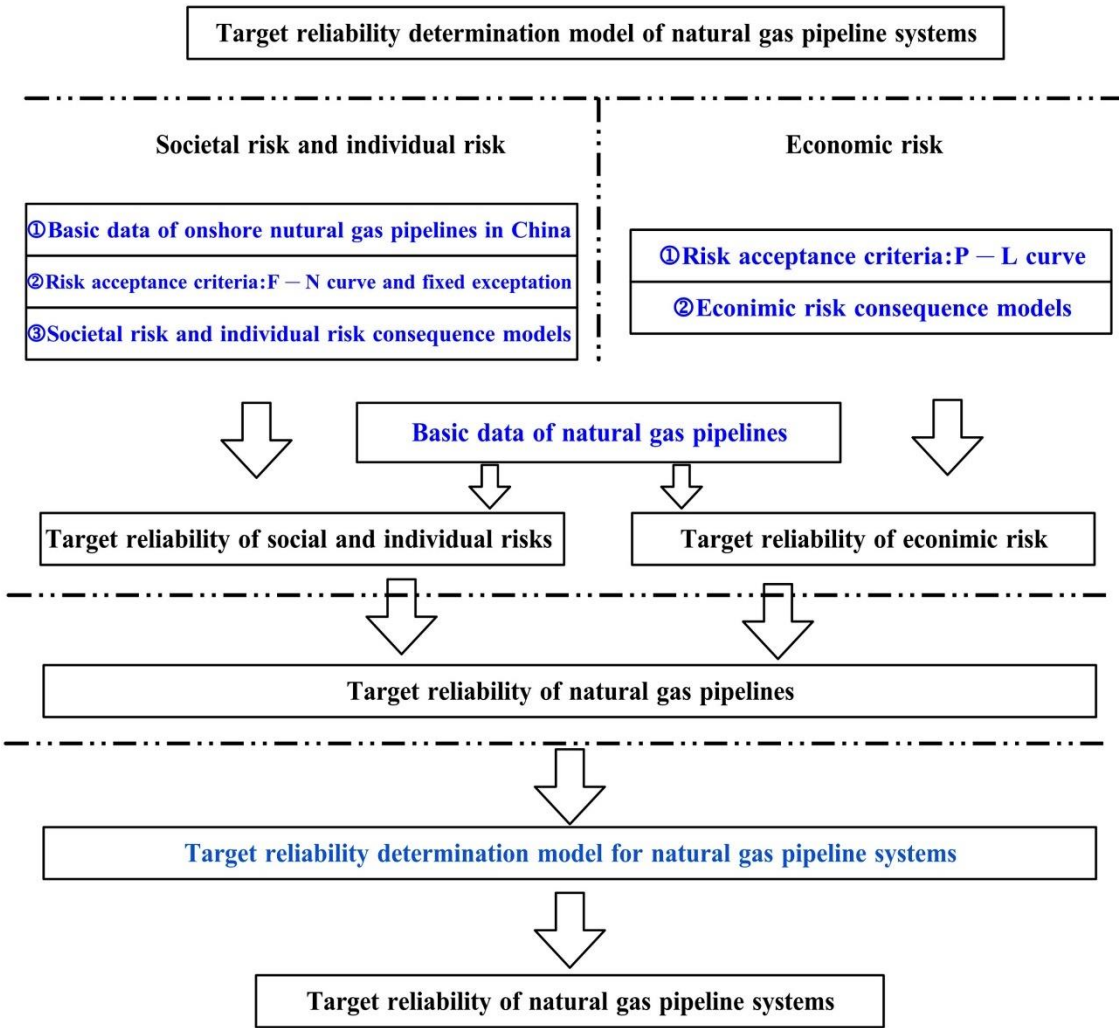


Рис. 3 . Схема визначення цільової надійності систем газопроводів [8].

Тематичне дослідження розширено для вивчення чотирьох альтернативних сценаріїв, які ілюструють додаткові функціональні можливості запропонованої моделі (див. рис.4.). Результати моделі показують, що загальні системні витрати на

інфраструктуру обслуговування газової мережі можуть бути знижені на 13% за умови експлуатації лише двох з п'яти існуючих ГНМЦ та одного об'єкта-кандидата. Результати також демонструють універсальність оптимізаційної моделі, оскільки вона дозволяє особам, які приймають рішення, оцінити наслідки зміни стратегій технічного обслуговування [9].

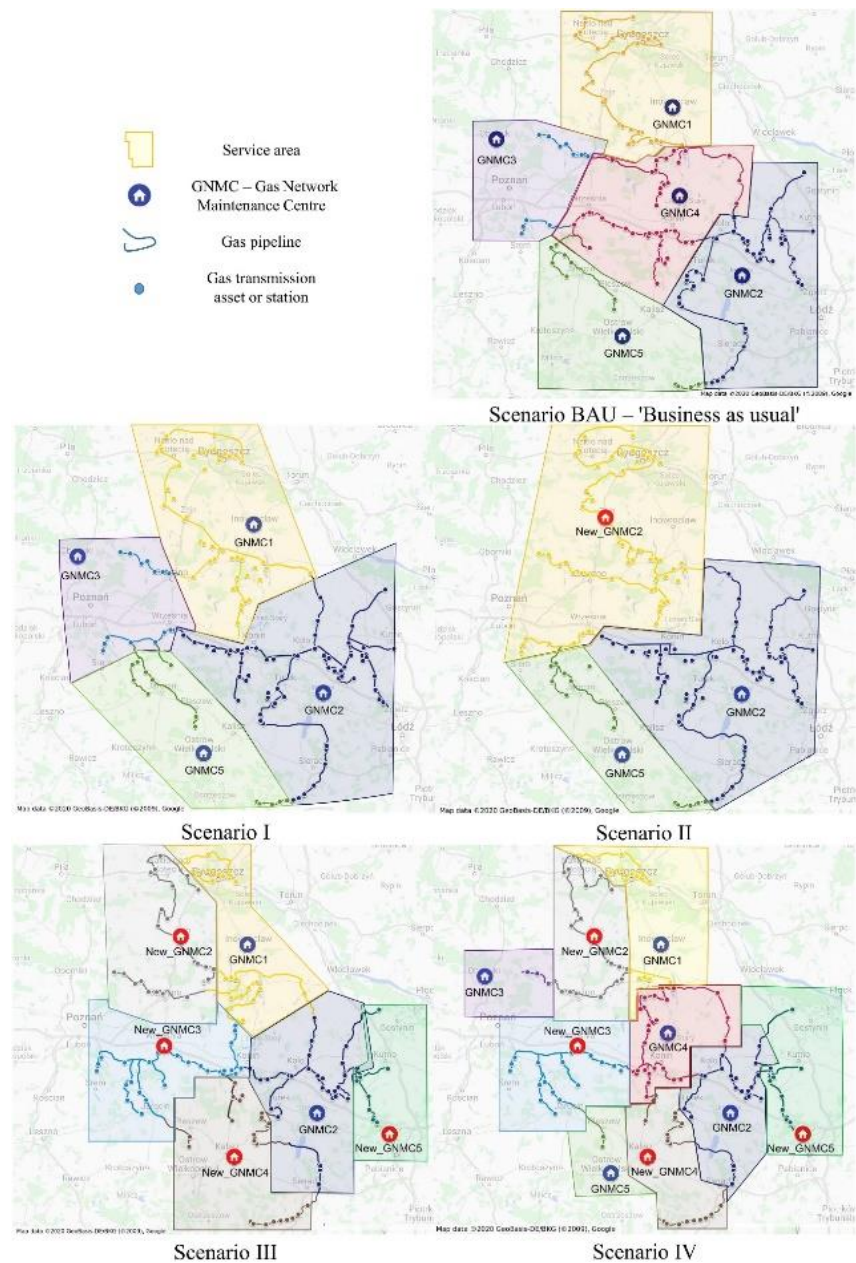


Рис. 4. Вивчення чотирьох альтернативних сценаріїв, які ілюструють додаткові функціональні можливості запропонованої моделі [9].

Xueqian Fu, Gengyin Li, Xiurong Zhang, Zheng Qiao вважають, що імовірісна

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

оцінка безпеки є одним з наукових напрямків у дослідженні надійності енергетичних систем [10]. У цій статті замість фізичної моделі пропонується модель на основі даних для оцінки ймовірності інциденту недостатнього газопостачання, спричиненого погодною невизначеністю, що впливає на надійність інтегрованих енергетичних систем на базі газотурбінних двигунів. Відповідно до фактичних енергетичних прогнозів, можна припустити, що невизначеність переривчастої потужності вітру, коливань навантаження і коливань у постачанні газу є наслідком мінливих погодних умов, таких як температура і вітер.

Дані про потужність вітру, навантаження і споживання газу в інтегрованій енергосистемі та дані про постачання газу на станцію є достатніми для точної побудови моделі, керованої даними. Традиційні методи, засновані на фізичних моделях, включають методи Імана і Штейна, метод надійності першого порядку і змішаний алгоритм Монте-Карло для оцінки ефективності запропонованого методу. Результати, отримані в трьох випадках, свідчать про точність та інженерну реалістичність запропонованого методу. Розрахунок моделі, керованої даними, є простішим, ніж фізичної моделі, а її спрощення сприяє оцінці ймовірності відмов у реальному застосуванні [10].

Середовище, в якому функціонує газова система, характеризується складністю та невизначеністю, включаючи волатильність ринку, стихійні лиха та навмисний саботаж. Хоча дослідження НГПС в основному зосереджені на надійності постачання за допомогою таких методів, як статистичний аналіз і випадкове моделювання, недостатньо уваги приділяється стійкості системи постачання, яка охоплює її надійність і здатність до відновлення [11]. Для вирішення проблеми стійкості НГПС в умовах невизначеності в цьому дослідженні авторами пропонується модель імовірнісного аналізу, яка оцінює стійкість постачання на основі механізмів збоїв та обґрунтованих даних.

Модель враховує систему інтегрованих оціночних індексів і аналізує процес відмов і відновлення, використовуючи аналіз випадкових процесів і теорію

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

складних мереж. Аналіз стійкості постачання NGPS наведені на рис. 5. Результати показують, що як газотранспортна потужність, так і задоволеність користувачів повинні враховуватися при оцінці та аналізі стратегії стійкості газотранспортної системи. Крім того, дослідження стійкості може надати рекомендації щодо експлуатації NGPS, попереднього попередження на етапах проектування та експлуатації [11].

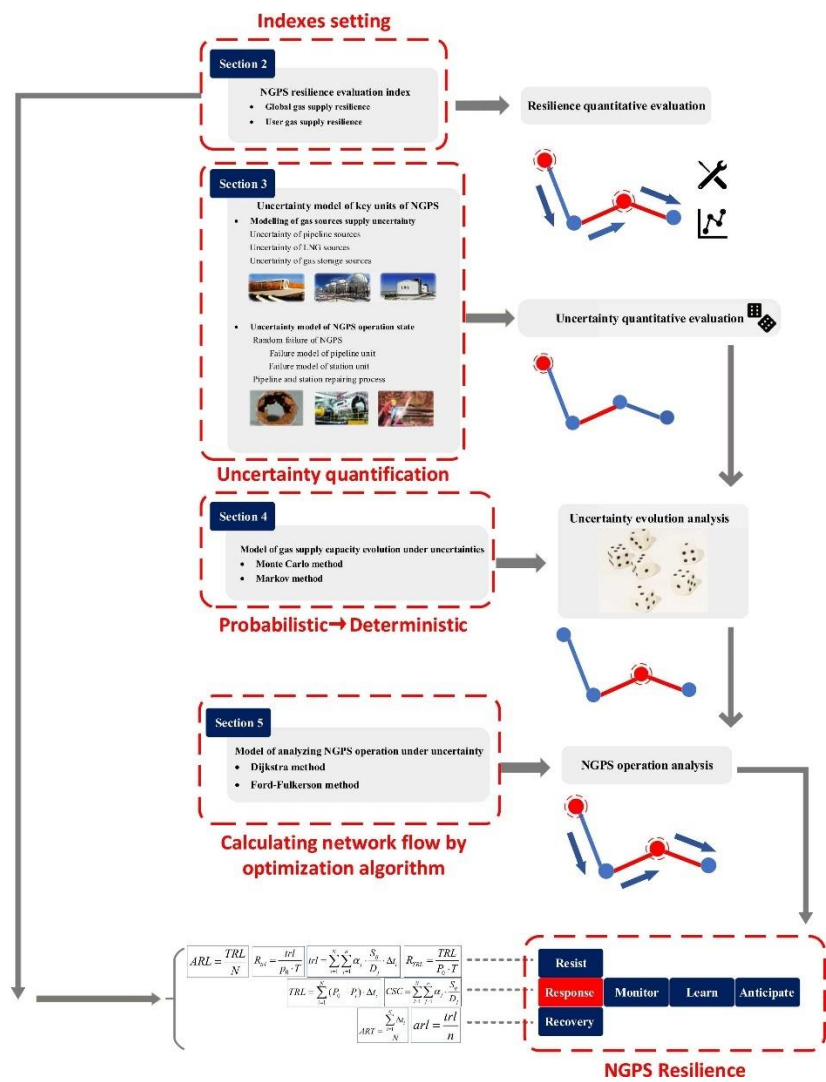


Рис.5. Аналіз стійкості постачання NGPS [11].

Моделі багатофункціональних систем (БФС) широко використовуються для представлення надійності інженерних систем, які мають скінченну кількість рівнів працездатності. Попередні дослідження, пов'язані з оцінкою надійності БФС, як правило, ґрунтуються на припущенні, що перехід між різними станами

функціонування відбувається миттєво, без затримки в часі. Однак існує ряд інженерних систем, які повільно переходять з одного стану в інший, наприклад, системи газопостачання та теплопостачання.

При оцінці експлуатаційної надійності таких інженерних систем нехтування процесом немиттєвого переходу між станами може призвести до неточних або недостатніх результатів оцінки [12]. Щоб заповнити цю прогалину в дослідженнях, традиційну модель БФС розширено для обробки ситуації, коли необхідно враховувати особливості немиттєвого переходу стану. Інноваційно запропоновано концепції та особливості багатофункціональних систем з урахуванням процесу переходу станів (БФС-ППС). Враховуючи немиттєвий процес переходу стану, традиційні методи оцінки надійності для БФС розширено для оцінки експлуатаційної надійності БФС - ППС. Запропоновано процедуру дискретизації перехідної кривої для розділення динамічного перехідного процесу на ряд дискретних станів. Розроблену загальну модель БФС - ППС застосовано до системи природного газу (СПГ), щоб продемонструвати ефективність запропонованого методу оцінки надійності. Запропонована методика може стати корисним інструментом для операторів системи для точної оцінки експлуатаційної надійності БФС – ППС [12].

Аварії в міській трубопроводній мережі (ММТ) можуть спричинити величезні економічні збитки та серйозні загрози для суспільства і довкілля [13]. Щоденна експлуатація та технічне обслуговування ММТ зазвичай пов'язані з багатьма аспектами даних. Як повною мірою використовувати ці дані з різних джерел у поєднанні з передовими методами інтелектуального аналізу даних для оцінки ризику аварій на трубопроводах після їх виникнення, має велике значення для управління стійкими міськими системами.

У цій роботі авторами вперше узагальнено фактори, що впливають на наслідки аварій на магістральних газопроводах, та визначено показники оцінки ризику [13]. Потім використовується традиційна модель оцінки ризику, заснована на методі індексу Кента та аналітичному методі ієрархій, для визначення відносної

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

величини ризику для кожного трубопроводу. Щоб зменшити залежність від суб'єктивних суджень експертів або розрахунку ймовірності подій у процедурі прийняття рішень Байєса, пропонується модель, керована даними, що базується на алгоритмі вбудовування графів та кластеризації.

Метод графових згорткових мереж (ГЗМ) використовується для вилучення топологічних особливостей трубопровідної мережі як доповнення до загальних атрибутивних ознак, враховуючи, що провідні трубопроводи зазвичай несуть порівнянний рівень ризиків. На прикладі реальної газопровідної мережі, що складається з понад 6500 трубопроводів, підтверджено ефективність запропонованої моделі [13].

Міські газопроводи зазвичай мають високу структурну вразливість через тривалий термін експлуатації. Розташування в міських районах з високою щільністю населення робить газопроводи легко вразливими до зовнішніх впливів.

Нещодавно міські газопроводи також могли стати об'єктом терористичних атак [14]. Тим не менш, навмисне пошкодження, тобто терористична атака, рідко розглядалася в попередньому аналізі ризиків для міських газопроводів. У цій роботі представлено динамічний аналіз ризиків зовнішніх впливів на міські газопроводи, який об'єднує ненавмисні та навмисні пошкодження трубопроводів в єдину структуру.

Для представлення процесу еволюції аварій на газопроводах, спричинених навмисними та ненавмисними загрозами, використовується байєсівське мережеве відображення моделі "метелика" [14]. Ймовірності основних подій та бар'єрів безпеки оцінюються за допомогою теорії нечітких множин та ієрархічного байєсівського аналізу (НБА). Розроблена модель дозволяє оцінити динамічні ймовірності наслідків і визначити найбільш вірогідні фактори, що впливають на ризик, з огляду на наявні дані. Вона також враховує невизначеності як даних, так і моделі. Дерево відмов для пошкодження міських газопроводів внаслідок зовнішньої діяльності наведена на рис. 6.

Насамкінець представлено промисловий кейс для ілюстрації застосовності та

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

ефективності розробленої методології. Виявлено, що запропонована методологія допомагає більш точно проводити оцінку ризиків та управління міськими газопроводами [14].

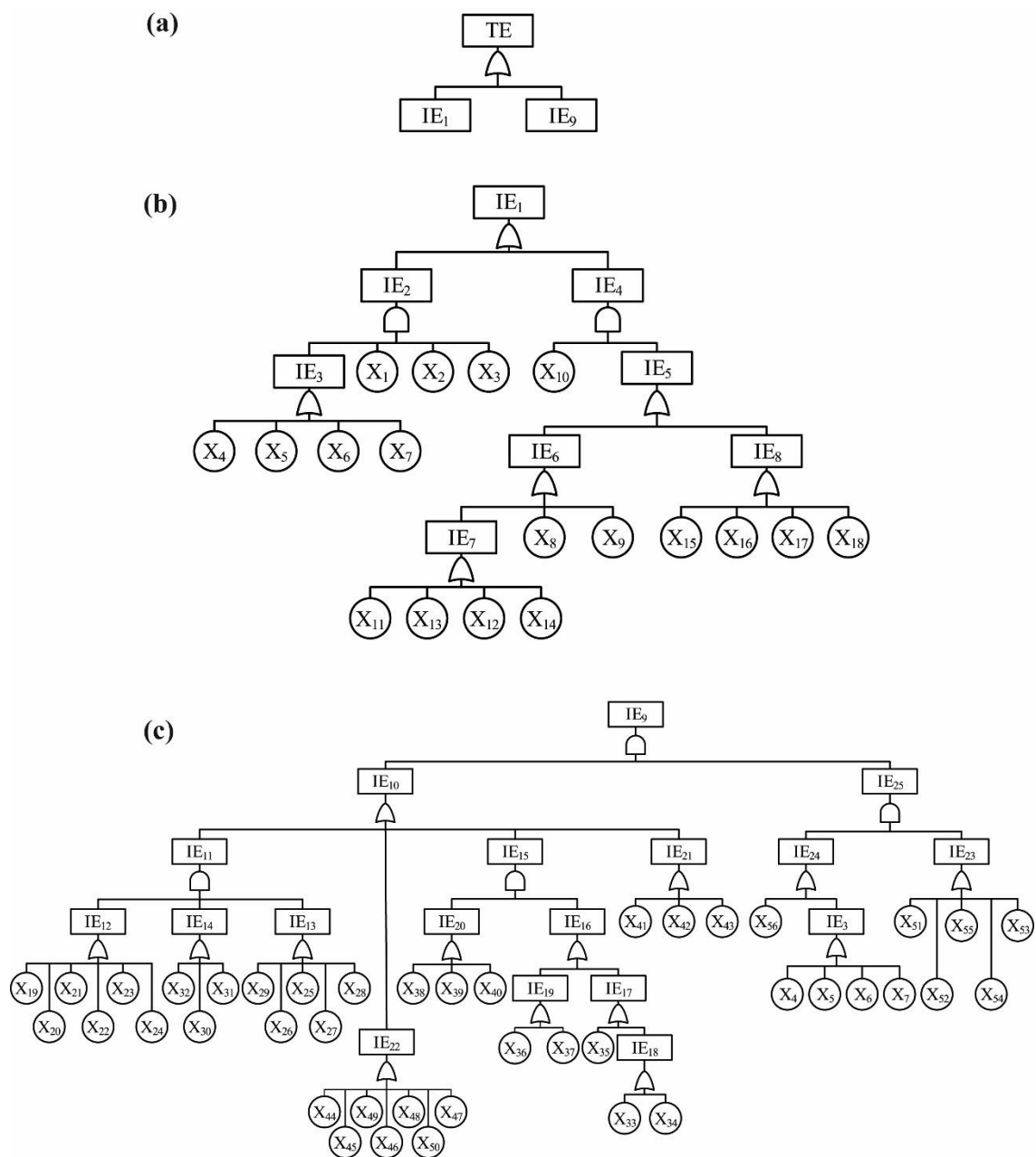


Рис. 6. (a) Дерево відмов для пошкодження міських газопроводів внаслідок зовнішньої діяльності. (b) Під-дерево для пошкодження газопроводу внаслідок навмисної зовнішньої діяльності. (c) Субфактор ризику пошкодження газопроводу внаслідок ненавмисної зовнішньої діяльності [14].

