

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»



МАЦУК ЗАХАР МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 331.45

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ
МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

05.26.01 – охорона праці

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпро – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному вищому навчальному закладі «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Беліков Анатолій Серафимович,
Державний вищий навчальний заклад
«Придніпровська державна академія
будівництва та архітектури»,
завідувач кафедри безпеки життєдіяльності.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор **Шевченко Володимир Георгійович**,
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук
України, вчений секретар;

доктор технічних наук, професор **Глива Валентин Анатолійович**, Київський
національний університет будівництва і архітектури, професор кафедри фізики.

Захист відбудеться «20» грудня 2021 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.085.01 при Державному вищому навчальному закладі «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» за адресою: 49600, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24а, ауд. 202.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24а) та на сайті: <https://pgasa.dp.ua/dissertation/>.

Автореферат розісланий «19» листопада 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



Т.С. Кравчуновська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На стадії експлуатації об'єктів магістрального транспортування природного газу особливо гостро постають питання необхідності вирішення задачі підвищення рівня їх безпеки.

Будівельні, монтажні та регламентні роботи, які виконуються на магістральних газопроводах, часто пов'язані зі стравлюванням – емісією газу у навколишнє природне середовище та тимчасову робочу зону, що не відповідає вимогам забезпечення виробничої, екологічної, цивільної безпеки та енерго- і ресурсо- неефективно.

Встановлено, що безпека (можливість) виконання ремонтних робіт, передбачених п. 1.18 розділу XIII НПАОП 60.3-1.01-10 «Правила безпечної експлуатації магістральних газопроводів», забезпечується за рахунок спорожнення від природного газу ділянки магістрального газопроводу, яка підлягає ремонту, шляхом перекриття затворів перекривної арматури, що обмежують (локалізують) зазначену ділянку (в тому числі і від взаємопов'язаних трубопровідних систем), та «стравлюванням» газу через продувні свічки байпасних ліній кранових вузлів у атмосферу.

Тому задача підвищення рівня безпеки магістральних газопроводів та технологічних процесів транспортування газу за допомогою мобільних компресорних станцій, забезпечення вимог охорони праці та виробничої безпеки під час перекачування газу із локалізованих ділянок магістральних газопроводів, що підлягають ремонту, є актуальною науково-технічною задачею, не в повній мірі вирішеною в Україні.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з основними положеннями Закону України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694-XII, Закону України «Про ратифікацію Кіотського протоколу до Рамкової Конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату» від 04.02.2004 р. № 1430-IV, «Концепції розвитку Національної академії наук України на 2014-2023 роки», схваленої постановою Президії Національної академії наук України від 25.12.2013 р. № 187, «Концепції реформування системи управління охороною праці в Україні», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 12.12.2018 р. № 989-р, «Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 22.01.2014 р. № 37-р, «Стратегії національної безпеки України», затвердженої Указом Президента України від 14.09.2020 р. № 392/2020, «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 р. № 605-р, «Стратегії енергетичної безпеки», схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 04.08.2021 р. № 907-р.

Наукові дослідження, викладені в дисертації, виконані згідно з напрямками наукової діяльності кафедри безпеки життєдіяльності Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва

та архітектури» (ДВНЗ ПДАБА), відповідно до тематичного плану науково-дослідної роботи «Охорона праці людини при впливі на неї небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища. Безпека життєдіяльності людини при виникненні надзвичайних ситуацій природного та антропогенного середовища» (№ держреєстрації 0116U006038, рівень участі здобувача – виконавець).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення рівня безпеки магістральних газопроводів газотранспортної системи України.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні завдання дослідження:

– аналіз сучасного стану виробничої безпеки у нафтогазовій галузі, сучасних енергозберігаючих технологій, які впливають на безпеку магістральних газопроводів;

– розроблення способу евакуації природного газу з ділянки (ділянок) трубопроводів, що підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню, із застосуванням мобільних компресорних станцій (МКС), які підвищують рівень виробничої безпеки об'єктів магістральних газопроводів;

– розроблення технології та проекту виконання робіт із евакуації природного газу з ділянки (ділянок) трубопроводів об'єктів магістральних газопроводів (МГ), що підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню;

– розроблення алгоритму ідентифікації небезпек та оцінювання ризиків мобільних компресорних станцій (газотранспортної системи) і методики визначення стану (рівня) безпеки та працездатності складних галузевих систем;

– розроблення «Концепції безпеки та енергоресурсоефективності нафтогазової галузі України, забезпечення безпеки об'єктів галузі від прогнозованих загроз».