Мережа газопроводів є важливою інфраструктурою для розумного міста. Вона

забезпечує вкрай необхідне джерело енергії, але також становить значний ризик для громади. Ефективне управління ризиками допомагає підтримувати операційну безпеку мережі. Управління мережевими ризиками вимагає надійного динамічного аналізу ймовірності виходу з ладу.

У роботі авторів Wenhe Wang, Dan Mou, Feng Li, Chuanfu Dong, Faisal Khan пропонується методологія моніторингу стану та динамічного аналізу ймовірності відмов міських газопровідних мереж [15]. Методологія починається з визначення ключових проектних та експлуатаційних факторів, відповідальних за відмову трубопроводу. Потім розробляється причинно-наслідкова модель відмов у вигляді моделі Боуті. Дерево несправностей витoku трубопроводу наведене на рис. 7.

Модель Боуті трансформується в байєсівську мережу, яка аналізується з використанням експлуатаційних даних. Відстежуються ключові фактори, що сприяють виникненню аварій. Дані моніторингу використовуються для аналізу оновленої ймовірності відмови мережі. Динамічна ймовірність відмови газопровідної мережі поєднується з потенційними наслідками для оцінки ризику. Застосування підходу продемонстровано на прикладі ділянки міського газопроводу [15].

У дослідженні Rui Xiao та ін. пропонується методологія моделювання відмов газотранспортних трубопроводів з використанням історичних даних про відмови трубопроводів [16]. Для вирішення цієї проблеми в цьому дослідженні представлено статистичну модель Кокса, інтегровану модель аналізу виживання та машинного навчання, тобто RSF, а також інші моделі машинного навчання (ANN, SVR, RF та XGBoost), в першу чергу для порівняння.

Моделі Кокса та RSF дають уявлення про вплив коваріацій на відмову трубопроводу, що дозволяє приймати рішення щодо будівництва, інспекції та технічного обслуговування трубопроводу. Результати показують, що статистична модель Кокса переоцінює вік відмови через її обмежену здатність враховувати нелінійність відмови, тоді як інші моделі машинного навчання недооцінюють вік відмови, оскільки вони не можуть впоратися з цензуруванням наборів даних [16].

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

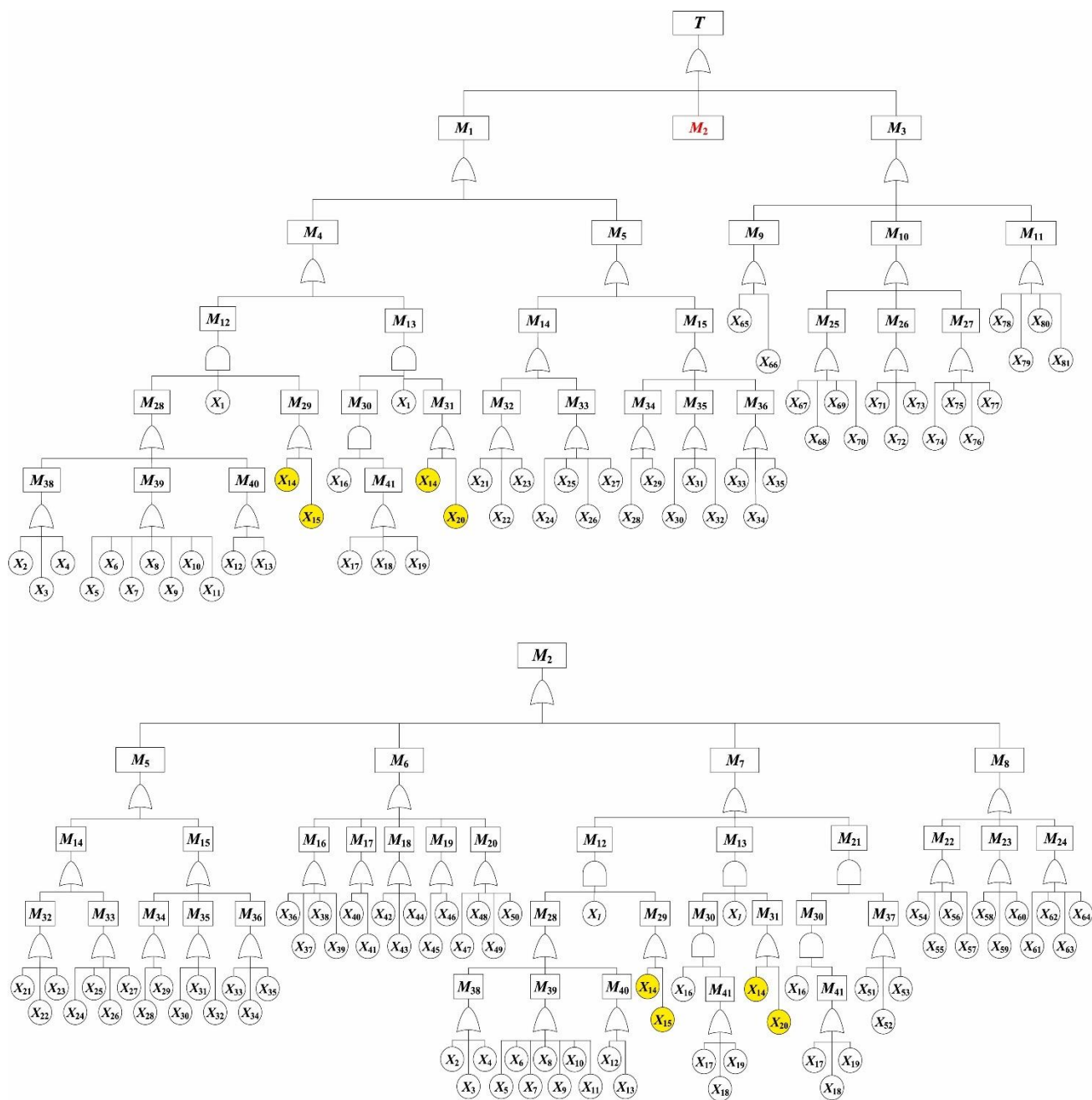


Рис. 7. Дерево несправностей виток трубопроводу [15].

На противагу цьому, інтегрований метод машинного навчання RSF (аналіз виживання) перевершує інші методи моделювання відмов газопроводів. Статистичні розподіли факторів записів відмов наведено на рис.8. Отримані результати мають практичне значення для ефективного управління надійністю та

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

зменшення ризиків, пов'язаних з газотранспортними трубопроводами, для забезпечення безпеки. Крім того, запропонована методологія потенційно може бути застосована до інших трубопровідних систем та різних типів систем за умови дотримання певних вимог [16].

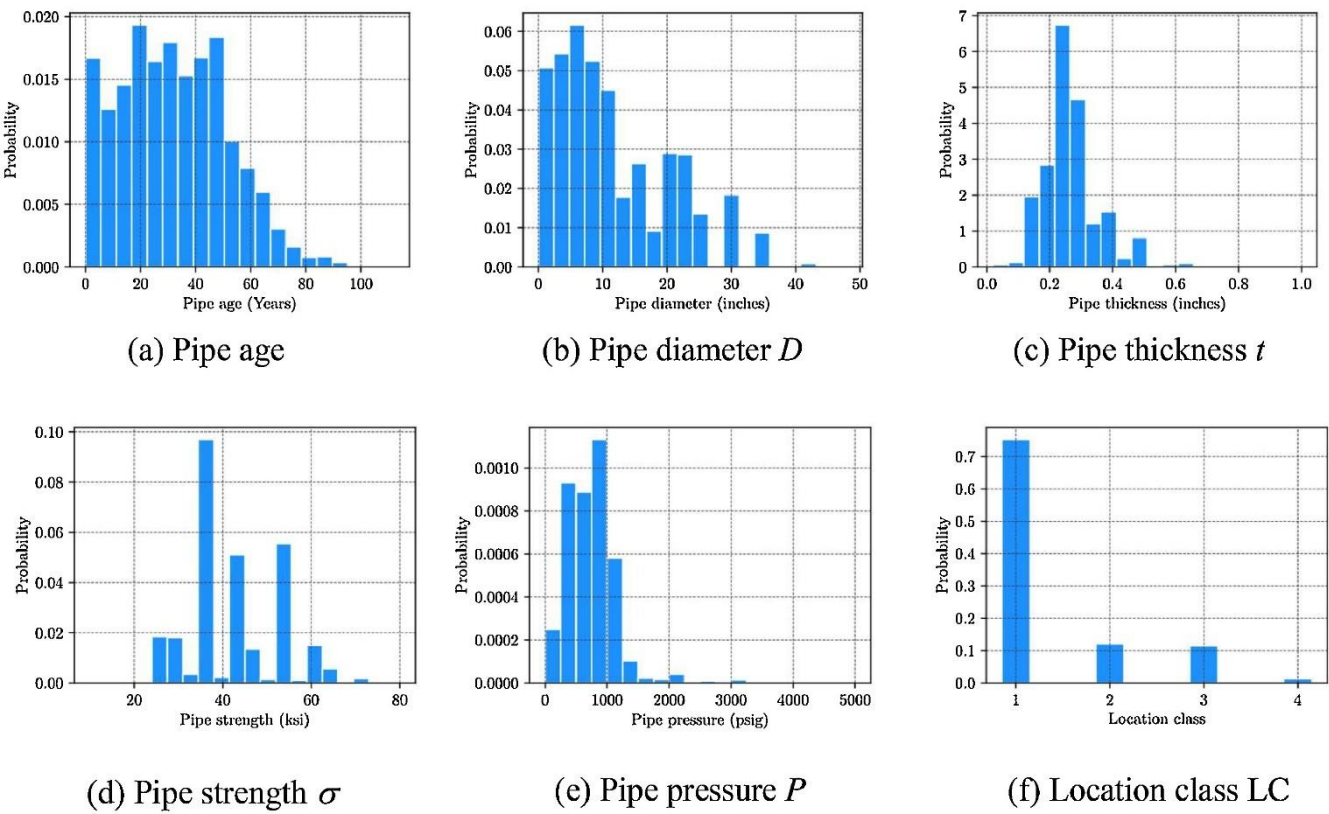


Рис. 8. Статистичні розподіли факторів записів відмов [16].

У цьому Weichao Yu та ін. досліджено методологію на основі імітаційного моделювання для оцінки залежної від часу надійності корозійного трубопроводу з множинними корельованими корозійними дефектами [17]. Методологія розглядає два конкуруючі режими руйнування, а саме малі витіки та розриви. По-перше, створено залежну від часу модель структурної надійності для двох конкуруючих режимів руйнування.

Потім авторами представлено обчислювальну структуру для реалізації моделювання підмножин для оцінки ймовірності відмови окремого корозійного

дефекту. Після цього запропоновано процедуру розрахунку системної надійності всього трубопроводу з корельованими корозійними дефектами. Крім того, запропоновано чисельний приклад на основі реального газопроводу і спрогнозовано залежні від часу ймовірності відмов як малого витoku, так і розриву, які порівнюються з результатами оцінки, отриманими за допомогою прямого моделювання методом Монте-Карло і методу Крігінга [□17].

За допомогою чисельного прикладу продемонстровано точність та ефективність нашої методології. Крім того, виконано аналіз чутливості для дослідження впливу кореляції корозійних дефектів на надійність системи, і результати показують, що кореляція має великий вплив на надійність системи [□17].

В той час, як у наступному дослідженні пропонується інтегрована методологія оцінки надійності газопостачання газопровідної мережі з урахуванням стохастичного попиту [□18]. Типові сценарії обрані на основі структурної надійності, розрахованої за допомогою теорії ймовірності та стохастичного процесу, включаючи нормальний сценарій та деякі сценарії відмов з високою ймовірністю.

Для кожного конкретного сценарію стан газопостачання оцінюється авторами на основі латинської гіперкубової вибірки з використанням методу декомпозиції Холеського в умовах стохастичного попиту [□18]. Метод максимального потоку на основі алгоритму Дейкстри застосовується для визначення того, чи можна повністю покрити попит споживачів на газ та оптимізувати схему постачання в умовах дефіциту. Структура оцінки надійності газопостачання газопровідної мережі наведена на рис. 9.

Нарешті, результати оцінки демонструються з наступних чотирьох аспектів: розподіл ймовірності дефіциту газу за нормальним сценарієм, визначення агрегатів з високою ймовірністю відмови та вразливих агрегатів, причини дефіциту газопостачання та відповідні ймовірності, а також розподіл ймовірності надійності газопостачання для газопровідної мережі та кожного споживача [□18].

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Методологію застосовано до великої мережі газопроводів у Китаї. Детально проаналізовано результати оцінки надійності постачання та проведено аналіз чутливості рівня невизначеності попиту на газ до надійності газопостачання.

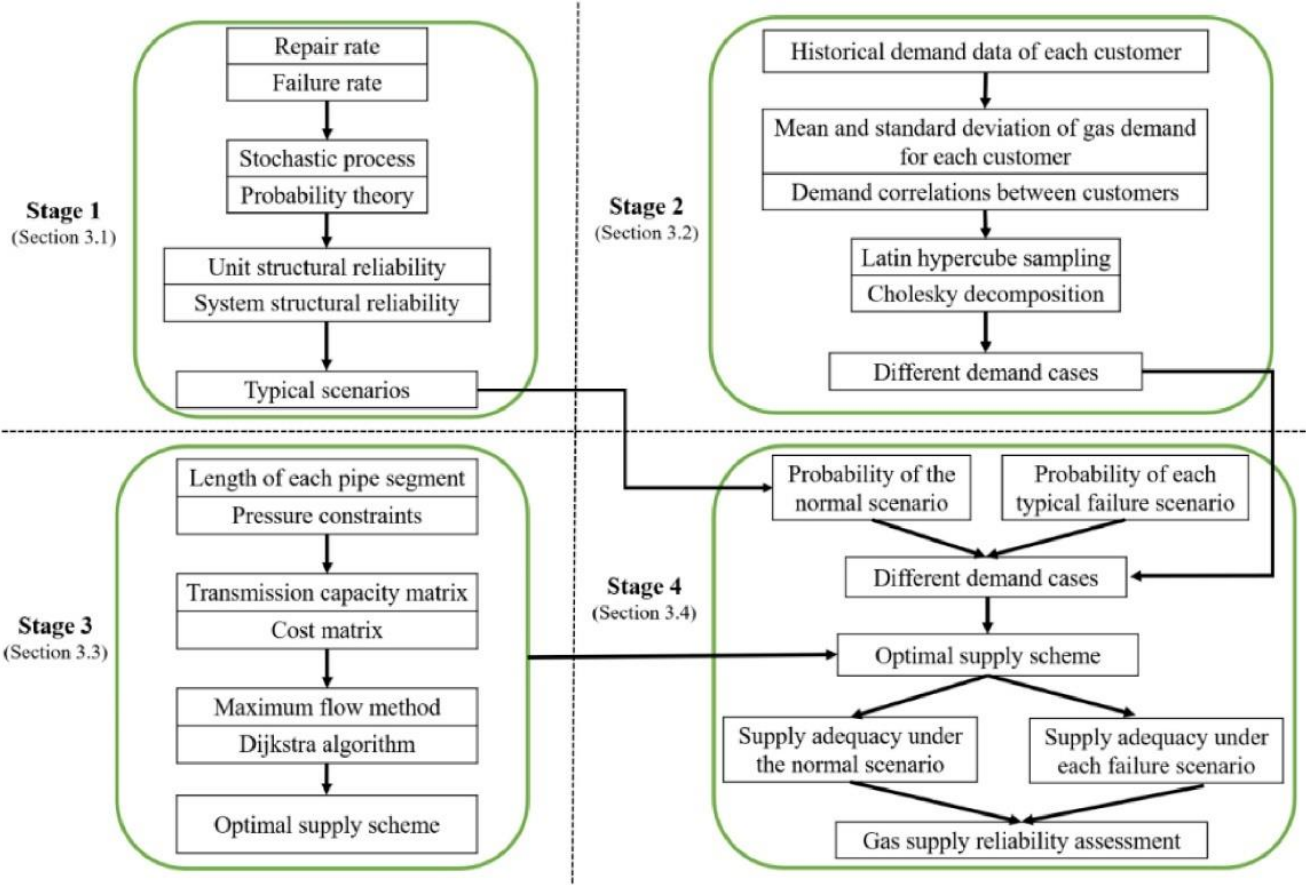


Рис. 9. Структура оцінки надійності газопостачання газопровідної мережі [18].

Пошкодження, завдані третіми сторонами, стали вагомим фактором аварій на трубопроводах і витоків, що призводять до серйозних екологічних збитків і людських жертв [19]. Традиційні методи аналізу ризиків безпеки в минулому були зосереджені на розриві причинно-наслідкового ланцюга аварій, нехтуючи при цьому унікальними характеристиками різних сегментів трубопроводу та екологічними факторами, що впливають на їхню стійкість до катастроф.

У цій статті авторами представлено основу для оцінки стійкості до катастроф

газопроводів на основі імовірнісних нейронних мереж. Комплексна система індексів стійкості до катастроф для оцінки шкоди, завданої третіми особами газопроводам, була побудована шляхом аналізу причинних факторів та потенційних наслідків інцидентів, пов'язаних з ризиком шкоди, завданої третіми особами.

Далі, кластерний аналіз та інформація про вагові коефіцієнти індикаторів використовуються для отримання комплексної оцінки стійкості до катастроф. Нарешті, будуються вибірки даних з рівнями індексів та рівнями комплексної стійкості до надзвичайних ситуацій для кожної одиниці оцінки [19]. Структура складу системи індикаторів оцінювання наведена на рис. 10.



Рис. 10. Структура складу системи індикаторів оцінювання [19].

Алгоритм оптимізації, оптимізація рою частинок (PSO), використовується для покращення процесу вибору параметрів моделі імовірнісної нейронної мережі (PNN) для оцінки рівня стійкості до катастроф кожної одиниці. Типовий магістральний газопровід у провінції Чжецзян був обраний в якості тематичного дослідження, і загалом 200 дослідницьких одиниць були отримані в результаті аналізу трубопроводу [□19].

Крім того, з різних джерел даних навколо трубопроводу було отримано 14 індикаторних даних. За допомогою кластерного аналізу було виявлено, що метод кластеризації змішаної моделі Гаусса зрештою визначив загалом 5 різних рівнів стійкості до стихійних лих. Оптимальний коефіцієнт згладжування може бути точним від 0,5 до 0,588 за допомогою моделі PSO-PNN, а остаточний показник точності покращився з 88% до 98%, що, очевидно, завдяки впровадженню алгоритму оптимізації PSO в модель PNN може підвищити точність моделі.

Це є значним покращенням точності порівняно з традиційними PNN моделями. Запропонований метод оцінки може забезпечити наукову основу для запобігання та контролю пошкоджень третіх сторін у нафто- та газопроводах та проектуванні трубопроводів [□19].

Відмови міських підземних газопроводів спричиняють значні пожежі та вибухи з величезними збитками. У цій роботі авторами Wenhe Wang, Kuiling Shen, Beibei Wang, Chuanfu Dong, Faisal Khan, Qingsheng Wang представлено вдосконалений двоетапний підхід до аналізу ймовірності відмов міського підземного газопроводу [□20].

По-перше, розробляється логічна модель відмови з експлуатаційними, матеріальними та екологічними параметрами, що сприяють відмові (аналіз дерева відмов). По-друге, логічна модель трансформується в мережеву модель (байєсівська мережа). Цей новий підхід дозволяє краще виявити взаємозв'язки між причинними факторами відмов, а також актуалізувати ймовірності відмов у міру зміни умов експлуатації та навколишнього середовища [□20].

Байєсівська мережева модель відмов згодом була застосована до тематичного

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

дослідження. Результати показують, що цей підхід є здійсненим і обґрунтованим, що може допомогти у визначенні критичних факторів безпеки. Підвищення надійності цих критичних факторів безпеки може суттєво допомогти у підвищенні безпеки міських підземних газопроводів [□20].

Корозія є однією з основних причин виходу з ладу трубопроводів у газовій галузі. Оскільки аварія трубопроводу може призвести до серйозних травм, фінансових втрат і шкоди навколишньому середовищу, оператори трубопроводів повинні приймати своєчасні та економічно ефективні рішення для запобігання аваріям у зонах з високим рівнем наслідків. У цьому дослідженні авторами запропоновано інтегрувати ГІС та байєсівську мережу переконань для оцінки наслідків аварій на магістральних трубопроводах для суспільства (кількість жертв) та довкілля [□21].

Для розрахунку кількості жертв на ділянці трубопроводу модель включає в себе таку інформацію, як характеристики труби, режим аварії та щільність населення. Дерево подій використовується для представлення всіх потенційних наслідків витоку газу на основі двох найважливіших змінних, які мають значний вплив на розвиток аварії: проміжок часу між витоком газу і потенційним займанням, а також можливість вибуху через ізоляцію від навколишнього середовища[□21]. Блок-схема оцінки наслідків руйнування газопроводу внаслідок зовнішньої точкової корозії наведена на рис. 11.

Нарешті, соціальні та екологічні наслідки оцінюються на основі емпіричних рівнянь та суб'єктивних суджень, відповідно. Просторові можливості ГІС у поєднанні з міркуваннями байєсівської мережі створюють потужний інструмент для оцінки серйозності пошкодження труби на певній ділянці на основі наявної на даний момент інформації [□21].

Будівництво газопроводів стрімко розвивається у всьому світі для задоволення потреб у міжнародному та внутрішньому транспортуванні енергоносіїв. Тим часом, аварії на газопроводах часто трапляються через механічні пошкодження, помилки персоналу тощо, що призводить до величезних економічних збитків,

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

шкоди навколишньому середовищу і навіть людських жертв. Однак, мало моделей було розроблено для опису процесу еволюції аварійних витоків природного газу (АВПГ) та кількісної оцінки їх наслідків і факторів, що впливають на них [□22].

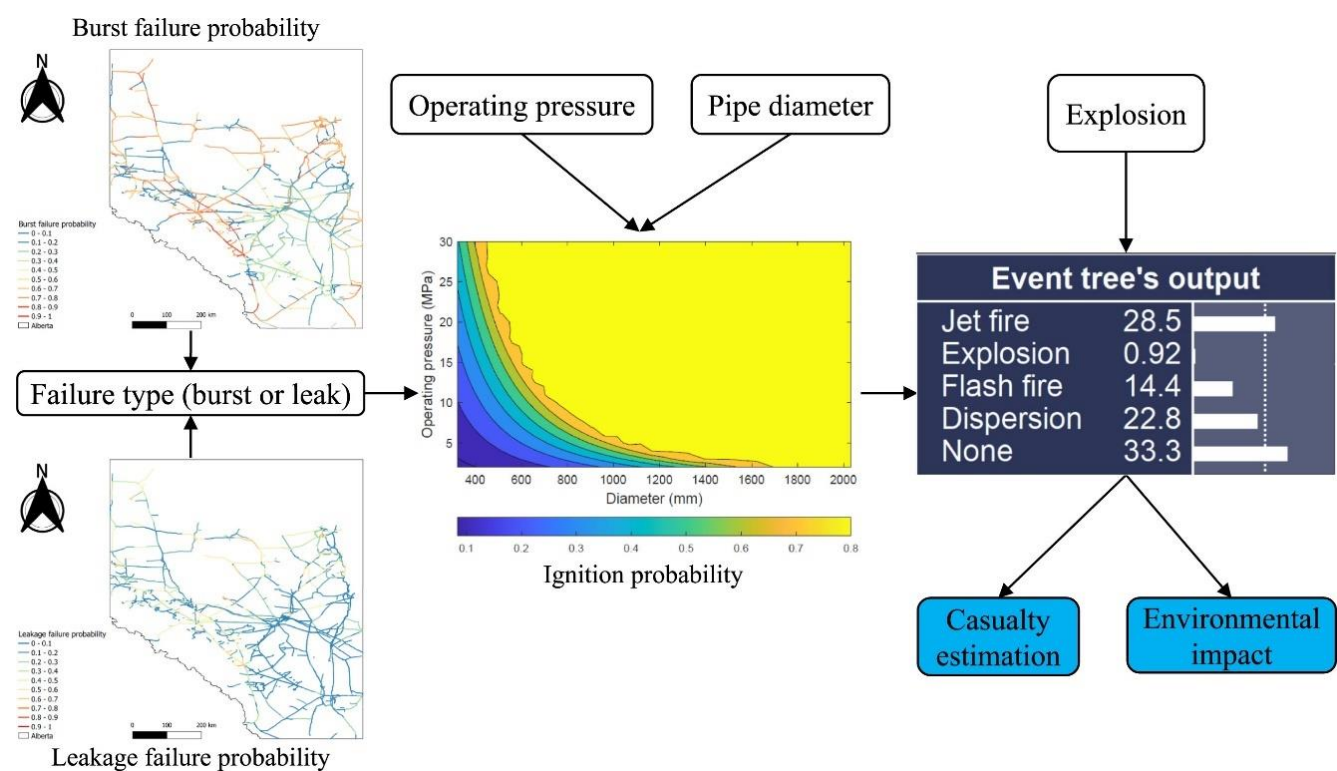


Рис. 11. Блок-схема оцінки наслідків руйнування газопроводу внаслідок зовнішньої точкової корозії [□21].

Тому метою цього дослідження є запропонувати комплексну модель аналізу ризиків, названу моделлю EDIB (ET-DEMATEL-ISM-BN), яка може бути використана для аналізу процесу розвитку аварії та проведення імовірнісних оцінок ризиків аварій з витоком природного газу з урахуванням численних факторів, що впливають на них. У запропонованій інтегрованій моделі аналіз дерева подій (АДП) використовується для аналізу процесу еволюції АСПН до того, як фактори, що впливають на еволюцію аварії, можуть бути ідентифіковані за допомогою звітів про аварії.

Потім комбінація DEMATEL (Лабораторія випробувань і оцінки прийняття

рішень) і ISM (Інтерпретаційне структурне моделювання) використовується для визначення взаємозв'язку між подіями еволюції аварії ПЗПБ і отримання ієрархічної мережі, яка може бути використана для підтримки побудови байєсівської мережевої моделі (BN) [12].

Попередні умовні ймовірності BN-моделі були визначені на основі аналізу даних 773 звітів про аварії або експертних оцінок за допомогою теорії доказів Демпстера-Шейфера. Нарешті, розроблена BN-модель була використана для проведення сценарного аналізу розвитку аварії та аналізу чутливості факторів впливу щодо вторинних аварій (пожежа, вибух парової хмари, асфіксія або отруєння). Ієрархічна мережева схема NGPLA наведена на рис. 12.

Результати показують, що займання є найбільш критичним фактором впливу, що призводить до вторинних аварій. Час і місце виникнення НХР ЛЗР в основному впливають на ефективність аварійного реагування і надалі впливають на наслідки аварії. У той же час, для НСПНВВ визначено ваговий рейтинг економічних збитків, впливу на навколишнє середовище та людських жертв на соціальний вплив [12].

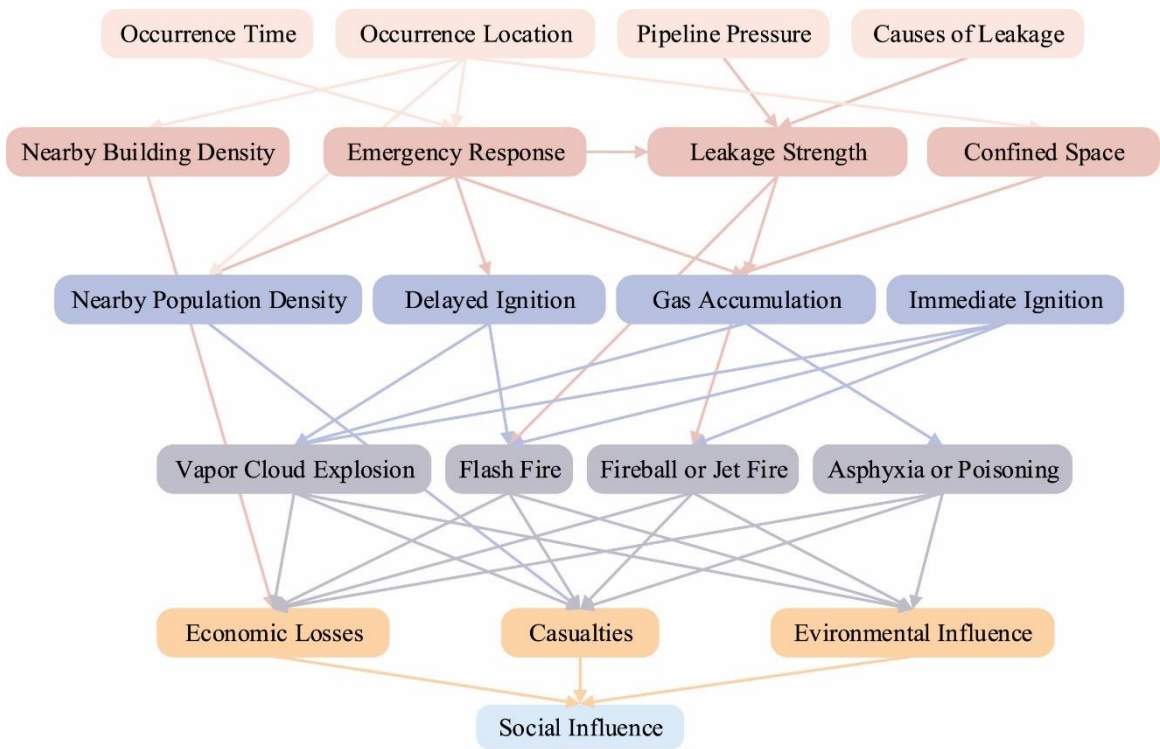


Рис. 12. Ієрархічна мережева схема NGPLA [□22].

Оптимізація методології моделювання штучних нейронних мереж для оцінки надійності кородуючих газопроводів наведена в роботі [□23].

Швидкий розрахунок надійності є важливим для внутрішньотрубної інспекції корозійних газопроводів. Однак традиційний метод моделювання методом Монте-Карло (МНК) є трудомістким для низької ймовірності пошкодження трубопроводу. Штучна нейронна мережа (ШНМ) є кращою для складних нелінійних ситуацій. У цій статті пропонується оптимізація методології моделювання штучних нейронних мереж для оцінки надійності корозійних газопроводів [□23].

Для зменшення впливу випадкової поведінки навчальних вибірок на результати розрахунків використовуються алгоритми оптимізації послідовності навчальних вибірок і початкових параметрів ШНМ-моделей. Оптимізовану модель застосовано для оцінки надійності корозійної труби з двома послідовними внутрішньотрубними інспекціями. За фізичними параметрами трубопроводу спрогнозовано тенденцію зміни надійності корозійного трубопроводу в часі.

Порівняння навченої ANN-моделі, методу MCS та неоптимізованої ANN-моделі показує переваги запропонованого процесу моделювання. Методологія, наведена в цій статті, є загальною і може бути застосована для оцінки надійності інших видів безпеки конструкцій у практичних системах [□23].

Порівняльне дослідження якісних та кількісних методів оцінки ризиків для міської мережі газопроводів наведене в роботі авторів Z.Y. Han, W.G. Weng [□24].

У цій роботі запропоновано якісний та кількісний методи оцінки ризиків для міської мережі газопроводів. Якісний метод складається з системи індексів, яка включає індекс причинності, індекс невід'ємного ризику, індекс наслідків та їх відповідні ваги. Кількісний метод складається з оцінки ймовірності, аналізу наслідків та оцінки ризику [□24].

Результати кількісної оцінки ризику (індивідуальний ризик) для великої міської мережі газопроводів наведені на рис. 13. Результати кількісної оцінки ризику (індивідуальний ризик) для малої міської мережі газопроводів наведені на рис. 14.

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Результатом якісного методу є якісне значення ризику, а результатом кількісного методу - індивідуальний ризик та соціальний ризик. У порівнянні з попередніми дослідженнями, якісний метод, запропонований у цій роботі, особливо підходить для міських газопровідних мереж, а кількісний метод враховує різні наслідки аварій, такі як дифузія токсичних газів, реактивне полум'я, горіння вогняної кулі та ультрафіолетове випромінювання (UVCE) [□24].

Для демонстрації цих двох методів використовуються два зразки міських газопровідних мереж. Зазначено, що обидва методи можуть бути застосовані на практиці, а вибір методу залежить від фактичних вихідних даних газопроводів і вимог до точності оцінки ризиків [□24].

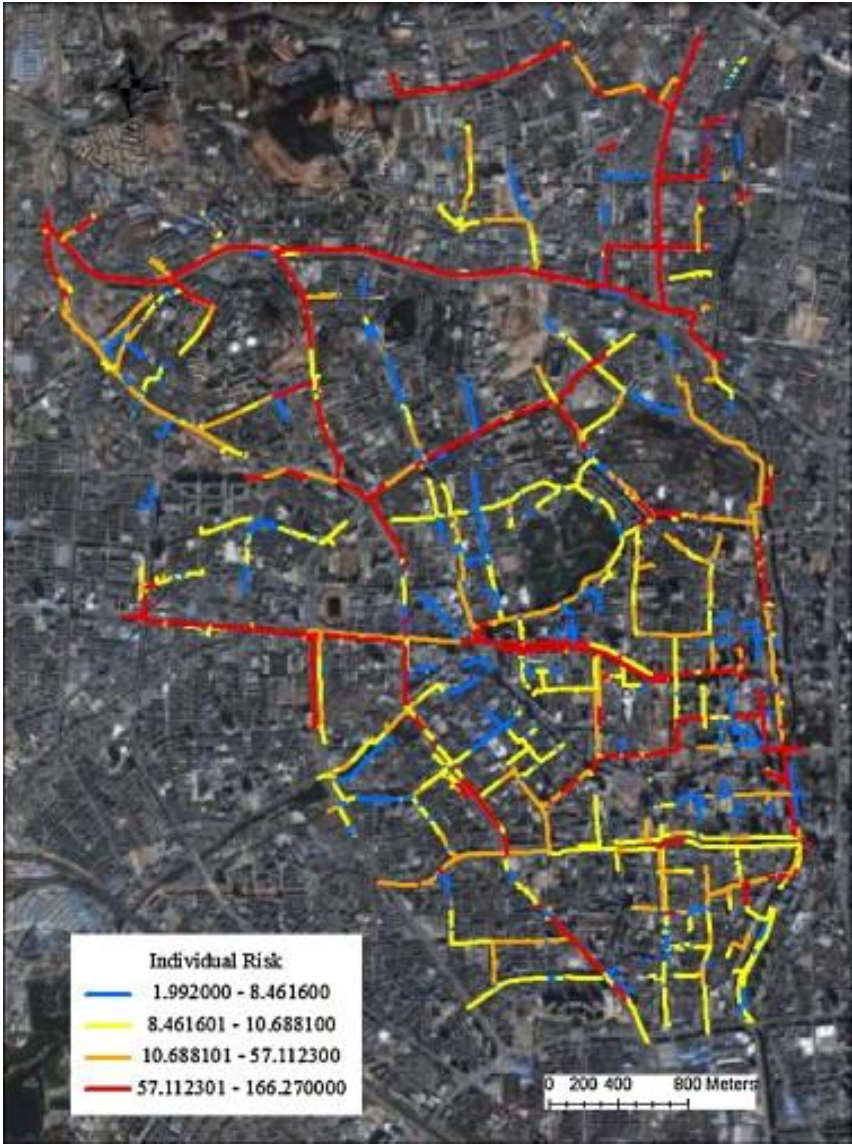


Рис. 13. Результати кількісної оцінки ризику (індивідуальний ризик) для

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

великої міської мережі газопроводів [□24].

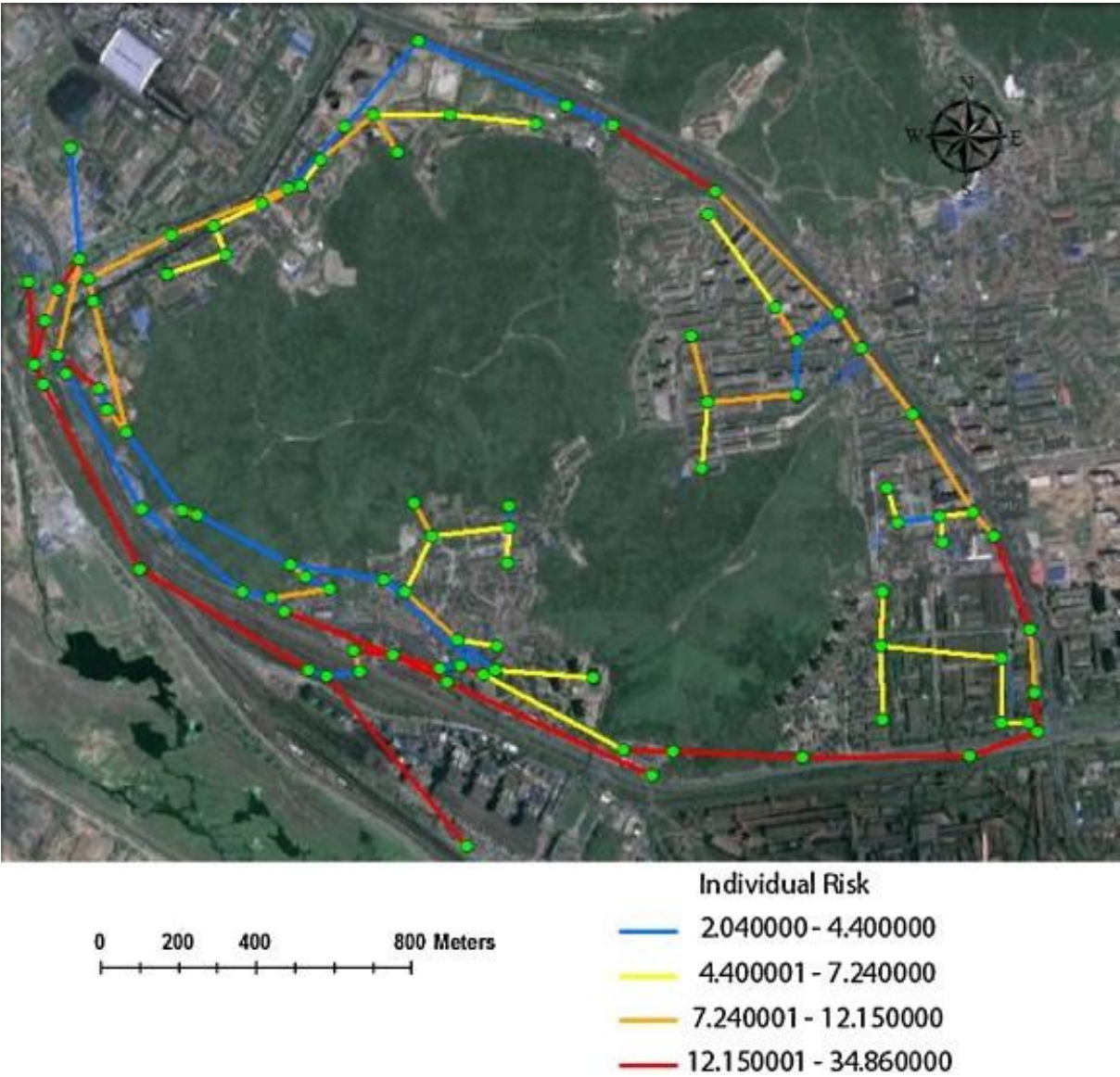


Рис. 14. Результати кількісної оцінки ризику (індивідуальний ризик) для малої міської мережі газопроводів [□24].

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

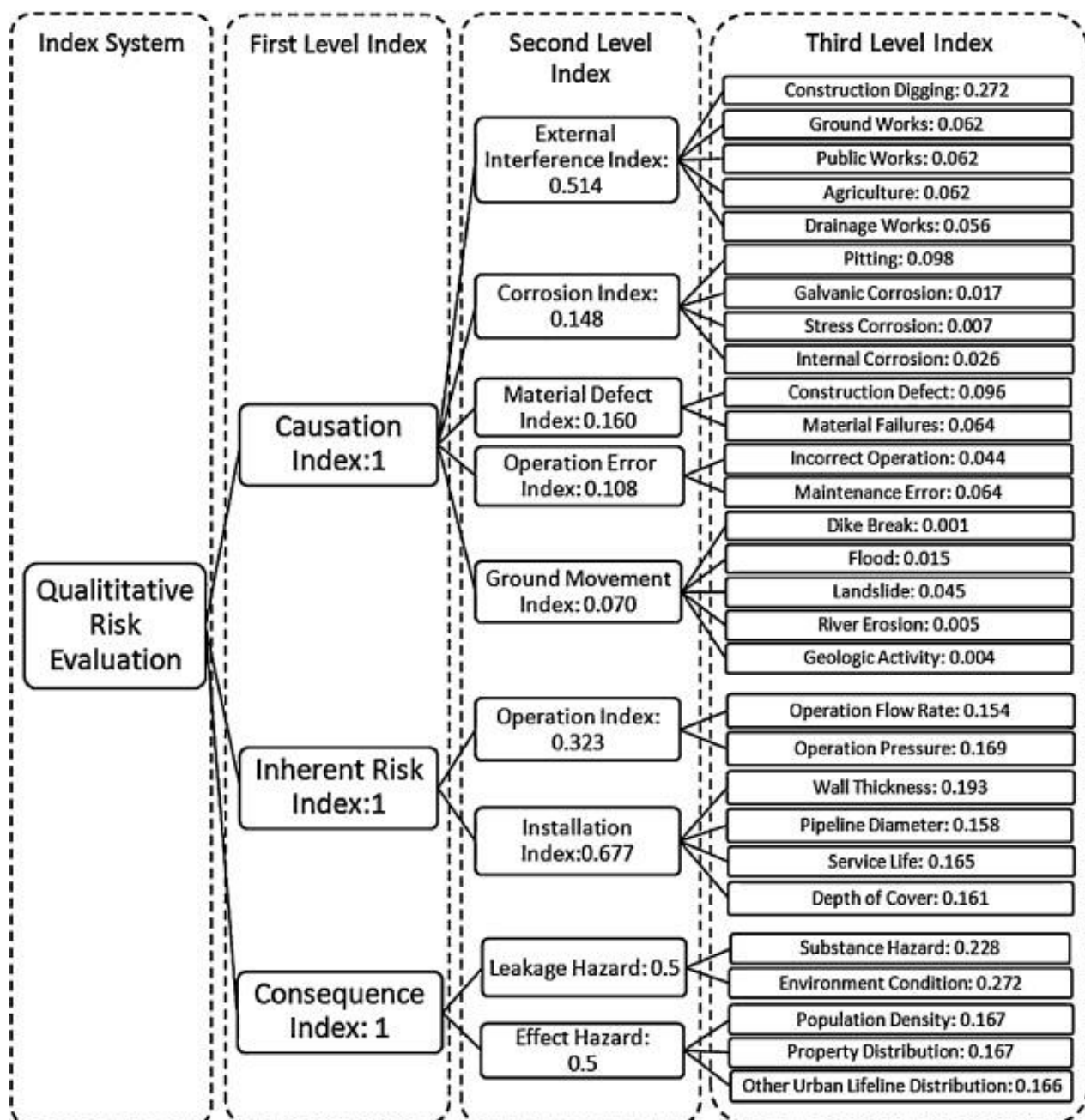


Рис. 15. Структура системи показників якісної оцінки ризиків [□24].