Об'єкт дослідження: процес транспортування природного газу магістральними газопроводами газотранспортних систем.

Предмет дослідження: закономірності та фактори, які впливають на безпечну експлуатацію магістральних газопроводів газотранспортних систем.

Методи дослідження: використано комплексний метод, що включає формально-логічний аналіз науково-технічної літератури та нормативно-правових актів з питань транспортування природного газу магістральними газопроводами, синтез, абстрагування, моделювання, верифікацію чисельних і аналітичних моделей, узагальнення даних.

Наукова новизна отриманих результатів. Отримано нові науково-обґрунтовані результати, які визначають стан (рівень) виробничої безпеки об'єктів магістральних газопроводів при транспортуванні природного газу у стаціонарному та нестаціонарному режимах, в залежності від технологічної схеми МГ та обраного способу контролю маси і тиску газу, в умовах постійної зміни термодинамічних властивостей газу, і в сукупності визначають безпеку

працівників газотранспортних підприємств, інших осіб та безпеку газопостачання споживачів від прогнозованих загроз, а саме:

- вперше проведено теоретичне та практичне обґрунтування технології евакуації природного газу з ділянки (ділянок) магістрального газопроводу, які підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню, із використанням мобільних компресорних станцій, що дозволяє забезпечити виробничу, екологічну безпеку технологічних процесів транспортування газу та економію енергоресурсів;

- запропоновано понятійний апарат безпеки процесу транспортування газу за допомогою мобільних компресорних станцій;

- запропонований термінологічний апарат та концептуальні засади забезпечення безпеки магістральних газопроводів;

- вперше запропонована технологічна схема імітаційно-нестационарного моделювання процесів транспортування природного газу за допомогою мобільних компресорних станцій, що дозволило встановити вплив кожного з елементів системи на безпеку та час перекачування газу із локалізованої ділянки магістрального газопроводу та режими його транспортування;

- розроблено та теоретично обґрунтовано новий підхід до управління газоперекачувальними агрегатами у складі мобільних компресорних станцій під час виконання робіт з евакуації природного газу з ділянки (ділянок) магістральних газопроводів, які підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню, що дозволило підвищити рівень контролю безпеки технологічних процесів;

- вперше встановлено закономірність зміни відносного тиску та відносної маси газу в залежності від часу перекачування газу за допомогою мобільних компресорних станцій, що дозволило підвищити швидкість перекачування газу, за рахунок управління тиском газу магістральних газопроводів та оптимізації кількості компресорних установок у складі мобільних компресорних станцій, від 6 до 135 годин відповідно, та забезпечити безпеку технологічних процесів транспортування природного газу;

- дістали подальший розвиток ризик-орієнтована концепція застосування мобільних компресорних станцій та ризик-орієнтований підхід до ідентифікації небезпек та оцінювання ризиків газотранспортної системи, що дозволило вперше ідентифікувати нові небезпеки під час експлуатації мобільних компресорних станцій;

- дістало подальший розвиток науково-практичне обґрунтування застосування компактної мобільної компресорної станції, здатної перекачати газ із локалізованої ділянки магістрального газопроводу довжиною 25-30 км (діаметром 500-1400 мм) за перекривний вимикаючий пристрій (лінійний кран) по ходу/проти ходу газу, або у сусідній магістральній газопровід, тиском від 55 bar до 100 bar, до надлишкового тиску ≤ 1 bar, протягом 48–96 годин, що дозволить забезпечити безпеку технологічних процесів транспорту природного газу магістральними газопроводами.

Практичне значення отриманих результатів:

- розроблено технологію та проєкт виконання робіт із евакуації природного газу з ділянки (ділянок) магістральних газопроводів, які підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню із використанням мобільних компресорних станцій, що дозволило підвищити рівень безпеки та енергоресурсоефективності магістрального транспортування газу;
- розроблено алгоритм керування агрегатами пересувних компресорних станцій під час виконання робіт із евакуації природного газу з ділянки (ділянок) магістральних газопроводів, що підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню;
- запропонований термінологічний апарат та концептуальні засади забезпечення безпеки магістральних газопроводів як об'єктів нафтогазової галузі України, «Методика визначення стану (рівня) безпеки та працездатності складних галузевих систем» впроваджені у Головному управлінні Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Дніпропетровській області;
- алгоритм ідентифікації небезпек та оцінювання ризику з урахуванням їх кількісної і якісної оцінки, дерево відмов магістрального трубопроводу, «Методика визначення стану (рівня) безпеки та працездатності складних галузевих систем», «Проєкт змін до положень нормативно-правових актів з охорони праці (НПАОП 60.3-1.01-10, НПАОП 11.1-1.01-08), будівельних норм і правил (СНиП 2.05.06-85)» впроваджено у Пролетарському виробничому управлінні підземного зберігання газу АТ «Укртрансгаз»;
- алгоритм ідентифікації небезпек та оцінювання ризику з урахуванням їх кількісної і якісної оцінки, дерево відмов магістрального трубопроводу, «Методика визначення стану (рівня) безпеки та працездатності складних галузевих систем» використовуються у навчальному процесі Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» при підготовці студентів, які навчаються за спеціальностями 263 «Цивільна безпека», 192 «Будівництво та цивільна інженерія», зокрема при викладанні навчальних дисциплін: «Виконання робіт підвищеної небезпеки», «Охорона праці в галузі», «Пожежна безпека»;
- прийняті до розгляду Державною службою України з питань праці під час формування нової редакції нормативно-правових актів з питань охорони праці (НПАОП 11.1-1.01-08 «Правил безпеки в нафтогазодобувній промисловості України», НПАОП 60.3-1.01-10 «Правил безпечної експлуатації магістральних газопроводів»).

Особистий внесок здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві, полягає у: розробленні способів та технології безпечної евакуації природного газу з ділянки (ділянок) магістральних газопроводів, що підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню [4, 12, 13, 14, 18, 19, 20]; розробленні проєкту змін до галузевих будівельних норм і правил та нормативно-правових актів із питань охорони праці [2, 5, 11]; розробленні закономірності управління поршневіми компресорними агрегатами (з урахуванням виробничої безпеки процесів транспортування

природного газу) [9]; доведенні та обґрунтуванні безпечності та енергоресурсоефективності використання запропонованої технології евакуації природного газу, розробленні ризик-орієнтованого підходу до питання виробничої безпеки та енергоресурсоефективності об'єктів магістральних газопроводів [1, 3, 6, 7, 14, 16]; визначенні та описі основних організаційно-технологічних етапів процесу перекачування газу із локалізованих ділянок магістральних газопроводів із використанням мобільних компресорних станцій та технічних вимог до мобільних компресорних станцій, призначених для евакуації природного газу з ділянки (ділянок) магістральних газопроводів [4, 10].

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались та одержали позитивні оцінки на наукових конференціях: IV Всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації» (м. Дніпро, 2016 р.); VIII Всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Наукова весна» (м. Дніпро, 2017 р.); VI Міжнародній науково-практичній конференції «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика» (м. Харків, 2019 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інноваційні та інформаційні технології в перевезенні небезпечних вантажів» (м. Харків, 2019 р.); XVIII Міжнародній науково-технічній конференції «Потураївські читання» (м. Дніпро, 2020 р.); XI Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Сучасний рух науки» (м. Дніпро, 2020 р.); XIX Всеукраїнській науково-технічній конференції «Потураєвські читання» (м. Дніпро, 2021 р.).

Публікації. Основні положення, результати та висновки дисертаційної роботи відображені в 21 друкованій праці, а саме: 11 статях, з яких 9 – у наукових фахових виданнях України (з них 1 – у виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази Scopus) та 1 – у науковому періодичному виданні іншої держави, яка входить до Європейського Союзу, 7 працях апробаційного характеру, 3 патентах України на корисні моделі.

Структура та обсяг дисертації. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і 3 додатків. Повний обсяг дисертаційної роботи – 290 сторінок, у тому числі обсяг основного тексту – 186 сторінок (7,75 авторських аркушів). Дисертація містить 16 таблиць, 54 рисунки. Список використаних джерел включає 125 найменувань на 13 сторінках. Додатки викладено на 48 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено об'єкт та предмет, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Зазначено особистий внесок здобувача в наукових працях, опублікованих у співавторстві, наведено відомості про публікації та апробацію матеріалів дисертації.