Методологія кількісної оцінки пропускної здатності газотранспортної системи з використанням теорії надійності розглянута в роботі Weichao Yu та ін. [□25].

У статті розроблено методологію кількісної оцінки пропускної здатності газотранспортної системи природного газу. Методологія базується на теорії надійності та гідравлічному аналізі нестационарної течії. Враховуючи перехідний процес і закон зміни швидкості потоку, для кількісної оцінки пропускної здатності газопроводу запропоновано два показники надійності - задоволеність

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

газопостачанням (S_a) і надійність газопостачання (S_u). Методологія спочатку дозволяє змодельовати процес переходу в інший стан і тривалість кожного робочого стану на основі методу Монте-Карло, а потім гідравлічний аналіз нестационарної течії після переходу системи в інші стани застосовується для аналізу закону зміни фактичної швидкості потоку за допомогою комерційного програмного забезпечення SPS (Stoner Pipeline Simulator) [□25].

Поєднання гідравлічного аналізу з моделюванням процесу переходу в інші стани дозволяє розрахувати два показники надійності. Представлено детальну процедуру оцінки пропускної здатності газотранспортної системи та підтверджено її доцільність на прикладі двох тематичних досліджень, що включають гіпотетичну та реальну газотранспортну систему. Крім того, досліджено вплив на пропускну спроможність лінійної частини, доступності компонентів та кількості резервних агрегатів [□25].

Оцінка ризиків на основі даних для міської трубопровідної мережі на основі кластерної моделі виконана авторами у роботі «Data-driven risk assessment on urban pipeline network based on a cluster model» [□26].

Існуюча інфраструктурна система збирає дані про атрибути міської трубопровідної мережі (ММТ) з різних джерел з датчиків, в той час як записи про аварії трапляються дуже рідко і за відносно короткий період часу. Модель керованого машинного навчання стикається з проблемами при оцінці ризиків для UPN через значний дисбаланс класів між основними нормальними зразками та незначними аномальними відмовами. Попередні роботи застосовували кластеризацію як інструмент попередньої обробки, класифікуючи зразки за кластерами для спрощення подальшої ручної оцінки рівня ризику або прогнозування відмов [□26].

На відміну від них, ця робота пропонує метод, заснований на кластеризації та статистичному тесті для оцінки стану ризику за допомогою невеликого обсягу історичних записів відмов. Ця система дозволяє проводити оцінку ризиків на основі даних без нагляду, уникаючи дорогого ручного маркування ризикових

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

станів трубопроводу та оцінки ймовірностей елементарних подій за допомогою імовірісного байєсівського підходу [□26].

Насамкінець було проведено тематичне дослідження мережі міських газопроводів, що складається з понад 13 000 трубопроводів (понад 1700 км). Результати показують, що кластер трубопроводів з найвищим ризиком має в сім разів вищий рівень аварійності, ніж кластер з найнижчим ризиком. Ми сподіваємось, що цей метод допоможе у прийнятті рішень щодо планових перевірок та відновлювальних робіт для трубопровідних мереж [□26].

Цікава стаття про модель аварії на міському трубопроводі на основі системної інженерії та теорії ігор [□27].

Аварії на міських трубопроводах спричинені складними соціально-технічними факторами, до яких залучені міські громади та трубопровідні системи. Таким чином, такі аварії можна досліджувати з точки зору системної інженерії. Системно-теоретична модель аварій і процесів (STAMP) - це системний метод оцінки безпеки, який був прийнятий у багатьох галузях. Цей підхід може забезпечити глибоке розуміння причин аварій, враховуючи прямі та непрямі фактори. При цьому спостерігається конкуренція і співпраця між зацікавленими сторонами в аваріях [□27].

Тому ці сторони також можуть бути проаналізовані за допомогою теорії ігор. Тобто зацікавлені сторони в STAMP можна розглядати як гравців у грі. Метою цієї статті є новий погляд на аналіз аварій на міських трубопроводах з точки зору як STAMP, так і теорії ігор. У цій роботі ми запропонували модель аварії для міських трубопроводів на прикладі аварії на трубопроводі Китай-Циндао, що сталася у 2013 році [□27].

Автори дійшли висновку, що причини аварії можна глибоко дослідити і винести уроки з аналізу причинних факторів за допомогою STAMP. На основі результатів, отриманих за допомогою STAMP, автори застосували теорію ігор для аналізу ролей, які відіграють уряд і компанії в аварії на міському трубопроводі Китай-Циндао. Результати показують, що існуючі системи покарання та

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

заохочення є недосконалими, їм бракує рушійної та стримуючої сили для зацікавлених сторін, причетних до аварії [□27].

Байєсівська мережева модель для аналізу відмов підземних газопроводів, спричинених корозією та зовнішніми втручаннями проаналізована в роботі Y. Zhang та ін. [□28]. Ненавмисний вихід з ладу міського підземного газопроводу може призвести до критичних наслідків для економіки, суспільства та довкілля. Корозія та зовнішнє втручання є основними причинами аварій на газопроводах. Через складність та непередбачуваність зовнішнього впливу на підземний газопровід, в цій роботі представлено підхід до аналізу частоти відмов трубопроводу та розміру витоків, спричинених корозією та зовнішнім втручанням, на основі характеристик трубопроводу.

Для побудови моделі знань використано метод байєсівських мереж. Для побудови взаємозв'язків між змінними в моделі та перевірки застосовності моделі зібрано статистичні дані про характеристики трубопроводу та дані про відмови. Результати показують, що запропонована модель може оцінити частоту відмов підземних газопроводів і розмір витоків, спричинених корозією та зовнішнім втручанням [□28].

Вона також здатна виділити критичні параметри для відмови трубопроводу. Практичне застосування моделі продемонстровано на прикладі підземного газопроводу в місті Н, Китай. Результати показують, що запропонована авторами модель може чітко оцінити невизначеності, а потім запропонувати практичні заходи для проектування параметрів підземного газопроводу, плану прокладання та експлуатаційного обслуговування [□28].

Оцінка залишкового ресурсу газопроводів, що зазнають впливу блукаючих струмів, з використанням інтегрованого електроелектрохімічного методу виконана в роботі [□29].

Зовнішня корозія газопроводів є важливою причиною виходу з ладу, особливо в міських районах, де електрохімічна корозія, спричинена блукаючими струмами, є поширеним явищем, що призводить до серйозних ризиків для безпеки внаслідок

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

аварійних ситуацій.

Запропоновано інтегровану модель оцінки залишкового ресурсу корозійних газопроводів для оцінки ризику руйнування трубопроводу під дією блукаючих струмів. У цій роботі розглянуто імпеданс, спричинений електрохімічними реакціями, а також враховано невизначеності параметрів моделі за допомогою імітаційного методу Монте-Карло [□29].

Вплив потенціостатичного катодного захисту на залишковий ресурс також обговорюється при різних значеннях катодного струму. Незважаючи на динамічний блукаючий струм, який поглинається трубопроводом, результати також показали, що залишковий термін служби корозійного газопроводу залишається відносно стабільним при фіксованому наборі корозійних параметрів навколишнього середовища [□29].

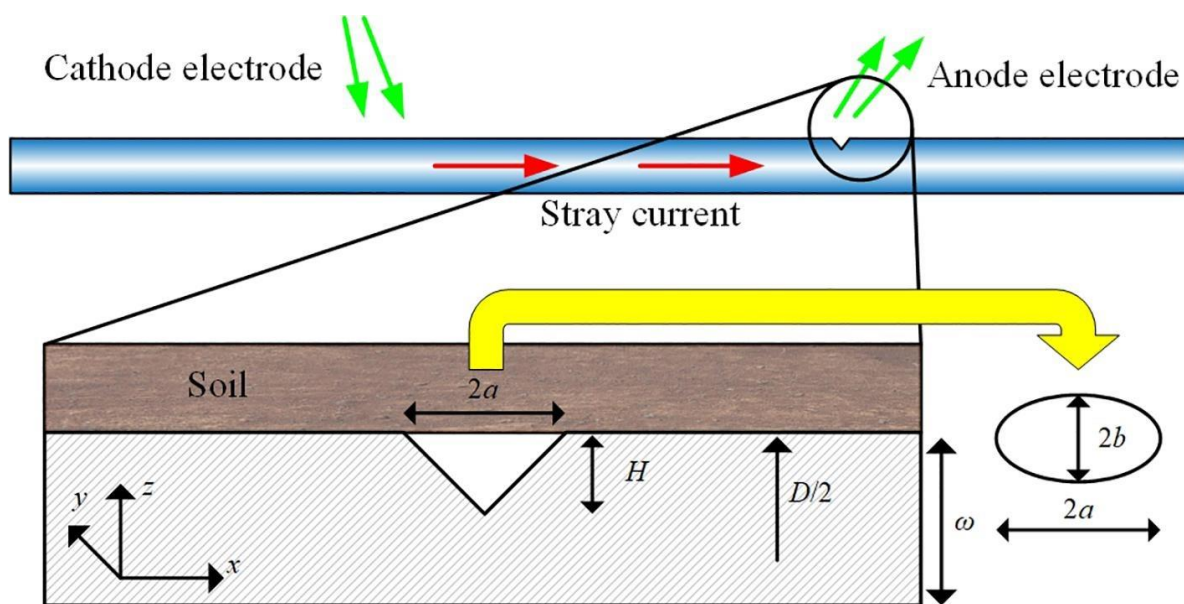


Рис. 16. Схема трубопроводу під тиском із зовнішньою корозією через блукаючий струм [□29].

Аналіз вразливості мережі газопроводів на основі мережевого потоку продемонстрований у роботі [□30].

Авторами запропоновано аналіз вразливості пропускної здатності мережі

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

газопроводів на основі потоку в мережі. Цей аналіз зосереджений на притаманних властивостях, а не на середовищі та ймовірностях, які зазвичай розглядаються в традиційних оцінках ризиків. Топологія трубопровідної мережі була встановлена у вигляді графа, а алгоритм максимального потоку був застосований для визначення ключових трубопроводів, які впливають на пропускну спроможність газотранспортної мережі [□30].

З точки зору ефективності мережі та продуктивності на основі потоку було визначено три індикатори вразливості пропускну здатності мережі. Ці індикатори можуть краще ідентифікувати критичні трубопроводи, особливо ті, що мають низьку ймовірність виходу з ладу, але потенційно вразливі для транспортування газу. Автори дослідили розвиток трубопровідної мережі та ринку природного газу на різних етапах для планування оптимального маршруту трубопровідної мережі та визначення пропускну спроможності з метою підвищення надійності та економічності всієї трубопровідної мережі [□30].

Завдяки машинному навчанню та вдосконаленим датчикам відкриваються нові технологічні можливості для інтелектуальних трубопровідних систем. На сьогоднішній день інтелектуальна трансформація трубопроводу все ще перебуває на початковій стадії. Щоб прискорити цей процес, в цій статті розглядаються дослідження інтелектуальних трубопровідних систем з точки зору повного життєвого циклу трубопроводу [□31]. Структура ключових технологій для побудови інтелектуального трубопроводу наведена на рис. 17.

Життєвий цикл поділяється на шість етапів, включаючи розвідку, техніко-економічне обґрунтування, проектування, будівництво, експлуатацію та утилізацію. На кожному етапі систематично розглядаються відповідні теоретичні дослідження та ключові технології. Зазначається, що повне цифрове будівництво та експлуатація є неминучою тенденцією. Інтернет речей, великі дані та багатоцільова оптимізація є критично важливими технологіями. Нарешті, запропоновано деякі майбутні напрямки, які сприятимуть розвитку розвідки [□31].

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

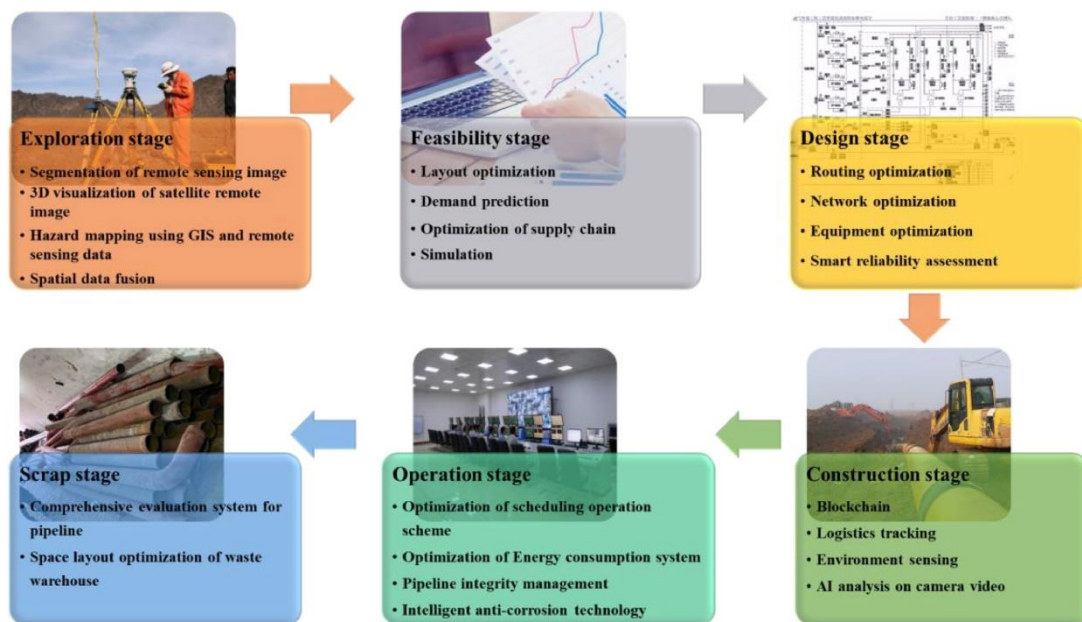


Рис. 17. Структура ключових технологій для побудови інтелектуального трубопроводу [31].

Гібридна багатокритеріальна модель прийняття рішень для вибору портфеля ризик-орієнтованих заходів з технічного обслуговування газопроводів розроблена Francisco Filipe Cunha Lima Viana та ін. [32].

Однак вибір заходів з технічного обслуговування стикається з іншими організаційними обмеженнями, які заважають компаніям більш ефективно управляти трубопроводами. У цій статті пропонується модель прийняття рішень для вибору портфеля ризик-орієнтованих заходів з технічного обслуговування газопроводів з урахуванням екологічних, фінансових та людських міркувань [32].

Модель використовує багатокритеріальний с-оптимальний метод PROMETHEE для вибору заходів з технічного обслуговування, які найкраще відповідають цілям організації. Крім того, модель також використовує критерії для класифікації ризиків для ділянок трубопроводу на основі багатовимірної перспективи. Для перевірки запропонованої моделі було застосовано чисельне моделювання на прикладі газопроводу, розділеного на вісім ділянок.

Для цього трубопроводу 40 заходів з технічного обслуговування оцінюються

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

відповідно до ризику, складності та часу, необхідного для обслуговування. Порівнюються відповідні портфелі та проводиться детальний аналіз чутливості. Результати показують, що за допомогою с-оптимального PROMETHE отримано три оптимальні портфелі [□32].

З цих портфелів було обрано 29 заходів з найкращими показниками за критеріями і за умови, що відділи технічного обслуговування мають ефективний розподіл бюджетних коштів. Таким чином, запропонований підхід забезпечує кращу підтримку рекомендацій, що надаються особі, яка приймає рішення [□32].

Цікавий метод заснований на байєсівській мережі Noisy-OR gate, для вирішення проблем, пов'язаних з недостатньою кількістю вибірових даних запропонований авторами Xin Feng, Jun-cheng Jiang, Wen-feng Wang [□34]. Спочатку було створено модель дерева несправностей газопроводів. Зіставлення цієї моделі з байєсівською мережею (БМ) показало, що ймовірність відмови становила 0,074 згідно з традиційною БМ та аналізом дерева несправностей (АДН). Застосувавши вентиль Noisy-OR для визначення умовної ймовірності пов'язаних вузлів, ймовірність відмови системи склала 0,058 [□34].

Порівняно з FTA та BN, цей підхід дозволив точніше визначити мінімальні набори розрізів та діагностувати фактори ризику. Поєднання BN і вентилів Noisy-OR є альтернативним методом оцінки надійності газопроводів, і цей підхід може забезпечити відносно реалістичний аналіз в інших сферах оцінки, оскільки він враховує інші фактори впливу. Результати цього дослідження можуть допомогти у прийнятті рішень і запобігти виникненню аварій [□34].

Методика розрахунку частоти відмов газопроводу наведена в роботі [□35].

Визначення інтенсивності відмов газопроводів є важливим для кількісної оцінки ризиків та управління цілісністю газопроводів. З цією метою теорія надійності встановлює функціональний зв'язок між інтенсивністю відмов та ймовірністю відмови, враховуючи, що в літературі ці два терміни часто плутають. Потім існуючі методології оцінки інтенсивності відмов поділяються на три категорії, а саме: методи, що базуються на історичній статистиці даних про

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

відмови, методи, що базуються на експертних знаннях і досвіді, і методи, що базуються на структурному аналізі надійності [□35].

Нарешті, порівнюються характеристики і застосовність цих трьох методів. Ми вважаємо, що при визначенні вибору методу в практичній інженерії необхідно враховувати три основні аспекти: (1) рівень експлуатації та управління постачальників газу, (2) особливості або переваги технологій виявлення пошкоджень трубопроводів і (3) цілісність баз даних про відмови трубопроводів. Враховуючи, що зовнішнє втручання як причина відмови належить до типу екстремального навантаження, для визначення частоти відмов доцільно застосовувати методи, що базуються на історичній статистиці відмов [□35].

І навпаки, коли історичних даних відносно мало або технологія виявлення пошкоджень на трубопроводі є досконалою, доцільно використовувати методи, засновані на аналізі надійності конструкції, для отримання інтенсивності відмов. У цьому дослідженні розроблено розрахункову модель і процедури для методу, що базується на статистиці історичних даних про аварії. Крім того, за допомогою методів, заснованих на аналізі структурної надійності, отримано так звану ванноподібну криву інтенсивності відмов трубопроводу [□35].

Розрахунок ймовірності аварії газопроводу на основі еволюційного дерева та множення моментів наведені у роботі [□36]. З метою вирішення проблеми, пов'язаної з тим, що різні події в період від руйнування трубопроводу до аварії часто ігноруються при визначенні ймовірності аварії, пропонується модель розрахунку ймовірності аварії на газопроводі на основі еволюційного дерева та множення моментів. По-перше, згідно з еволюційним деревом, проміжні ланки аварії та різні шляхи еволюції використовуються як основа для аналізу. Потім, з одного боку, форми несправностей поділяються, аналізується вплив різних причин на форму несправності, і основна ймовірність несправності коригується за допомогою коефіцієнта впливу; з іншого боку, визначаються найчастіші типи аварій відповідно до історичних даних [□36]. Дерево еволюції аварій на газопроводах наведено на рис. 18.

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Відповідно розраховується ймовірність кожного типу аварії, спричиненої різними формами несправності. Нарешті, операція множення моментів вводиться для спрощення процесу розрахунку, підвищення ефективності використання даних і досягнення більш точного розрахунку ймовірності аварії. Завдяки застосуванню побудованої моделі до реального випадку міського газопроводу доведено ефективність моделі, а розрахунок ймовірності аварії газопроводу є більш точним [36].

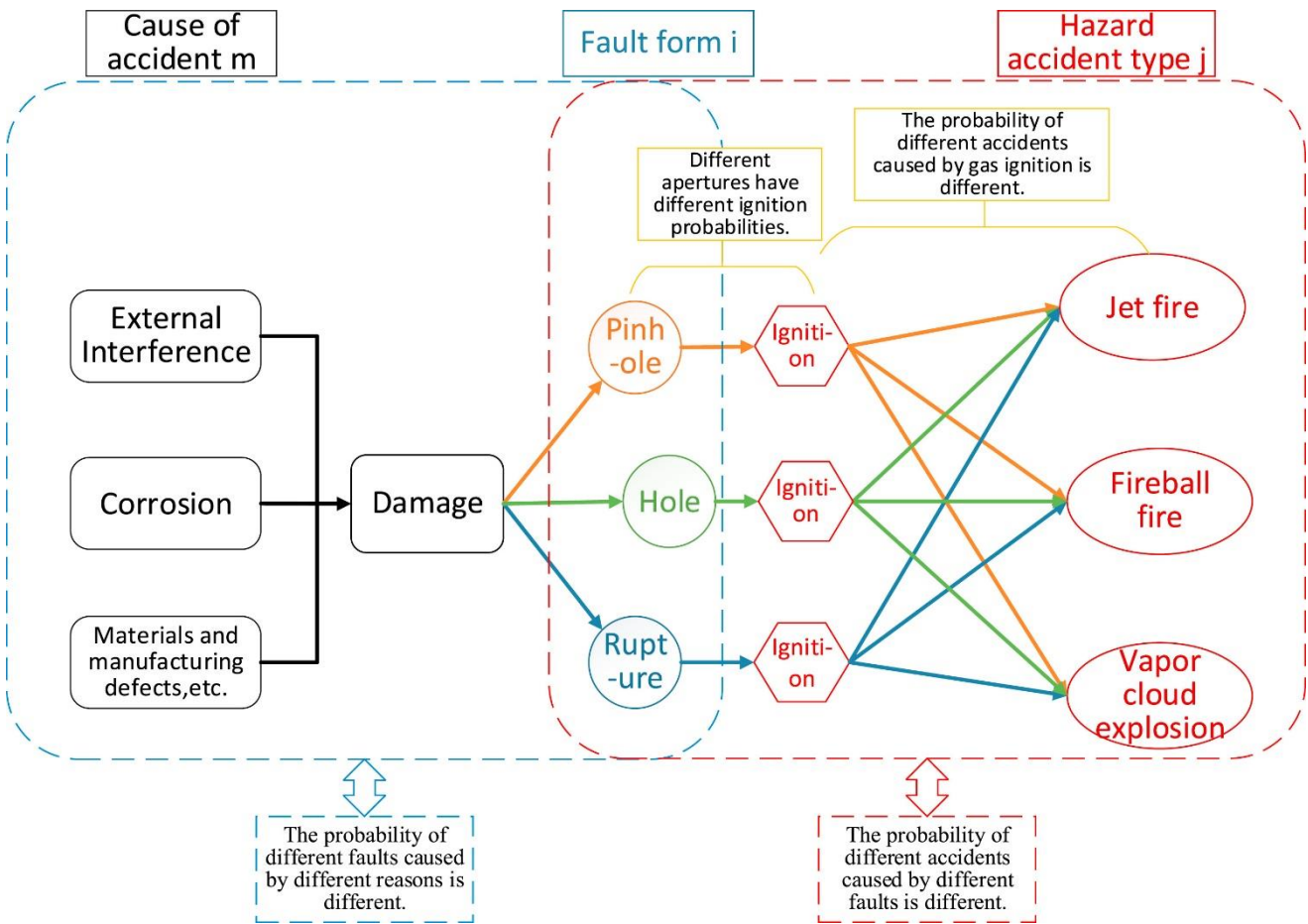


Рис. 18. Дерево еволюції аварій на газопроводах [36].

Прогнозування відмов підземних трубопроводів за допомогою мережевого геопросторово-часового рішення дослідили в роботі [37]. Корозія є серйозною загрозою для цілісності заглиблених металевих труб через взаємодію матеріалів

труб з навколишніми ґрунтами. Огляд опублікованої літератури показує, що перед інженерами стоять серйозні виклики щодо точного прогнозування відмов у системі підземних трубопроводів. У цій статті розроблено мережеве геопросторово-часове рішення для прогнозування ризику відмов труб, враховуючи просторову залежність і часову мінливість корозійного росту. Розроблено алгоритм, що інтегрує теорії надійності, корозійної науки, випадкового поля, стохастичного процесу та копули в рамках моделювання методом Монте-Карло [□37].

Застосування розробленого алгоритму продемонстровано на прикладі реальної складної мережі газопроводів. Також досліджено вплив дискретних інтервалів, часової мінливості та зони впливу корозії на ймовірність руйнування труби. Виявлено, що ймовірність руйнування сегментів труб змінюється в просторі, а місце розташування сегмента труби з найбільшою ймовірністю руйнування змінюється з часом.

Також виявлено, що найбільша ймовірність відмови трубопровідної мережі менш чутлива до дискретних інтервалів, хоча тонка дискретизація випадкового поля підвищить точність моделювання. Можна зробити висновок, що запропонований метод може прогнозувати і візуалізувати місце, час і величину ризику складної трубопровідної мережі з достатньою точністю [□37].

Трубопроводи є найбільш важливими засобами транспортування енергії в сучасних енергоємних економіках. Цілісність трубопроводів певною мірою пов'язана з безперервним розвитком і надійністю сучасних суспільств, де серйозні аварії можуть призвести до жахливих екологічних, соціальних та економічних наслідків. Тому безпека і цілісність трубопроводів мають вирішальне значення для сталого майбутнього і відповідального розвитку. Управління цілісністю трубопроводів є темою, що цікавить регуляторні органи, практиків та науковців [□38].

За останні чотири десятиліття управління цілісністю еволюціонувало від обов'язкового візуального огляду та оцінки до управління цілісністю на основі оцінки ризиків з використанням даних у режимі реального часу. Ця стаття має на

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

меті простежити еволюцію методів управління доброчесністю, заснованих на оцінці ризиків, з акцентом на останні два десятиліття [□38].

У цій статті коротко визначено термін "доброчесність", показано, як він розвивався, а потім подано структурований огляд та аналіз літератури, що є у відкритому доступі. Основна увага приділяється методам, заснованим на оцінці ризиків, які застосовуються до різних елементів управління доброчесністю і використовуються на різних етапах життєвого циклу трубопроводу. Наприкінці статті дається оцінка прогресу досліджень, прогалин у знаннях та їхнього впливу на впровадження Індустрії 4.0 [□38].

Huai Su та ін. розроблено системну основу для оцінки вразливості газопровідних мереж. Для вимірювання впливу аварій на послуги з газопостачання розроблено модель наслідків на основі алгоритму потоку, вбудованого в схему оптимізації, з урахуванням фізичних обмежень. Аналіз вразливості виконується з трьох точок зору: аналіз глобальної вразливості, стійкості попиту та аналіз критичних трубопроводів. Аналіз глобальної вразливості проводиться з урахуванням небезпек і загроз у джерелах газу, попиту та газотранспортній системі. Аналіз стійкості попиту оцінює здатність об'єктів попиту витримувати навантаження, що накладаються на систему трубопровідної мережі, і додатково пояснює відмінності в потужностях з точки зору теорії графів [□39]. Блок-схема моделі аналізу потенціалу/наслідків наведена на рис.19.

В аналізі критичності трубопроводів оцінюється критичність трубопроводів з урахуванням прямих атак і з використанням методу, що базується на фізичному потоці. Аналіз виконується на відносно складній мережі газопроводів, взятій з літературних джерел [□39].

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

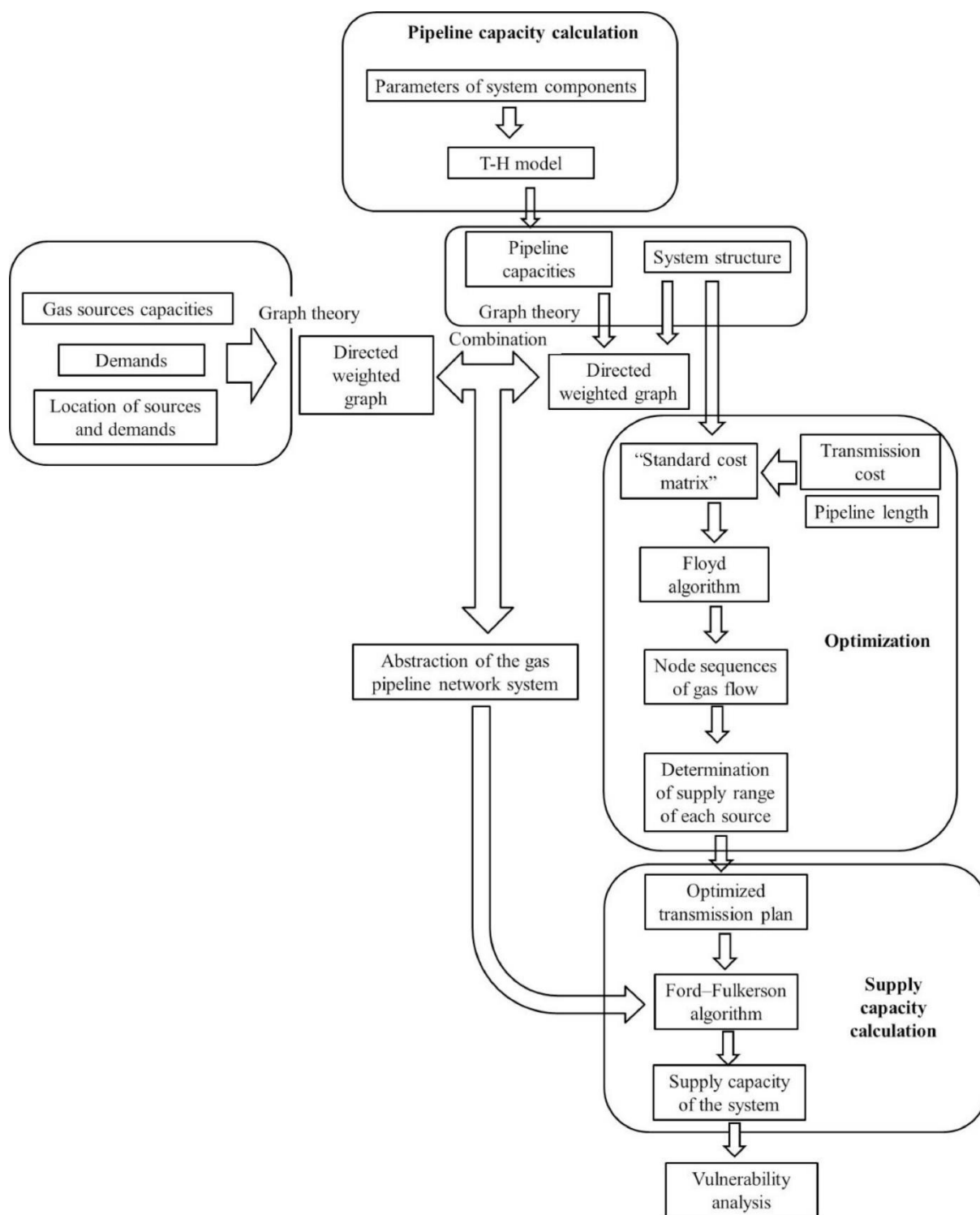


Рис. 19. Блок-схема моделі аналізу потенціалу/наслідків [39].

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

1.3 Методика розрахунку надійності газових мереж

Розрахунок надійності газових мереж виконуємо в наступній послідовності:

1. Виконуємо трасування та гідравлічний розрахунок системи газопостачання, відповідно до вибраного варіанту проектування.
2. Приймаємо параметр потоку відмов, відповідно до рекомендацій [40]:
 - для газопроводів $\omega_r = 2 \cdot 10^{-3} \text{ 1/(км} \cdot \text{год)}$;
 - для чавунних засувки $\omega_{зч} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ 1/год}$;
 - для сталевих засувки $\omega_{зс} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ 1/год}$;
 - для кранів $\omega_k = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ 1/год}$.
3. Нумеруються елементи, що можуть відмовити при аварійній ситуації: ділянки газопроводів та засувки.
4. Визначається витрата газу, що не подається споживачам при аварії на i -й ділянці газопроводу, або j -й засувці (ΔQ , м³/год).
5. Визначається співвідношення витрати газу, що не подається споживачам при аварії на i -й ділянці газопроводу, або j -й засувці до загальної витрати газу мікрорайоном ($\Delta Q/Q_0$).
6. Визначаємо показник надійності системи:
$$R_{сист}(t) = 1 - \left(1 - e^{-\sum \omega \cdot t}\right) \cdot \left(\sum_{\partial it} \frac{\Delta Q_i \cdot \omega_i}{Q_0 \cdot \sum \omega_{zi}} + \sum_{зас} \frac{\Delta Q_j \cdot \omega_j}{Q_0 \cdot \sum \omega_{zj}}\right), \quad (1.4)$$
де t - розрахунковий період надійності системи.
7. Порівнюються отримані значення показника надійності різних варіантів систем газопостачання і робиться висновок.

1.4. Проектні рішення за показниками надійності для с. Деражне

Основне завдання розрахунку надійності тупикової розгалуженої мережі - визначити надійність прийнятої схеми і на основі отриманого значення показника надійності прийняти рішення про необхідність резервування мережі. Відмова

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

будь-якого елемента тупикової мережі призводить до відмови системи, але з різною "ціною" відмови. При однаковому розташуванні вузлових споживачів різні схеми підключення їх до трубопроводів будуть відрізнятися за надійністю. Крім того, різне розташування відключаючих пристроїв характеризується різною надійністю.

Вибір того чи іншого проектного рішення інженерної системи залежить від переслідуваних цілей. У більшості випадків при виборі того чи іншого варіанту системи завжди присутній економічний фактор. Прагнення досягти економічної вигоди за рахунок зниження надійності елементів системи або її структури може звести нанівець тимчасову економію через відмову деяких пристроїв або обладнання. Наприклад, аварія в системі газопостачання може призвести до виходу з ладу багатьох абонентів на тривалий період часу.

В даній магістерській роботі пропонується вибрати оптимальні параметри системи газопостачання з точки зору надійності для с. Деражне шляхом порівняння двох варіантів: перший - розгалужена тупикова мережа низького тиску, другий - з введенням додаткових перемичок для закілювання певних ділянок мережі. На основі визначеного показника надійності та техніко-економічних розрахунків зробити вибір тієї чи іншої системи.

Сучасні системи газопостачання - це складний комплекс споруд, що складається з таких основних елементів: газові мережі низького, середнього та високого тиску, газорозподільні станції (ГРС), газорегуляторні пункти (ГРП) та установки підготовки газу (УКПГ). На цих станціях і об'єктах тиск газу знижується до необхідного значення і автоматично підтримується на постійному рівні. Вони обладнані автоматичними запобіжними пристроями, які не допускають підвищення тиску газу в мережах вище норми, системами зв'язку і телемеханізації.

Проекти газопостачання регіонів і населених пунктів розробляються на основі схем і проектів районного планування, генеральних планів міст з урахуванням їх розвитку на найближчі 20-25 років. Система газопостачання

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

повинна забезпечувати безперебійне газопостачання споживачів, бути безпечною в експлуатації, простою і зручною в обслуговуванні, передбачати будівництво і введення в експлуатацію системи газопостачання частинами, а також можливість відключення її окремих елементів або ділянок газопроводів для проведення ремонтних і аварійних робіт.

Основним елементом систем газопостачання є газопроводи, які класифікуються за тиском газу та призначенням.

Системи газопостачання міст і селищ можуть визначатися [43]:

- принципи побудови газорозподільних мереж, які можуть бути кільцевими, тупиковими, розгалуженими або комбінованими;
- характер живлення міської розподільчої мережі, яке здійснюється від газопроводів, розташованих у вигляді балок, півкілець або кілець, що оточують місто з різною кількістю ГРС;
- тип обладнання та споруд, що використовуються в мережі, систем зв'язку та телемеханізації.

На вибір системи газопостачання міста впливає низка факторів, основними з яких є природа джерела газу, властивості газу, ступінь його очищення, наявність в ньому вологи;

- розмір населеного пункту, особливості його планування та забудови, компактність проживання населення
- напрямок використання газу та ступінь охоплення газопостачанням різних категорій споживачів;
- кількість і характер промислових споживачів та електростанцій;
- наявність великих і штучних перешкод для прокладання газопроводів (річки, озера, залізничні вузли тощо);
- перспективний план розвитку міста.

Під час проектування системи газопостачання розробляють низку варіантів і виконують їх техніко-економічне порівняння.

При виборі оптимальної системи газопостачання необхідно враховувати

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

особливості газифікації сільської місцевості

- відносно невеликі площі населених пунктів
- невеликі витрати газу на підприємствах
- відсутність великих споживачів у житловій зоні
- низьке навантаження на газові мережі

Завдяки всім цим факторам немає необхідності транспортувати великі обсяги газу місцевими газопроводами.

Житлові та громадські будівлі, побутові споживачі та малі підприємства підключаються безпосередньо до розподільчих мереж. Тому на вводах газопроводу в будівлі встановлюються лише перемикаючі пристрої.

Залежно від характеру житлової забудови та щільності населення, мережі низького тиску складаються з газопроводів, прокладених уздовж під'їзних шляхів і вулиць у вигляді безперервних кільцевих мереж, або з газопроводів, прокладених переважно в межах житлових районів, і лише магістральні труби проходять петлями. Перша схема характерна для районів зі старим плануванням, де квартали забудовані суцільною забудовою і складаються з окремих, закритих ділянок. У цьому випадку газові труби прокладаються вздовж кожної вулиці, провулка та проїзду: Вони перетинають одна одну і утворюють кільця. Від вуличних газових труб йдуть підводи до окремих об'єктів нерухомості.

Для того, щоб мати можливість відключити мережі низького тиску окремих вулиць під час ремонтних робіт, на газових трубах встановлюють запірну арматуру. У випадку газопроводів середнього та високого тиску вони встановлюються таким чином, щоб можна було відключити лише окремі ділянки.

Запірна арматура встановлюється на відгалуженнях розподільчих газопроводів, на вводах в будівлі, до і після ГРП і газопроводів, а також на переходах через залізничні колії і автомагістралі.

Кількість запірних пристроїв на магістральних газопроводах повинна бути суворо обґрунтована і обмежена мінімумом, необхідним для забезпечення оперативного управління розподільчою мережею під час ремонтів, реконструкцій

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

і, за необхідності, аварійного відключення окремих газопроводів. Кожен перемикаючий пристрій має певну ймовірність виходу з ладу, що знижує надійність системи, але його наявність дозволяє відключити менше споживачів в аварійних ситуаціях.

Оптимізація і раціоналізація проектних рішень

Оптимальний варіант - це той, який за всіх інших умов дає найвищий рівень вихідного ефекту - продуктивності системи або часу простою - або найнижчі з усіх можливих витрат при збереженні відповідної продуктивності. Пошук оптимального варіанту з досить великої множини можливих варіантів є досить складним завданням, якщо не використовувати методи математичної оптимізації. Задачі оптимізації санітарно-технічних систем називаються задачами нелінійного математичного програмування. Для їх вирішення використовуються спеціальні методи, які застосовуються тільки для тих завдань, де потрібен пошук оптимального рішення. У системах газопостачання, параметри яких визначаються на основі статистичних даних, рівняння зв'язку базуються на емпіричному матеріалі, а умови їх функціонування (параметри навколишнього середовища, режими газоспоживання) є стохастичними, тому немає необхідності розробляти узагальнені моделі та розв'язувати цільові функції, оскільки результат такого розв'язку також можна вважати випадковим.

1.5. Проектування системи газопостачання с. Деражне.

1.5.1 Розрахунок споживання газу

Споживачами газу в населеному пункті є:

Населення, комунальні та громадські заклади, на опалення та вентиляцію .

Річні витрати газу населенням для приготування їжі та гарячої води визначають по формулі [44]:

$$V_p = \sum N_i \cdot Y_i \frac{q_i}{q_n}, \text{ м}^3/\text{рік} \quad (1.5)$$

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

де N – кількість населення в населеному пункті, яке користується природним газом, 942 чол.

$Y_i = 1,0$ - ступінь охоплення газопостачанням житлових будинків у населеному пункті, знаходиться як відношення кількості людей, що газифікуються до загальної кількості населення в населеному пункті.

q_i - норма витрати теплоти населенням, яка залежить від ступеню благоустрою; [13] $q_i = 8000$ – газова плита і газовий нагрівач;

Q_H - нижча теплота згоряння газу в МДж/м³.

$$V_p = 942 \cdot 1,0 \cdot \frac{8000}{34} = 221647 \text{ , м}^3/\text{рік}$$

Річні витрати газу на опалення житлових будівель визначаються за формулою [24]:

$$V_{O.B.} = [24(1 + K) \cdot \frac{t_B - t_{C.O.}}{t_R - t_{P.O.}} + z_B \cdot K \cdot K_1 \frac{t_B - t_{C.O.}}{t_R - t_{P.R.}}] \cdot \frac{3,6 \cdot q_{O.B.} \cdot F_{ж} \cdot n_o}{\eta_o \cdot Q_H \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{рік} \quad (1.6)$$

де t_B – температура внутрішнього повітря будинку, [1];

$t_{p.o}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для централізованих систем опалення, °C, [1];

$t_{c.o}$ - середня температура опалювального періоду [1];

q_{on} = максимально годинні витрати тепла на опалення житлових будинків, кДж/(м²·год.) , [24] ;

n_o – тривалість періоду опалення [1];

$F_{ж}$ - житлова площа житлових будинків, м², знаходиться як добуток кількості населення, що газифікується на норму житлової площі на 1 людину.