В першому розділі проведено аналіз сучасних умов праці, травматизму і професійних захворювань працівників нафтогазової галузі, сучасного стану виробничої безпеки та енергоресурсоефективності газотранспортних підприємств, надано характеристику газотранспортних підприємств та газотранспортної системи України в цілому, наведено приклади масштабних аварій. Проведено аналіз методів прогнозування та оцінювання ризиків під час експлуатації магістральних газопроводів. Визначено, що під час експлуатації об'єктів магістральних газопроводів, а саме виконання ремонтних та регламентних робіт, рівень виробничої безпеки та енергоресурсоефективності не відповідає сучасним методам управління з урахуванням ризик-орієнтованого підходу. Виконано підсумковий аналіз сучасних енергоресурсоефективних технологій, які підвищують рівень виробничої безпеки об'єктів магістральних газопроводів, нормативно-правових аспектів чинного законодавства, положень будівельних норм і правил у питаннях планування та проведення ремонтних робіт на об'єктах магістрального транспорту газу. Встановлено, що фізичний експеримент для вирішення задач, які розглядаються, потребує значних коштів та часу на його постановку і проведення. В деяких випадках постановка фізичного експерименту неможлива (наприклад, моделювання наскрізного корозійного пошкодження діючої ділянки магістрального газопроводу). В деяких випадках постановка фізичного експерименту непотрібна (наприклад, моделювання режимів перекачування газу). Встановлено, що не існує нормативної методики, яка визначає прогнозування ризиків при експлуатації магістральних газопроводів з урахуванням негативних факторів. Встановлено, що не надано наукове обґрунтування технології евакуації природного газу з ділянки (ділянок) магістральних газопроводів, які підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню.

На основі проведеного аналізу та визначених недоліків при забезпеченні безпеки технологічних процесів транспортування газу магістральними газопроводами сформульовано мету та завдання дослідження.

В другому розділі наведено дослідження, що дозволило запропонувати технологію евакуації (перекачування) природного газу з ділянок магістральних газопроводів, які підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню.

Суть технології полягає в тому, що ділянки магістральних газопроводів перекриваються з усіх боків (локалізуються), після чого газ, який залишається у порожнині обраної трубопровідної системи, перекачується до іншої ділянки діючого газопроводу за допомогою мобільних компресорних станцій (рис. 1, 2), або акумулюється (рис. 3), замість «стравлювання» у навколишнє природне середовище через «свічний» трубопровід байпасної обв'язки перекривного пристрою.

З метою розроблення безпечної технології евакуації природного газу з локалізованої ділянки магістрального газопроводу, як об'єкт проектування, розглядалися запропоновані способи транспортування природного газу як сукупність конкретних значень параметрів системи, що реалізує процеси перекачування газу, регламентація яких забезпечує досягнення мети – при

заданій витраті ресурсів, заданих режимах перекачування газу, у заданий термін і в заданій кількості.

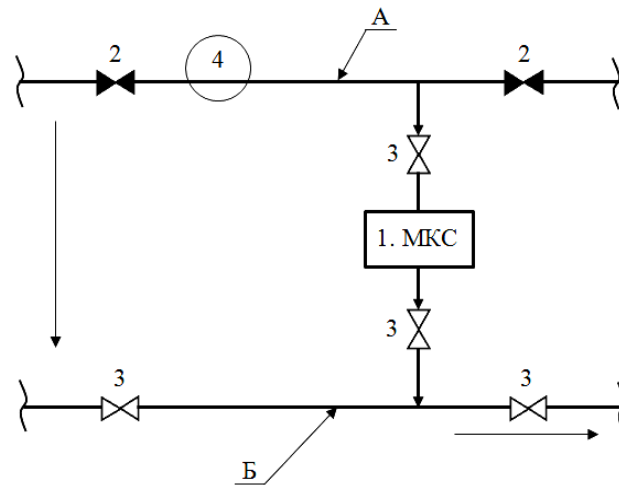


Рисунок 1 – Блок-схема MKC двониткова, паралельна:

1 – MKC; 2 – перекривна арматура у положенні «закрито»; 3 – перекривна арматура у положенні «відкрито»; 4 – місце проведення ремонтних робіт; «А» – газопровід, з якого перекачується газ; «Б» – газопровід, у який перекачується газ; «→» – напрямок руху газу.