Кількість житлової площі на людину складає 18 м²/люд [44]. Тоді загальна житлова площа будинків буде: $F_{ж} = 18 \cdot 942 = 16956 \text{ м}^2$,

η_o - ККД системи опалення, приймається = 0,8-0,85 [44];

Q_H - нижча теплота згоряння газу в кДж/м³.

$$V_{O.B.} = [24(1 + 0,25) \cdot \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)} + 16 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)}] \cdot \frac{3,6 \cdot 94 \cdot 16956 \cdot 187}{0,85 \cdot 34 \cdot 1000} = 584366 \text{ , м}^3/\text{рік}$$

Річні витрати газу на опалення та вентиляцію громадських будівель визначаються за формулою [44]:

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

$$V_{O.B.} = [24(1 + K) \cdot \frac{t_B - t_{C.O.}}{t_R - t_{P.O.}} + z_B \cdot K \cdot K_1 \frac{t_B - t_{C.O.}}{t_R - t_{P.R.}}] \cdot \frac{3,6 \cdot q_{O.B.} \cdot F_{Ж} \cdot n_O}{\eta_O \cdot Q_H \cdot 1000}, \text{м}^3/\text{рік} \quad (1.7)$$

K_1 – коефіцієнт, який враховує витрату тепла на вентиляцію громадських будівель [44];

Z - середня кількість годин роботи системи вентиляції громадських будівель на добу;

$t_{p.с}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування систем вентиляції $= t_{p.o}$, [1];

q_{on} = максимально годинні витрати тепла на опалення громадських будинків, кДж/(м²·год.) , [44],

$F_{Ж}$ - площа громадських будинків, м² :

- школа

$$V_{O.B.} = [24(1 + 0,25) \cdot \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)} + 16 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)}] \cdot \frac{3,6 \cdot 58 \cdot 350 \cdot 187}{0,85 \cdot 34 \cdot 1000} = 7443 \text{ м}^3/\text{рік}$$

- бібліотека

$$V_{O.B.} = [24(1 + 0,25) \cdot \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)} + 16 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)}] \cdot \frac{3,6 \cdot 75 \cdot 48 \cdot 187}{0,85 \cdot 34 \cdot 1000} = 1320 \text{ м}^3/\text{рік}$$

- медпункт

$$V_{O.B.} = [24(1 + 0,25) \cdot \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)} + 16 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)}] \cdot \frac{3,6 \cdot 75 \cdot 85 \cdot 187}{0,85 \cdot 34 \cdot 1000} = 2244 \text{ м}^3/\text{рік}$$

- церква

$$V_{O.B.} = [24(1 + 0,25) \cdot \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)} + 16 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)}] \cdot \frac{3,6 \cdot 75 \cdot 105 \cdot 187}{0,85 \cdot 34 \cdot 1000} = 2887 \text{ м}^3/\text{рік}$$

- клуб

$$V_{O.B.} = [24(1 + 0,25) \cdot \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)} + 16 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)}] \cdot \frac{3,6 \cdot 75 \cdot 105 \cdot 187}{0,85 \cdot 34 \cdot 1000} = 2887 \text{ м}^3/\text{рік}$$

- пошта

$$V_{O.B.} = [24(1 + 0,25) \cdot \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)} + 16 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \frac{20 - (-0,9)}{20 - (-23)}] \cdot \frac{3,6 \cdot 75 \cdot 60 \cdot 187}{0,85 \cdot 34 \cdot 1000} = 1650 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Річні витрати газу на потреби тварин визначаються за формулою [3]:

$$V_{os} = \frac{(q_1 + q_2) \cdot N}{Q_p^H}, \text{м}^3/\text{рік} \quad (1.8)$$

де q_1 - норма витрати теплоти на приготування корму для тварин, МДж/голову, [13]; q_2 - те ж, на підігрів води та санітарні потреби, МДж/голову, [13];

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

N- кількість домашніх тварин певного виду, голів.

За вихідними даними для проектування всього нараховано 669 голів свійських тварин, з них: 152 голів коней, 228 голів свиней, 289 голів корів.

Підставляємо дані у формулу:

- на потреби коней: $V_{ог} = \frac{(1700+420) \cdot 152}{34} = 9477, \text{ м}^3/\text{рік}$
- на потреби свиней: $V_{ог} = \frac{(4200+420) \cdot 228}{34} = 30981, \text{ м}^3/\text{рік}$
- на потреби корів: $V_{ог} = \frac{(8400+420) \cdot 289}{34} = 74970, \text{ м}^3/\text{рік}$

Таблиця 1.4

Річні витрати газу споживачами с. Деражне

№ п\п	Назва споживача	Річна витрата газу, м ³ /рік
1	Населенням на приготування їжі	221647
2	Опалення, вентиляція та гаряче водопостачання населенням	584366
3	Витрати газу на приготування кормів для тварин	115429
4	школа	7443
5	магазин	742
6	рада	2145
7	бібліотека	1320
8	пошта	1650
9	медпункт	2244
10	клуб	2887
11	церква	2887
Разом по населеному пункті		942760

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Розрахункові максимальні годинні витрати газу населення на господарсько-побутові потреби, комунально-побутовими підприємствами та лікарнями, а також промисловими підприємствами визначаються за формулами:

$$V_{\text{макс}}^{\text{год}} = V \cdot K_{\text{max}}^h, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (1.9)$$

V - річна витрата газу на відповідні потреби, $\text{м}^3/\text{рік}$; K_{max}^h - коефіцієнт годинного максимуму споживання газу, [45].

Максимально-годинні витрати газу на опалення і вентиляцію житлових і громадських будинків становлять :

$$V_{\text{о.в.}}^{\text{макс.год}} = \frac{(1+k+k_1 \times k) \times q_{\text{о.в.}} \times 3,6 \times F_{\text{ж}}}{Q_{\text{н}} \times \eta}, \quad \text{м}^3/\text{год} \quad (1.10)$$

де k - коефіцієнт, що враховує витрату тепла на опалення громадських будівель, [45] , який дорівнює 0,25; k_1 -коефіцієнт, що враховує витрату тепла на вентиляцію громадських будівель [45] , який дорівнює 0,4 ; $q_{\text{о.в.}}$ - максимальні годинні витрати тепла на опалення житлових будинків, $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ [44]; $F_{\text{ж}}$ - житлова площа будинків, м^2 ; η - коефіцієнт корисної дії систем опалення, який приймається для котелень рівним 0,8...0,85;

Таблиця 1.5

Максимально-годинні витрати газу на комунально-побутові потреби

Назва споживача	район	K_{max}^h	Годинна витрата газу, $\text{м}^3/\text{год}$
Населенням на приготування їжі	221647	1800	123,14
Опалення, вентиляція та гаряче водопостачання населенням	584366		210,95
Витрати газу на потреби тварин	115429	1800	64,13
школа І	7443		4,30
магазин	742		0,43
сільська рада	2145		1,24
бібліотека	1320		0,76
пошта	1650		0,95
медпункт	2244		1,30
клуб	2887		1,67
церква	2887		1,67
Разом по населеному пункті	939873		409

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

1.5.2 Визначення кількості ГРП

Кількість і розміщення ГРП залежить від площі, густини і кількості поверхів забудови, розрахункові витрати газу, перепаду тиску в мережі, вартості ГРП та ін.

Визначаємо оптимальний радіус дії ГРП:

$$R_{opt} = 6,5 \cdot \frac{B^{0,388} \cdot (0,1 \cdot P)^{0,081}}{\phi^{0,245} \cdot (e \cdot P)^{0,143}}, \text{ м} \quad (1.11)$$

В - вартість одного ГРП. Приймаємо 50000 гривень; ΔP - розрахунковий перепад тиску в мережі, який приймають рівним 1200 Па; ϕ - коефіцієнт густоти мережі низького тиску;

$$\phi = 0.0075 + 0.003 \frac{P}{100}, \quad (1.12)$$

P- густота населення, люд/га;

e - питома годинна витрата газу на одну людину, м³/(люд* год).

$$e = V_{нас}/N, \text{ м}^3/(\text{люд} \cdot \text{год}) \quad (1.13)$$

$V_{нас}$ - максимально годинні витрати газу;

N - кількість населення.

Тоді $R_{opt} = 968 \text{ м}$.

Оптимальне навантаження на ГРП визначається за формулою:

$$V_{opt} = \frac{P \cdot e \cdot R_{opt}^2}{5000}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (1.14)$$

$$V_{opt}^I = \frac{5 \cdot 0,43 \cdot 968^2}{5000} = 406 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Тоді потрібна кількість ГРП в районах,

$$N_{grp} = \frac{V_{нас}^{max}}{V_{opt}}, \text{ шт} \quad (1.15)$$

$$N_{grp} = \frac{409}{406} \approx 1,01 \text{ шт. Приймаємо 1 шт.}$$

Фактичне навантаження на ГРП:

$$V_{grp}^{\phi} = \frac{V_{нас}^{газ}}{N \cdot \phi} \text{ м}^3/\text{Год} \quad (1.16)$$

$$V_{grp}^I = 409 \text{ м}^3/\text{Год}.$$

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

1.5.3. Гідравлічний розрахунок газорозподільних мереж (варіант 1, 2)

Метою гідравлічного розрахунку є визначення діаметру ділянок мережі при умові найбільш повного використання розрахункового перепаду тиску з врахуванням транспортування необхідної витрати газу. Різниця тиску в точках зустрічі потоків не повинна перевищувати 10%.

Газорозподільну мережу низького тиску розраховуємо на постійний перепад тиску 1500 Па [□45, додаток Е]. В будь-якому випадку діаметр вуличних мереж не повинен бути меншим 50 мм.

Таблиця 1.6

Розрахунок шляхових витрат газу для варіанту 1

№ діл.	Lг, м	Kзаб	Lp,м	Vш, м³/год	Vв м³/год	Vp м³/год
1	2	3	4	5	6	7
1	20	0	0	0,0	0,0	409
2	200	0	0	0,0	0,0	115
3	200	0	0	0,0	0,0	74
4	100	1	100	3,0	1,5	57,5
5	200	0	0	0,0	0,0	52
6	350	1	350	10,0	5,0	31
7	200	1	200	6,0	3,0	11
8	250	0,5	125	4,0	2,0	2
9	250	0,5	125	4,0	2,0	2
10	800	0,5	400	12,0	6,0	6
11	550	1	550	16,0	8,0	8
12	1000	0,5	500	15,0	7,5	7,5
13	550	0,5	275	8,0	4,0	4
14	1050	1	1050	31,0	15,5	15,5
15	650	0,5	325	10,0	5,0	5
16	650	0,5	325	10,0	5,0	5
17	200	0	0	0,0	0,0	281
18	350	0,5	175	5,0	2,5	186,5
19	350	0,5	175	5,0	2,5	159,5

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

20	350	0,5	175	5,0	2,5	132,5
21	350	0	0	0,0	0,0	96
22	200	0,5	100	3,0	1,5	40,5
23	150	0,5	75	2,0	1,0	30
24	350	0,5	175	5,0	2,5	10,5
25	550	0,5	275	8,0	4,0	4
26	550	1	550	16,0	8,0	8
27	550	0,5	275	8,0	4,0	4
28	350	0,5	175	6,0	3,0	27
29	800	1	800	24,0	12,0	12
30	800	1	800	24,0	12,0	12
31	800	0,5	400	12,0	6,0	6
32	750	1	750	22,0	11,0	11
33	750	1	750	22,0	11,0	11
34	750	1	750	22,0	11,0	11
35	100	0	0	0,0	0,0	92
36	350	0,5	175	5,0	2,5	69,5
37	350	0,5	175	5,0	2,5	45,5
38	350	0,5	175	5,0	2,5	21,5
39	650	1	650	19,0	9,5	9,5
40	650	1	650	19,0	9,5	9,5
41	650	1	650	19,0	9,5	9,5
42	650	1	650	19,0	9,5	10
	19720		13850	409	204,5	

Таблиця 1.7 - Розрахунок шляхових витрат газу для варіанту 2

№ діл.	Лг, м	Кзаб	Лр,м	Vш, м³/год	Vв м³/год	Vр м³/год
1	20	0	0	0,0	0,0	409
2	200	0	0	0,0	0,0	59
3	200	0	0	0,0	0,0	30
4	100	1	100	3,0	1,5	42,5
5	200	0	0	0,0	0,0	33
6	350	1	350	10,0	5,0	12
7	200	1	200	6,0	3,0	11
8	250	0,5	125	4,0	2,0	2
9	250	0,5	125	4,0	2,0	2
10	800	0,5	400	12,0	6,0	13
11	550	1	550	16,0	8,0	8
12	1000	0,5	500	15,0	7,5	21,5

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

13	550	0,5	275	8,0	4,0	4
14	1050	1	1050	31,0	15,5	63,5
15	650	0,5	325	10,0	5,0	55
16	650	0,5	325	10,0	5,0	143
17	200	0	0	0,0	0,0	202
18	350	0,5	175	5,0	2,5	108,5
19	350	0,5	175	5,0	2,5	81,5
20	350	0,5	175	5,0	2,5	132,5
21	350	0	0	0,0	0,0	96
22	200	0,5	100	3,0	1,5	40,5
23	150	0,5	75	2,0	1,0	30
24	350	0,5	175	5,0	2,5	10,5
25	550	0,5	275	8,0	4,0	4
26	550	1	550	16,0	8,0	8
27	550	0,5	275	8,0	4,0	4
28	350	0,5	175	6,0	3,0	27
29	800	1	800	24,0	12,0	12
30	800	1	800	24,0	12,0	12
31	800	0,5	400	12,0	6,0	6
32	750	1	750	22,0	11,0	11
33	750	1	750	22,0	11,0	11
34	750	1	750	22,0	11,0	11
35	100	0	0	0,0	0,0	91
36	350	0,5	175	5,0	2,5	12,5
37	350	0,5	175	5,0	2,5	7,5
38	350	0,5	175	5,0	2,5	2,5
39	650	1	650	19,0	9,5	9,5
40	650	1	650	19,0	9,5	9,5
41	650	1	650	19,0	9,5	9,5
42	650	1	650	19,0	9,5	71,5
61	200	0	0	0,0	0,0	78
62	200	0	0	0,0	0,0	60
63	350	0	0	0,0	0,0	62
64	350	0	0	0,0	0,0	38
65	350	0	0	0,0	0,0	19
66	200	0	0	0,0	0,0	48
67	200	0	0	0,0	0,0	19

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.8

Гідравлічний розрахунок газорозподільної мережі низького тиску варіант 1

№ діл.	L _Г ,м	L _p , м	Витрата, м³/год	Діаметр мм	R, Па/м	Втрати тиску, Па	P _п , Па	P _к , Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			1-2-3-4-5-6-7-8					0,72
1	20	22	409	225x12,8	0,6	13,2	3000	2986,8
2	200	220	115	140x8	0,6	132	2986,8	2854,8
3	200	220	74	110x6,3	0,8	176	2854,8	2678,8
4	100	110	57,5	90x5,2	1,2	132	2678,8	2546,8
5	200	220	52	90x5,2	1,2	264	2546,8	2282,8
6	350	385	31	90x5,2	0,5	192,5	2282,8	2090,3
7	200	220	11	63x3,6	0,4	88	2090,3	2002,3
8	250	275	2	32x3,0	0,7	192,5	2002,3	1809,8
	1520						Невязка	0,8
			9					
9	250	275	2	32x3,0	0,7	192,5	2002,3	1809,8
							Невязка	0,8
			10					
10	800	880	6	50x2,9	0,4	352	2090,3	1738,3
							Невязка	-5,1
			11					
11	550	605	8	50x2,9	0,7	423,5	2282,8	1859,3
							Невязка	4,9
			12					
12	1000	1100	7,5	50x2,9	0,7	770	2678,8	1908,8
							Невязка	9,1
			13					
13	550	605	4	50x2,9	0,4	242	2546,8	2304,8
							Невязка	42,1
			14					
14	1050	1155	15,5	63x3,6	0,8	924	2854,8	1930,8
							Невязка	10,9
			15					
15	650	715	5	50x2,9	0,4	286	2854,8	2568,8
							Невязка	64,1
			16					
16	650	715	5	50x2,9	0,4	286	2986,8	2700,8
							Невязка	75,1
17-18-19-20-21-22-23-24-25								0,38
17	200	220	281	200x11,4	0,5	110	2986,8	2876,8
18	350	385	186,5	180x10,3	0,35	134,75	2876,8	2742,05
19	350	385	159,5	180x10,3	0,3	115,5	2742,05	2626,55
20	350	385	132,5	160x9,1	0,3	115,5	2626,55	2511,05
21	350	385	96	140x8	0,35	134,75	2511,05	2376,3
22	200	220	40,5	110x6,3	0,3	66	2376,3	2310,3
					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР			
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				

23	150	165	30	90x5,2	0,5	82,5	2310,3	2227,8
24	350	385	10,5	63x3,6	0,4	154	2227,8	2073,8
25	550	605	4	50x2,9	0,3	181,5	2073,8	1892,3
	2850						Невязка	7,7
			26					
26	550	605	8	50x2,9	0,7	423,5	2227,8	1804,3
							Невязка	0,4
			27					
27	550	605	4	50x2,9	0,3	181,5	2310,3	2128,8
							Невязка	27,4
			28-29					
28	350	385	27	90x5,2	0,35	134,75	2376,3	2241,55
29	800	880	12	63x3,6	0,5	440	2241,55	1801,55
							Невязка	0,1
			30					
30	800	880	12	63x3,6	0,5	440	2376,3	1936,3
							Невязка	11,4
			31					
31	800	880	6	50x2,9	0,4	352	2511,05	2159,05
							Невязка	29,9
			32					
32	750	825	11	63x3,6	0,6	495	2511,05	2016,05
							Невязка	18,0
			33					
33	750	825	11	50x2,9	1,1	907,5	2626,55	1719,05
							Невязка	-6,7
			34					
34	750	825	11	50x2,9	1,1	907,5	2742,05	1834,55
							Невязка	2,9
			35-36-37-38-39					0,43
35	100	110	92	140x8	0,4	44	2876,8	2832,8
36	350	385	69,5	125x7,1	0,4	154	2832,8	2678,8
37	350	385	45,5	110x6,3	0,35	134,75	2678,8	2544,05
38	350	385	21,5	75x4,3	0,6	231	2544,05	2313,05
39	650	715	9,5	63x3,6	0,4	286	2313,05	2027,05
	2550						Невязка	18,9
			40					
40	650	715	9,5	50x2,9	1	715	2544,05	1829,05
							Невязка	2,4
			41					
41	650	715	9,5	50x2,9	1	715	2678,8	1963,8
							Невязка	13,7
			42					
42	650	715	10	50x2,9	1	715	2832,8	2117,8
							Невязка	26,5

Нев'язка більше 10% обумовлене тим, що прийняття меншого діаметра призведе до значного перевищення допустимих втрат тиску.

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР			Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата				

Таблиця 1.9

Гідравлічний розрахунок газорозподільної мережі низького тиску варіант 2

№ діл.	L _Г , м	L _Р , м	Витрата, м ³ /год	Діаметр мм	R, Па/м	Втрати тиску, Па	P _П , Па	P _К , Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			1-2-3-4-5-6-7-8					0,72
1	20	22	409	225х12,5	0,65	14,3	3000	2985,7
2	200	220	59	110х6,3	0,7	154	2985,7	2831,7
3	200	220	30	90х5,2	1,5	330	2831,7	2501,7
4	100	110	42,5	90х5,2	0,9	99	2501,7	2402,7
5	200	220	33	90х5,2	0,5	110	2402,7	2292,7
6	350	385	12	63х3,6	0,6	231	2292,7	2061,7
7	200	220	11	50х2,9	1,2	264	2061,7	1797,7
8	250	275	2	40х3,7	0,4	110	1797,7	1687,7
	1520							-9,4
			9					
9	250	275	2	40х3,7	0,5	137,5	1797,7	1660,2
								-11,7
			11					
11	550	605	8	50х2,9	0,8	484	2292,7	1808,7
								0,7
			13					
13	550	605	4	40х3,7	1,6	968	2402,7	1434,7
								-30,4
17-18-19-20-21-22-23-24-25								
17	350	385	202	200х11,4	0,35	134,75	2985,7	2850,95
18	350	385	108,5	160х9,1	0,25	96,25	2850,95	2754,7
19	200	220	81,5	140х8	0,3	66	2754,7	2688,7
20	150	165	132,5	140х8	0,5	82,5	2688,7	2606,2
21	350	385	96	140х8	0,4	154	2606,2	2452,2
22	550	605	40,5	110х6,3	0,3	181,5	2452,2	2270,7
23	550	605	30	90х5,2	0,35	211,75	2270,7	2058,95
24	550	605	10,5	63х3,6	0,3	181,5	2058,95	1877,45
25	350	385	4	50х2,9	0,2	77	1877,45	1800,45
	3400							0,0
			26					
26	550	605	8	63х3,6	0,25	151,25	2058,95	1907,7
								9,0
			27					
27	550	605	4	50х2,9	0,2	121	2270,7	2149,7
								29,1
			30					
30	800	880	12	63х3,6	0,5	440	2452,2	2012,2
								17,7

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР				Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата					

1	2	3	4	5	6	7	8	9
			31					
31	800	880	6	50x2,9	0,5	440	2606,2	2166,2
								30,5
			32					
32	750	825	11	50x2,9	1	825	2606,2	1781,2
								-1,6
			33					
33	750	825	11	50x2,9	1	825	2688,7	1863,7
								5,3
			34					
34	750	825	11	50x2,9	1	825	2754,7	1929,7
								10,8
			28-29					
28	350	385	27	90x5,2	0,4	154	2452,2	2298,2
29	800	880	12	63x3,6	0,5	440	2298,2	1858,2
								4,8
			35-42-63-64-65-39					0,45
35	100	110	91	140x8	0,4	44	2850,95	2806,95
42	650	715	71,5	125x7,1	0,4	286	2806,95	2520,95
63	350	385	62	125x7,1	0,3	115,5	2520,95	2405,45
64	350	385	38	110x6,3	0,3	115,5	2405,45	2289,95
65	350	385	19	75x4,3	0,45	173,25	2289,95	2116,7
39	650	715	9,5	63x3,6	0,4	286	2116,7	1830,7
	2450							2,6
				Перемички				
10	800	880	13	75x4,3	0,25	220	2061,7	1841,7
67	200	220	19	90x5,2	0,2	44	1841,7	1797,7
12	1000	1100	21,5	90x5,2	0,15	165	2501,7	2336,7
66	200	220	48	125x7,1	0,15	33	2336,7	2303,7
14	1050	1155	63,5	140x8	0,1	115,5	2831,7	2716,2
16	650	715	143	200x11,4	0,1	71,5	2985,7	2914,2
62	200	220	60	140x8	0,1	22	2716,2	2694,2
15	650	715	55	140x8	0,1	71,5	2831,7	2760,2
61	200	220	78	110x6,3	1	220	2914,2	2694,2
40	650	715	9,5	50x2,9	0,55	393,25	2289,95	1896,7
38	350	385	2,5	50x2,9	0,2	77	1896,7	1819,7
37	350	385	7,5	63x3,6	0,4	154	1819,7	1665,7
41	650	715	9,5	50x2,9	0,55	393,25	1665,7	1272,45
36	350	385	13	50x2,9	1,9	731,5	1665,7	934,2

Нев'язка більше 10% обумовлене тим, що прийняття меншого діаметра призведе до значного перевищення допустимих втрат тиску.

Ув'язка кілець не перевищує більше 10%. Кільце 12-67-10-6-5-4 – 2,45%; 14-66-12-3 – 5,12%; 2-15-62-16 – 6,91 %; 16+61-19-18-17 – 1,82%; 42-63-41-36 – 8,34%; 64-40-37-41 – 7,38%; 65-39-38-40 – 2,36%

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

1.5. Розрахунок надійності газових мереж для с. Деражне

Розрахунок надійності газових мереж для двох варіантів, що порівнюються виконаний за методикою наведеною в розділі 1.2.3.

Таблиця 1.10

Розрахунок показника надійності для ділянок газопроводу (варіант 1)

Номер елемента відмови при аварійній ситуації	Довжина ділянки, м	ω , 1/год	$\omega/\sum \omega_i$	Витрата газу, що не подається споживачам ΔQ , м ³ /год	$\Delta Q/Q_0$	$\Delta Q \cdot \omega_i / Q_0 \cdot \sum \omega_i$
1	2	3	4	5	6	7
1	20	0,00004	0,000849	409	1	0,000849
2	200	0,0004	0,008485	119	0,290954	0,002469
3	250	0,0005	0,010607	78	0,190709	0,002023
4	100	0,0002	0,004243	78	0,190709	0,000809
5	250	0,0005	0,010607	52	0,127139	0,001349
6	500	0,001	0,021213	52	0,127139	0,002697
7	150	0,0003	0,006364	14	0,03423	0,000218
8	200	0,0004	0,008485	14	0,03423	0,00029
9	200	0,0004	0,008485	14	0,03423	0,00029
10	500	0,001	0,021213	52	0,127139	0,002697
11	700	0,0014	0,029699	52	0,127139	0,003776
12	1000	0,002	0,042427	78	0,190709	0,008091
13	500	0,001	0,021213	78	0,190709	0,004046
14	1000	0,002	0,042427	119	0,290954	0,012344
15	500	0,001	0,021213	119	0,290954	0,006172
16	500	0,001	0,021213	10	0,02445	0,000519
17	200	0,0004	0,008485	280	0,684597	0,005809
18	250	0,0005	0,010607	189	0,462103	0,004901
19	250	0,0005	0,010607	162	0,396088	0,004201
20	250	0,0005	0,010607	135	0,330073	0,003501
21	200	0,0004	0,008485	96	0,234719	0,001992
22	250	0,0005	0,010607	42	0,102689	0,001089
23	250	0,0005	0,010607	31	0,075795	0,000804
24	250	0,0005	0,010607	13	0,031785	0,000337
25	600	0,0012	0,025456	13	0,031785	0,000809
26	600	0,0012	0,025456	31	0,075795	0,001929

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6	7
27	600	0,0012	0,025456	42	0,102689	0,002614
28	400	0,0008	0,016971	30	0,07335	0,001245
29	500	0,001	0,021213	30	0,07335	0,001556
30	500	0,001	0,021213	96	0,234719	0,004979
31	500	0,001	0,021213	135	0,330073	0,007002
32	900	0,0018	0,038184	135	0,330073	0,012604
33	900	0,0018	0,038184	162	0,396088	0,015124
34	900	0,0018	0,038184	189	0,462103	0,017645
35	100	0,0002	0,004243	91	0,222494	0,000944
36	300	0,0006	0,012728	72	0,176039	0,002241
37	300	0,0006	0,012728	48	0,117359	0,001494
38	300	0,0006	0,012728	24	0,05868	0,000747
39	800	0,0016	0,033941	24	0,05868	0,001992
40	800	0,0016	0,033941	48	0,117359	0,003983
41	800	0,0016	0,033941	72	0,176039	0,005975
42	800	0,0016	0,033941	19	0,046455	0,001577
Сума		0,03814				0,155732

Таблиця 1.11

Розрахунок показника надійності для засувок (варіант 1)

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Номер елементу відмови при аварійній ситуації	Витрата газу, що не подається споживачам в зв'язку з аварією $\Delta Q, \text{м}^3/\text{год}$	$\Delta Q/Q_0$
1	2	3
43	409	1
44	119	0,290954
45	52	0,127139
46	14	0,03423
47	10	0,02445
48	409	1
49	189	0,462103
50	162	0,396088
51	135	0,330073
52	96	0,234719
53	30	0,07335
54	96	0,234719
55	31	0,075795
56	13	0,031785
57	20	0,0489
58	72	0,176039
59	48	0,117359
60	24	0,05868
Сума		4,716381

Сума параметрів відмов для всіх засувки складає $\sum \omega_3 = 18 \cdot 0,0005 = 0,0091$.
Загальна сума складе $\sum \omega = 0,03814 + 0,009 = 0,04715$.

Для всіх аварійних ситуацій пов'язаних з відмовами засувки це співвідношення буде однаковим і буде визначатися $\omega_3 / \omega_{\Gamma} = 0,009 / 0,03814 = 0,2358$.

Показник надійності системи для варіанту 1:

$$R_{\text{сист}}(t) = 1 - (1 - e^{-\sum 0,04714 \cdot 10}) \cdot (0,1557 + 4,7163 \cdot 0,2359) = 0,52$$

де t - розрахунковий період надійності системи, 10 років.

Таблиця 1.12

Розрахунок показника надійності для ділянок газопроводу (варіант 2)

Номер елементу	Довжина ділянки,	ω , 1/год	$\omega / \sum \omega_i$	Витрата газу, що не	$\Delta Q / Q_0$	$\Delta Q \cdot \omega_i / Q_0 \cdot \sum \omega_i$
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	
					Арк	

відмови при аварійній ситуації	м			подається споживачам ΔQ , м³/год		
1	2	3	4	5	6	7
1	20	0,00004	0,00071	409	1	0,00071
2	200	0,0004	0,0071	0	0	0
3	250	0,0005	0,008875	0	0	0
4	100	0,0002	0,00355	11	0,026895	9,55E-05
5	250	0,0005	0,008875	40	0,0978	0,000868
6	500	0,001	0,017749	26	0,06357	0,001128
7	150	0,0003	0,005325	16	0,03912	0,000208
8	200	0,0004	0,0071	16	0,03912	0,000278
9	200	0,0004	0,0071	16	0,03912	0,000278
10	500	0,001	0,017749	12	0,02934	0,000521
11	700	0,0014	0,024849	26	0,06357	0,00158
12	1000	0,002	0,035499	15	0,036675	0,001302
1	2	3	4	5	6	7
13	500	0,001	0,017749	8	0,01956	0,000347
14	1000	0,002	0,035499	31	0,075795	0,002691
15	500	0,001	0,017749	10	0,02445	0,000434
16	500	0,001	0,017749	10	0,02445	0,000434
17	200	0,0004	0,0071	0	0	0
18	250	0,0005	0,008875	5	0,012225	0,000108
19	250	0,0005	0,008875	5	0,012225	0,000108
20	250	0,0005	0,008875	113	0,276284	0,002452
21	200	0,0004	0,0071	96	0,234719	0,001666
22	250	0,0005	0,008875	42	0,102689	0,000911
23	250	0,0005	0,008875	31	0,075795	0,000673
24	250	0,0005	0,008875	13	0,031785	0,000282
25	600	0,0012	0,021299	13	0,031785	0,000677
26	600	0,0012	0,021299	31	0,075795	0,001614
27	600	0,0012	0,021299	42	0,102689	0,002187
28	400	0,0008	0,0142	30	0,07335	0,001042
29	500	0,001	0,017749	30	0,07335	0,001302
30	500	0,001	0,017749	96	0,234719	0,004166
31	500	0,001	0,017749	135	0,330073	0,005859
32	900	0,0018	0,031949	135	0,330073	0,010545
33	900	0,0018	0,031949	27	0,066015	0,002109
34	900	0,0018	0,031949	27	0,066015	0,002109

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

35	100	0,0002	0,00355	91	0,222494	0,00079
36	300	0,0006	0,01065	5	0,012225	0,00013
37	300	0,0006	0,01065	5	0,012225	0,00013
38	300	0,0006	0,01065	24	0,05868	0,000625
39	800	0,0016	0,028399	24	0,05868	0,001666
40	800	0,0016	0,028399	19	0,046455	0,001319
41	800	0,0016	0,028399	19	0,046455	0,001319
42	800	0,0016	0,028399	19	0,046455	0,001319
61	200	0,0004	0,0071	0	0	0
62	200	0,0004	0,0071	0	0	0
63	350	0,0007	0,012425	0	0	0
64	350	0,0007	0,012425	0	0	0
65	350	0,0007	0,012425	0	0	0
66	200	0,0004	0,0071	46	0,112469	0,000799
67	200	0,0004	0,0071	12	0,02934	0,000208
		0,04184				0,056992

Таблиця 1.13

Розрахунок показника надійності для засувки (варіант 2)

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Номер елементу відмови при аварійній ситуації	Витрата газу, що не подається споживачам в зв'язку з аварією ΔQ , м ³ /год	$\Delta Q/Q_0$
43	0	0
44	3	0,007335
45	37	0,090465
46	14	0,03423
47	10	0,02445
48	0	0
49	5	0,012225
50	27	0,066015
51	113	0,276284
52	96	0,234719
53	30	0,07335
54	42	0,102689
55	31	0,075795
56	13	0,031785
57	19	0,046455
58	5	0,012225
59	5	0,012225
60	5	0,012225
68	0	0
69	0	0
70	10	0,02445
71	19	0,046455
72	19	0,046455
73	0	0
74	0	0
75	31	0,075795
76	15	0,036675
77	12	0,02934
78	0	0
Сума		1,371638

Сума параметрів відмов для всіх засувки складає $\sum \omega_3 = 29 \cdot 0,0005 = 0,144$.
Загальна сума складе $\sum \omega = 0,04184 + 0,0145 = 0,05635$.

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Для всіх аварійних ситуацій пов'язаних з відмовами засувки це співвідношення буде однаковим і буде визначатися $\omega_3/\omega_T=0,0145/0,04184=0,3466$.

Показник надійності системи для варіанту 2:

$$R_{сист}(t) = 1 - (1 - e^{-\Sigma 0,05634 \cdot 10}) \cdot (0,0569 + 1,371 \cdot 0,3464) = 0,77$$

де t - розрахунковий період надійності системи, 10 років.

Результати зміни показника надійності для двох систем в проміжку 1-10 років наведені на рис. 1.20.

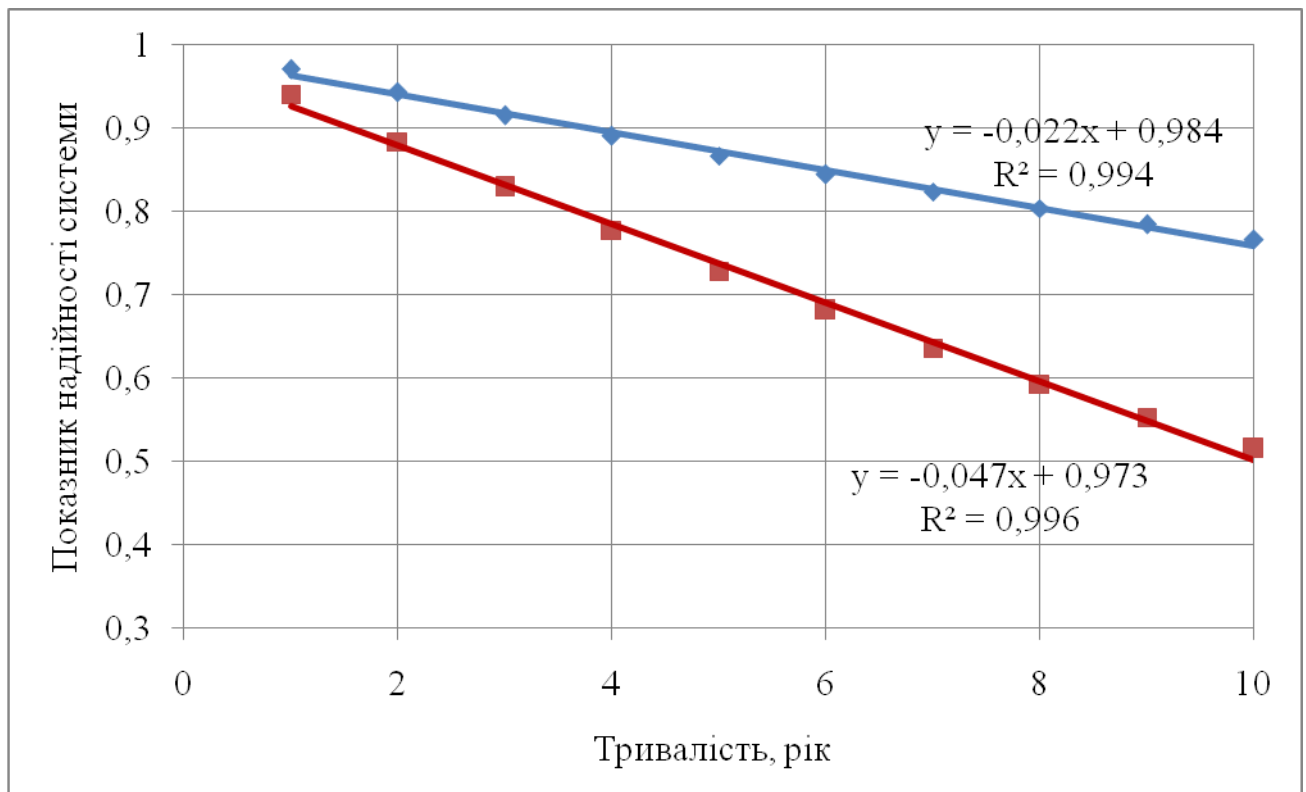


Рис. 1.20. Динаміка зміни показника надійності для двох систем, що порівнюються.

Динаміка зміни показника надійності для варіанту 2, відповідно до рис. 1.20. є більш позитивною і дозволяє підтримувати більш високі значення.

Відповідно, до результатів розрахунків показника надійності, додаткове введення перемичок в варіанті 2 дозволило збільшити показник надійності в 1,5 рази.

РОЗДІЛ 2

Техніко-економічне порівняння варіантів систем газопостачання

В даній магістерській роботі пропонується вибрати оптимальні параметри системи газопостачання з точки зору надійності для с. Деражне шляхом порівняння двох варіантів: перший - протяжна мережа низького тиску з тупиком, другий - з введенням додаткових байпасів для огороження певних ділянок мережі. Система газопостачання була обрана на основі встановленого показника надійності та техніко-економічних розрахунків. Орієнтовна вартість системи газопостачання за варіантом 1 становить 29227,220 тис. грн при показнику надійності системи 0,52, а за другим варіантом – 33801,530 тис. грн при показнику надійності системи 0,77. Таким чином збільшення показника надійності системи с. Деражне на 0,15 потребує збільшення вартості системи на 4,6 млн. грн.

Вартість прокладання газопроводів за двома варіантами розрахована за допомогою програмного комплексу АВК.

Таблиця 2.1

Техніко-економічне порівняння варіантів систем газопостачання

№	Найменування показників	Одиниці виміру	Варіант 1	Варіант 2
1	2	3	4	5
1	Річна витрата газу населенням населеного пункту	тис. м ³ /рік	11035	
2	Кількість населення населеного пункту	чол.	107551	
3	Річна витрата газу комунально-побутовими підприємствами	тис. м ³ /рік	16531	
4	Опалення і вентиляція	тис. м ³ /рік	80851	
5	Гаряче водопостачання	тис. м ³ /рік	37881	

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	
Газопровід низького тиску				
6	Загальна довжина газопроводів, в тому числі:	п.м.	18921	20171
	225х12,8	п.м.	21	21
	200х11,4	п.м.	200	1000
	180х10,3	п.м.	700	-
	160х9,1	п.м.	350	350
	140х8	п.м.	650	1650
	125х7,1	п.м.	350	1200
	110х6,3	п.м.	750	1300
	90х5,2	п.м.	1150	2250
	75х4,3	п.м.	350	1150
	63х3,6	п.м.	3800	4050
	50х2,9	п.м.	10100	6700
	40х3,7		-	500
	32х3,0	п.м.	500	-
7	Кількість засувок	шт	18	29
8	Кошторисна трудомісткість	тис. люд.- год	36,753	39,544
9	Кошторисна заробітна плата	тис. грн.	729,868	786,029
10	Середній розряд робіт	розряд	2,7	2,8
11	Питома вартість прокладання 1 м.п. газопроводу	тис. грн.	1,544	1,676
12	Показник надійності системи		0,52	0,77
13	Разом кошторисна вартість газопостачання	тис. грн.	29227,220	33801,530

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1.1 Система організації охороною праці на підприємстві по обслуговуванню газових мереж.

Організація служби охорони праці та її функції. На підприємстві з кількістю працівників 50 і більше осіб роботодавець повинен створити службу охорони праці відповідно до типового положення, затвердженого спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці.

У разі виявлення порушень законодавства про охорону праці спеціалісти служби охорони праці мають право

- видавати керівникам структурних підрозділів підприємства обов'язкові для виконання приписи щодо усунення виявлених недоліків та одержувати від них необхідну інформацію і документи з питань охорони праці
- вимагати відсторонення від роботи осіб, які не пройшли передбачені законодавством медичний огляд, навчання, інструктаж і перевірку знань та не мають допуску до виконання відповідних робіт
- призупиняти роботу виробництва, дільниці, машин і устаткування у разі виявлення порушень, що створюють загрозу життю або здоров'ю працівників.

Права та обов'язки керівника та працівника щодо охорони праці. Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів та забезпечити додержання вимог законодавства про права працівників у сфері охорони праці.

З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, а саме

- створює відповідні підрозділи та призначає посадових осіб, відповідальних за вирішення конкретних питань охорони праці
- розробляє за участю сторін колективний трудовий договір та здійснює комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня безпеки та гігієни праці;
- Забезпечує належне утримання будівель і споруд, виробничого обладнання та устаткування, контроль за їх технічним станом;
- організовує пропаганду безпечних методів праці та співпрацю з працівниками в галузі охорони праці та промислової безпеки.

Працівник зобов'язаний

- Дбати про свою особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих під час виконання будь-якої роботи або перебування на території

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

підприємства;

- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів про охорону праці, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва

проходити медичний огляд і регулярні обстеження у встановленому законодавством порядку.

Всі умови праці в компанії повинні відповідати нормам законодавства.

Працівник має право відмовитися від дорученої йому роботи, якщо виробнича ситуація, що склалася, створює небезпеку для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля. Він зобов'язаний повідомити про це свого безпосереднього керівника або роботодавця. Існування такої ситуації має бути підтверджено, за необхідності, фахівцями компанії з охорони праці та безпеки життєдіяльності із залученням представника профспілки, до якої належить працівник.

Працівник має право розірвати трудовий договір за власним бажанням, якщо роботодавець не дотримується вимог законодавства про охорону праці або не дотримується відповідних положень колективного договору. У такому випадку працівник отримує вихідну допомогу в розмірі, передбаченому колективним договором, але не менше тримісячної заробітної плати.

Працівникові, який за медичним висновком повинен виконувати легшу роботу за станом здоров'я, роботодавець зобов'язаний доручити таку роботу за згодою працівника на період, зазначений у медичному висновку, а в разі потреби встановити скорочену тривалість робочого часу та організувати навчання працівника для отримання іншої професії відповідно до законодавства.