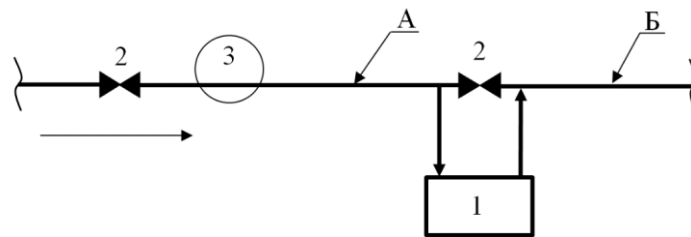


Рисунок 2 – Блок-схема MKC одониткова, послідовна:

1 – MKC; 2 – перекривна арматура у положенні «закрито»; 4 – місце проведення ремонтних робіт; «А» – ділянка газопровід з якої перекачується газ; «Б» – ділянка газопроводу до якої перекачується газ; «→» – напрямок руху газу/технологічні зв'язки обладнання.

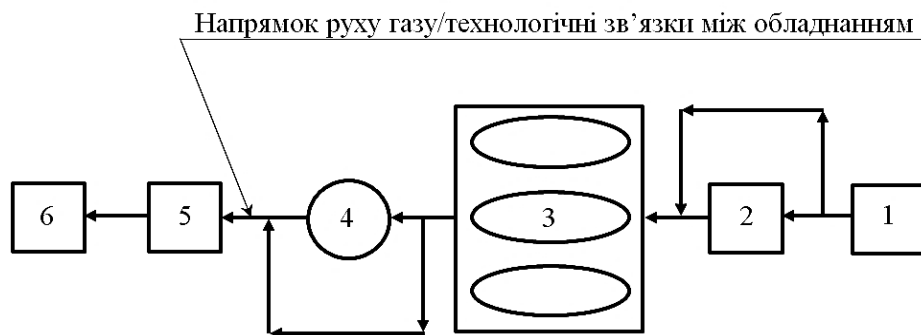


Рисунок 3 – Блок-схема установки акумуляції газу:

1 – джерело газу, який відповідає/не відповідає державним нормам, стандартам; 2 – блок первинної підготовки газу; 3 – блок акумулювання газу; 4 – блок компримування газу; 5 – блок вторинної підготовки газу; 6 – комунікації споживача.

Встановлено, що ключовими критеріями, за якими оцінюється ефективність застосування технології евакуації газу, є: безпека процесу перекачування газу лінійною частиною магістральних газопроводів (ЛЧМГ), час, який витрачається на перекачування газу, витрати паливного газу на роботу МКС.

Встановлено, що основними вимогами та особливими умовами під час формулювання завдання на проєктування компресорних агрегатів для МКС, є їх безпечність, продуктивність, економічність та екологічність.

Технологію евакуації природного газу розроблено з урахуванням того, що найвищим проявом безпеки газотранспортної системи є безперебійне постачання споживачів природним газом, без обмежень, за умови відсутності аварій елементів системи.

Наведено алгоритм проведення розрахунків при дослідженні процесу перекачування газу за допомогою МКС (рис. 4), з визначенням параметрів стану газу та термодинамічних властивостей газу у локалізованій ділянці магістрального газопроводу.



Рисунок 4 – Алгоритм проведення розрахунків перекачування газу

Враховуючи, що основним завданням управління МКС є забезпечення безпеки та ефективності процесу перекачування, а також підтримка балансу між продуктивністю агрегатів і витратою газу МКС та МГ, беручи до уваги проведені розрахунки часу перекачування газу, запропоновано в якості шляху

вирішення поставленого завдання, з метою створення оптимального алгоритму управління МКС, для регулювання режимів роботи поршневих компресорних агрегатів МКС окремо та для управління МКС в цілому, застосовувати наступну стійку закономірність (1):

$$\frac{dM_i(\tau)}{dP_i(\tau)} = const, \quad (1)$$

де $dM_i(\tau)$ – маса відкачаного газу, протягом заданого інтервалу часу;

$dP_i(\tau)$ – заданий інтервал зниження тиску, протягом i -го інтервалу часу

τ ,

τ – час перекачування газу.

Як приклад відображення закономірності (1), на рис. 5 наведений графік зміни відносного тиску газу у газопроводі МГ «А» (рис. 1) – \bar{P} і відносної маси газу – \bar{M} протягом відносного часу перекачування – $\bar{\tau}$.

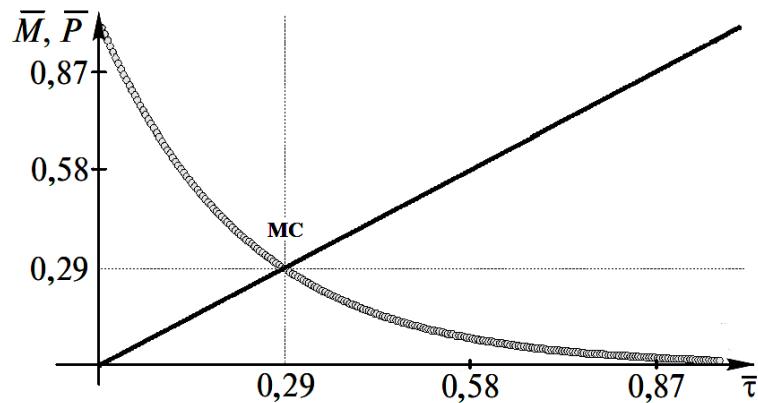


Рисунок 5 – Графік зміни відносного тиску та відносної маси газу протягом відносного часу перекачування

Встановлено, що залежність часу перекачування газу МКС від початкового тиску газу у МГ є прямою залежністю, тобто чим меншим є початковий тиск, тим менше потрібно часу МКС для перекачування газу.

На основі проведених досліджень запропоновано продуктивність компресорних агрегатів МКС підбирати, виходячи з геометричних параметрів локалізованої ділянки МГ та значення тиску газу в ній.

Проведено практичне обґрунтування отриманої залежності (1), при заданому часі перекачування газу з локалізованої ділянки магістрального газопроводу МГ «А» (DN1387, L=25 км) до МГ «Б» (рис. 1), $\tau_1=96$ год, від початкового тиску $P_{MG\langle A \rangle}=101,01$ кгс/см² до тиску ≤ 1 кгс/см², отримуємо наступні параметри, що відповідають точці «МС» (рис. 5):

$$P_i = P_{MG\langle A \rangle} \cdot \bar{P} = 101,01 \cdot 0,29 = 29,29 \text{ кгс/см}^2,$$

$$\tau = 0,29 \cdot \tau_1 = 0,29 \cdot 96 = 27,84 \text{ год},$$

Оптимальна швидкість зниження тиску газу компресором (станцією) тоді:

$$\frac{dp}{d\tau} = 1,052 \text{ кгс/см}^2.$$

Визначено, що згідно залежності (1) визначається, з урахуванням безпеки технології транспортування газу, необхідна кількість компресорних агрегатів у складі МКС.

Встановлено, при цьому, що оптимальна швидкість зниження тиску газу компресором МКС, при заданих показниках властивостей «системи» МГ«А-Б» (рис. 1), та агрегату МКС ± 70000 ст.м³/год – 0,3671 кгс/см²

Враховуючи результати наведеного вище розрахунку, з метою оптимізації часу перекачування газу, доцільно застосовувати більше ніж одну компресорну установку продуктивністю ± 70000 ст.м³/год.

З метою оптимізації часу перекачування, пропонується здійснювати підбір оптимальної кількості компресорних агрегатів у склад МКС для завданої ділянки МГ (рис. 1), використовуючи залежність (2):

$$X_{KY} = \frac{S_1}{S_2}, \quad (2)$$

де X_{KY} – розрахункова кількість компресорних агрегатів, од;

S_1 – оптимальна, розрахункова швидкість зниження тиску газу компресором (станцією) із заданою продуктивністю, кгс/см²;

S_2 – оптимальна швидкість зниження тиску газу компресором(станцією) за підсумком моделювання у часі роботи МКС, кгс/см².

Тобто:

$$X_{KY} = 1,052 / 0,3671 = 2,865 \text{ од.}$$

Дослідження дозволили визначати оптимальну продуктивність кожної з трьох компресорних установок (КУ) у складі МКС. У відповідності до розрахунку, з метою скорочення часу перекачування з локалізованої ділянки магістрального газопроводу (DN1387, L=25 км, $P_{MG\langle A \rangle} = 76,00$ кгс/см²) до діючого МГ, від початкового тиску 76,00 кгс/см² до кінцевого тиску ≥ 1 кгс/см², з 207 до 72 годин, доцільно використовувати МКС, яка містить у своєму складі три компресорні установки, об'ємною продуктивністю ≥ 68850 ст.м³/год, оптимальна швидкість відбору газу із локалізованої ділянки МГ при цьому повинна бути $\geq 1,052$ кгс/см².

Запропоновано технологічну схему імітаційного моделювання процесів транспортування газу ЛЧМГ (рис. 6).

Виходячи з результатів проведеного нами імітаційного моделювання та розрахунків, встановлено, що процес перекачування газу МКС, при використанні запропонованої нами технології, характеризується стійкістю процесів