Види інструктажів. Інструктажі з охорони здоров'я та безпеки на робочому місці поділяються на такі категорії, залежно від типу та часу проведення інструктажу:

Вступний інструктаж. Проводиться з усіма працівниками, які приймаються на постійну або тимчасову роботу, незалежно від їх підготовки, стажу та посади; з працівниками з інших організацій, які перейшли на підприємство і беруть безпосередню участь у виробничому процесі або виконують інші роботи для підприємства; з учнями та студентами, які прийшли на підприємство для проходження виробничої практики.

Первинний інструктаж. Відбувається безпосередньо на робочому місці перед початком роботи з працівником, який щойно прийнятий (на постійну або тимчасову роботу) в компанію; який переведений з однієї виробничої дільниці на іншу; який буде виконувати новий для компанії вид діяльності; працівник у відрядженні, який бере безпосередню участь у виробничому процесі компанії.

Повторне навчання. Проводиться з працівниками на робочому місці у строки, визначені відповідними галузевими нормативно-правовими актами або керівником підприємства з урахуванням конкретних умов праці, але не рідше: для робіт з підвищеною небезпекою - 1 раз на 3 місяці; для інших робіт - 1 раз на 6 місяців.

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Позаплановий інструктаж. Проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці: при введенні в дію нових або переглянутих нормативно-правових актів з охорони праці, а також при внесенні до них змін і доповнень; при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації обладнання, пристроїв та інструментів, сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на рівень охорони праці; при порушенні працівниками вимог охорони праці, що може призвести до травм, аварій, пожеж тощо. з учнями, студентами - у навчальних кабінетах, лабораторіях, майстернях тощо у разі виявлення порушень вимог законодавства про охорону праці, що можуть призвести або призвели до травмування, аварій, пожеж тощо.

Цільовий інструктаж. Проводиться з працівниками: при виконанні разових робіт, не передбачених трудовим договором; при ліквідації аварії або стихійного лиха; при виконанні робіт, на які видається наряд, розпорядження або інші документи.

Відповідальність роботодавця та працівника щодо порушення вимог з охорони праці

Закон України "Про охорону праці" передбачає наступні види відповідальності за порушення законодавчих та інших нормативно-правових актів з охорони праці:

Дисциплінарна відповідальність регулюється Кодексом законів про працю і передбачає такі стягнення, як догана та звільнення.

Адміністративна відповідальність - це відповідальність державних службовців та працівників перед державними наглядовими органами, яка полягає у накладенні на них штрафів. Умови притягнення до адміністративної відповідальності викладені в Кодексі України про адміністративні правопорушення. Стаття 41 Кодексу про адміністративні правопорушення передбачає, що порушення вимог законів та інших нормативно-правових актів про охорону праці тягне за собою накладення штрафу в розмірі, передбаченому чинним законодавством.

Фінансова відповідальність передбачає відшкодування шкоди, заподіяної підприємствами своїм працівникам (або членам їхніх сімей) у разі нещасних випадків або професійних захворювань. Кримінальна відповідальність за порушення вимог законодавства про охорону праці регулюється статтями 135, 218, 219 та 220 Кримінального кодексу України.

Кримінальна відповідальність - це вид юридичної відповідальності, обов'язок особи, яка вчинила злочин, понести покарання від держави у вигляді кримінального покарання. Передбачені Кримінальним кодексом обмеження прав і свобод особи, яка вчинила кримінальне правопорушення, визначаються в індивідуальному порядку за вироком суду і реалізуються спеціальними органами виконавчої влади.

Соціальне страхування працівників. Відповідно до законодавства України, відносини у сфері загальнообов'язкового державного соціального страхування у

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

зв'язку з тимчасовою втратою працездатності та витратами, зумовленими народженням та похованням, регулюються Конституцією України. Воно складається з Основ законодавства України про загальнообов'язкове державне соціальне страхування, Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності та витратами, зумовленими народженням та похованням" та інших нормативно-правових актів, прийнятих відповідно до них.

Загальнообов'язкове державне соціальне страхування у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності та витратами, зумовленими народженням та похованням, надає матеріальне забезпечення громадянам у зв'язку з втратою заробітку (доходу) внаслідок тимчасової непрацездатності (включаючи догляд за хворою дитиною, дитиною-інвалідом, хворим членом сім'ї), вагітності та пологів, догляду за новонародженим часткова компенсація витрат, зумовлених народженням дитини, смертю застрахованої особи або членів її сім'ї, а також надання соціальних послуг за рахунок бюджету Фонду соціального страхування з тимчасової втрати працездатності, який формується шляхом сплати страхових внесків власником або уповноваженим ним органом, громадянами та інших джерел, передбачених законодавством.

Роботи з підвищеною небезпекою та їх виконання. При монтажі та прокладанні систем газопостачання в муніципалітеті Деражне виконується ряд наступних небезпечних робіт

- Газове зварювання, газове різання, електрозварювання, газополум'яне зварювання та паяння.

- Обстеження, експлуатація та технічний нагляд за газовими установками.

Регулярні роботи підвищеної небезпеки вимагають особливих заходів безпеки і тому виконуються за наявності спеціального наряду-допуску, який видається у двох примірниках і дійсний протягом одного дня. Наряд-допуск може бути виданий керівником підприємства, головним інженером та заступниками керівника. До роботи допускаються особи, які пройшли медичний огляд, спеціальне професійне навчання та перевірку знань з питань охорони праці.

Експлуатація і технічний нагляд за газовим обладнанням повинні здійснюватися відповідно до "Правил безпеки систем газопостачання України"; після введення в експлуатацію газопроводи і газове обладнання експлуатуються персоналом газового господарства.

Під час роботи газопостачального підприємства необхідно перевіряти експлуатаційний стан газових мереж і газового обладнання, інструменту, а також

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

наявність запобіжних пристроїв та засобів індивідуального захисту для забезпечення безпечних умов праці.

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

Висновки

1. Досвід експлуатації об'єктів газового господарства показує, що найбільш великі аварії з важкими наслідками виникають через несвоєчасне виявлення та усунення витоків газу. При цьому помилки та прорахунки можуть бути на будьякому етапі життєвого циклу системи газопостачання, від геологічної розвідки, проектування, будівництва і до демонтажу системи газопостачання.

Під надійністю елементів систем газопостачання розуміється його здатність виконувати завдання, зберігаючи експлуатаційні показники в заданих межах протягом певного періоду часу. Відповідно до проведеного літературного огляду було встановлено два шляхи підвищення надійності систем газопостачання: перший підвищення надійності і якості елементів, зокрема використання для виготовлення труб і обладнання з покращеними показниками, підвищення якості будівельно-монтажних робіт, другий – резервування.

Відмовою елемента вважається порушення його працездатності. У разі відмови елемент виключається з робочого процесу і поступає в систему обслуговування для відновного ремонту.

2. Постачання природного газу споживачам потребує розгалуженої інфраструктури, що складається з численних технічних вузлів та інших газотранспортних об'єктів. Вихід з ладу будь-якого з компонентів газорозподільної мережі може поставити під загрозу надійність системи газопостачання. Тому належне розташування об'єктів для працівників та підрядників, які проводять перевірки та технічне обслуговування, має вирішальне значення для безперебійної роботи газової мережі. У цьому контексті дослідження в Польщі розглядає проблему визначення оптимального розташування центрів технічного обслуговування газових мереж (ЦТОГМ) у газотранспортній компанії, яка активно прагне покращити час реагування на технічне обслуговування та ремонтні роботи, мінімізуючи при цьому витрати.

Тематичне дослідження розширено для вивчення чотирьох альтернативних сценаріїв, які ілюструють додаткові функціональні можливості. Результати моделі показують, що загальні системні витрати на інфраструктуру обслуговування газової мережі можуть бути знижені на 13% за умови експлуатації лише двох з п'яти існуючих центрів при цьому аварійність не знижується.

Вибір того чи іншого проектного рішення залежить від того, які цілі при цьому переслідуються. В більшості випадків при виборі того чи іншого варіанту системи завжди присутній економічний фактор. Прагнення досягти економічної вигоди за рахунок зниження надійності елементів системи або її структури може звести нанівець тимчасову економію через відмову працездатності деяких

									Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата					

пристроїв чи обладнання. Так, наприклад, аварія в системах газопостачання може призвести до виходу із ладу багатьох абонентів на тривалий період.

3. В даній магістерській роботі виконаний вибір оптимальних параметрів системи газопостачання за показниками надійності для села Деражне при порівнянні двох варіантів: перший – розгалужена тупикова мережа низького тиску, другий з введенням додаткових перемичок для закілювання певних ділянок мережі.

4. Таким чином основною задачею розрахунку надійності тупикової розгалуженої мережі є визначення показника надійності прийнятої схеми і по отриманому значенню показника надійності вирішити питання про необхідність резервування мережі. Крім того різне розміщення відключаючих пристроїв характеризується різною надійністю.

Динаміка зміни показника надійності для варіанту 2, є більш позитивною і дозволяє підтримувати більш високі значення. Відповідно, до результатів розрахунків показника надійності, додаткове введення перемичок в варіанті 2 дозволило збільшити показник надійності в 1,5 рази.

5. На основі визначеного показника надійності та техніко-економічних розрахунків виконаний вибір системи газопостачання. Кошторисна вартість системи газопостачання відповідно до варіанту 1 становить 29,2 млн. грн. при показнику надійності системи 0,52, а другого варіанту 33,8 млн. грн при показнику надійності системи 0,77. Таким чином збільшення показника надійності системи с. Деражне на 0,15 потребує збільшення вартості системи на 4,6 млн. грн.

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 01.11.2011]. – Київ: Мінрегіон України, 2011. – 127 с. – (Національний стандарт України).

2. Jun Li, Chaokui Qin, MingQing Yan, Jiuchen Ma, Jianjun Yu. Hydraulic reliability analysis of an urban loop high-pressure gas network, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 28, 2016, Pages 372-378, ISSN 1875-5100.

3. Xiao-Liang Zhang, Fan-Jie Liang, Su-Rui Xu, Yu-Fei Xie, Chi-Min Shu, Building urban gas process safety management (UG-PSM) system: Based on root cause analysis with 160 urban gas accidents in China, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 84, 2023, 105101, ISSN 0950-4230.

4. Kai Yang, Lei Hou, Jianfeng Man, Qiaoyan Yu, Yu Li, Xinru Zhang, Jiaquan Liu, Supply reliability analysis of natural gas pipeline network based on demand-side economic loss risk, Reliability Engineering & System Safety, Volume 230, 2023, 108961, ISSN 0951-8320,

5. Yueqiang Zhu, Peng Wang, Yi Wang, Ruikang Tong, Bo Yu, Zhiguo Qu, Assessment method for gas supply reliability of natural gas pipeline networks considering failure and repair, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 88, 2021, 103817, ISSN 1875-5100.

6. Xinhong Li, Jie Ma, Hans Pasma, Renren Zhang, Dynamic risk investigation of urban natural gas pipeline accidents using Stochastic Petri net approach, Process Safety and Environmental Protection, Volume 178, 2023, Pages 933-946, ISSN 0957-5820.

7. Huai Su, Enrico Zio, Jinjun Zhang, Xueyi Li, Lixun Chi, Lin Fan, Zongjie Zhang, A method for the multi-objective optimization of the operation of natural gas pipeline networks considering supply reliability and operation efficiency, Computers & Chemical Engineering, Volume 131, 2019, 106584, ISSN 0098-1354.

8. Xiangying Shan, Weichao Yu, Jing Gong, Kai Wen, Hao Wang, Shipeng Ren, Shengyuan Wei, Bin Wang, Guoyin Gao, Guodong Zhang, A methodology to

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

determine the target reliability of natural gas pipeline systems based on risk acceptance criteria of pipelines, Journal of Pipeline Science and Engineering, 2023, 100150, ISSN 2667-1433.

9. Marcin Malec, Pablo Benalcazar, Przemysław Kaszyński, Optimal location of gas network maintenance centres: A case study from Poland, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 83, 2020, 103569, ISSN 1875-5100.

10. Xueqian Fu, Gengyin Li, Xiurong Zhang, Zheng Qiao, Failure probability estimation of the gas supply using a data-driven model in an integrated energy system, Applied Energy, Volume 232, 2018, Pages 704-714, ISSN 0306-2619.

11. Zhaoming Yang, Xueyi Li, Qi Xiang, Qian He, Michael H. Faber, Enrico Zio, Huai Su, Jinjun Zhang, A resilience evaluation method of natural gas pipeline system based on uncertainty analysis, Process Safety and Environmental Protection, Volume 177, 2023, Pages 891-908, ISSN 0957-5820.

12. Minglei Bao, Yi Ding, Xunhu Yin, Changzheng Shao, Chenjin Ye, Definitions and Reliability Evaluation of Multi-state Systems Considering State Transition Process and its Application for Gas Systems, Reliability Engineering & System Safety, Volume 207, 2021, 107387, ISSN 0951-8320.

13. Yang Yang, Suzhen Li, Pengcheng Zhang, Data-driven accident consequence assessment on urban gas pipeline network based on machine learning, Reliability Engineering & System Safety, Volume 219, 2022, 108216, ISSN 0951-8320.

14. Xinhong Li, Yi Zhang, Rouzbeh Abbassi, Ming Yang, Renren Zhang, Guoming Chen, Dynamic probability assessment of urban natural gas pipeline accidents considering integrated external activities, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 69, 2021, 104388, ISSN 0950-4230.

15. Wenhe Wang, Dan Mou, Feng Li, Chuanfu Dong, Faisal Khan, Dynamic failure probability analysis of urban gas pipeline network, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 72, 2021, 104552, ISSN 0950-4230.

16. Rui Xiao, Tarek Zayed, Mohamed A. Meguid, Laxmi Sushama, Improving failure modeling for gas transmission pipelines: A survival analysis and machine

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

learning integrated approach, Reliability Engineering & System Safety, Volume 241, 2024, 109672, ISSN 0951-8320.

17. Weichao Yu, Weihe Huang, Kai Wen, Jie Zhang, Hongfei Liu, Kun Wang, Jing Gong, Chunxu Qu, Subset simulation-based reliability analysis of the corroding natural gas pipeline, Reliability Engineering & System Safety, Volume 213, 2021, 107661, ISSN 0951-8320.

18. Qian Chen, Lili Zuo, Changchun Wu, Yankai Cao, Yaran Bu, Feng Chen, Rehan Sadiq, Supply reliability assessment of a gas pipeline network under stochastic demands, Reliability Engineering & System Safety, Volume 209, 2021, 107482, ISSN 0951-8320.

19. Bingyuan Hong, Bowen Shao, Mengxi Zhou, Jiren Qian, Jian Guo, Cuicui Li, Yupeng Xu, Baikang Zhu, Evaluation of disaster-bearing capacity for natural gas pipeline under third-party damage based on optimized probabilistic neural network, Journal of Cleaner Production, Volume 428, 2023, 139247, ISSN 0959-6526.

20. Wenhe Wang, Kuiling Shen, Beibei Wang, Chuanfu Dong, Faisal Khan, Qingsheng Wang, Failure probability analysis of the urban buried gas pipelines using Bayesian networks, Process Safety and Environmental Protection, Volume 111, 2017, Pages 678-686.

21. Haile Woldesellasse, Solomon Tesfamariam, Consequence assessment of gas pipeline failure caused by external pitting corrosion using an integrated Bayesian belief network and GIS model: Application with Alberta pipeline, Reliability Engineering & System Safety, Volume 240, 2023, 109573.

22. Xing-lin Chen, Wei-dong Lin, Chun-xiang Liu, Fu-qiang Yang, Yong Guo, Xin Li, Shuai-qi Yuan, Genserik Reniers, An integrated EDIB model for probabilistic risk analysis of natural gas pipeline leakage accidents, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 83, 2023, 105027.

23. Kai Wen, Lei He, Jing Liu, Jing Gong, An optimization of artificial neural network modeling methodology for the reliability assessment of corroding natural gas

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

pipelines, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 60, 2019, Pages 1-8, ISSN 0950-4230.

24. Z.Y. Han, W.G. Weng, Comparison study on qualitative and quantitative risk assessment methods for urban natural gas pipeline network, Journal of Hazardous Materials, Volume 189, Issues 1–2, 2011, Pages 509-518, ISSN 0304-3894.

25. Weichao Yu, Kai Wen, Yuan Min, Lei He, Weihe Huang, Jing Gong, A methodology to quantify the gas supply capacity of natural gas transmission pipeline system using reliability theory, Reliability Engineering & System Safety, Volume 175, 2018, Pages 128-141, ISSN 0951-8320.

26. Zifeng Wang, Suzhen Li, Data-driven risk assessment on urban pipeline network based on a cluster model, Reliability Engineering & System Safety, Volume 196, 2020, 106781, ISSN 0951-8320.

27. Jinduo Xing, Huixing Meng, Xiangkun Meng, An urban pipeline accident model based on system engineering and game theory, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 64, 2020, 104062, ISSN 0950-4230.

28. Y. Zhang, W.G. Weng, Bayesian network model for buried gas pipeline failure analysis caused by corrosion and external interference, Reliability Engineering & System Safety, Volume 203, 2020, 107089, ISSN 0951-8320,

29. Chengtao Wang, Wei Li, Yuqiao Wang, Remaining lifetime assessment of gas pipelines subjected to stray current interference using an integrated electric-electrochemical method, Engineering Failure Analysis, Volume 127, 2021, 105494

30. WuChang Wang, Yi Zhang, YuXing Li, Chengsong Liu, Shiyang Han, Vulnerability analysis of a natural gas pipeline network based on network flow, International Journal of Pressure Vessels and Piping, Volume 188, 2020, 104236, ISSN 0308-0161

31. Zhuochao Li, Yongtu Liang, Youyi Liang, Qi Liao, Bohong Wang, Liqiao Huang, Jianqin Zheng, Haoran Zhang, Review on intelligent pipeline technologies: A life cycle perspective, Computers & Chemical Engineering, Volume 175, 2023, 108283, ISSN 0098-1354.

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

32. Francisco Filipe Cunha Lima Viana, Ramon Swell Gomes Rodrigues Casado, Lucas Borges Leal da Silva, Marcelo Hazin Alencar, Rodrigo José Pires Ferreira, Adiel Teixeira de Almeida, A hybrid multicriteria decision model for selecting a portfolio of risk-based maintenance actions in natural gas pipelines, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 103, 2022, 104655, ISSN 1875-5100.

33. Zeyang Qiu, Wei Liang, Laibin Zhang, Tracing and prediction analysis of an urban pipeline leakage accident based on the catastrophe DBN model, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 57, 2018, Pages 339-348, ISSN 1875-5100,

34. Xin Feng, Jun-cheng Jiang, Wen-feng Wang, Gas pipeline failure evaluation method based on a Noisy-OR gate bayesian network, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 66, 2020, 104175, ISSN 0950-4230,

35. Jun Li, Binqun Liang, Cheng Li, Mingqing Yan, Jianjun Yu, Calculation methods for the gas pipeline failure rate, Journal of Petroleum Science and Engineering, Volume 174, 2019, Pages 229-234, ISSN 0920-4105,

36. Yongmei Hao, Wenbin Yang, Zhixiang Xing, Ke Yang, lin Sheng, Jian Yang, Calculation of accident probability of gas pipeline based on evolutionary tree and moment multiplication, International Journal of Pressure Vessels and Piping, Volume 176, 2019, 103955, ISSN 0308-0161.

37. Weigang Wang, Wei Yang, Yadong Bian, Chun-Qing Li, Failure prediction of buried pipeline by network-based geospatial-temporal solution, Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 130, 2022, 104739, ISSN 0886-7798.

38. Faisal Khan, Rioshar Yarveisy, Rouzbeh Abbassi, Risk-based pipeline integrity management: A road map for the resilient pipelines, Journal of Pipeline Science and Engineering, Volume 1, Issue 1, 2021, Pages 74-87, ISSN 2667-1433

39. Huai Su, Enrico Zio, Jinjun Zhang, Xueyi Li, A systematic framework of vulnerability analysis of a natural gas pipeline network, Reliability Engineering & System Safety, Volume 175, 2018, Pages 79-91, ISSN 0951-8320.

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		

40. Сідак В.С. Інноваційні технології в діагностиці та експлуатації систем газопостачання: Навчальний посібник. - Харків, 2006.- 228с.

41. Ткаченко В.А. Проектування газопостачання населених пунктів, житлових і громадських будинків / В.А. Ткаченко, О.М. Складенко, К.М. Предун // - К.-КНУБА, 1999.

42. ДСТУ Б. В.2.7.-73-98. Труби поліетиленові для подачі горючих газів. Технічні умови.- К.: Укрархбудінформ,1998.-41с.- чинний з 01.01.99

43. Сідак В.С.: Комплексні підходи до керування надійністю систем газопостачання: Навчальний посібник. / Сідак В.С., Дудолад О.С. – Харків, 2006.-248с.

44. Охримюк Б.Ф. Газопостачання населених пунктів. / Б.Ф. Охримюк, Т.С. Мацнєва// Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2012. – 247с.

45. ДБН. В.2.5-2018 Газопостачання. Держбуд України. К., - 2018.

					НУВГП ННБА ТГВ 03-02-680 МР	Арк
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата		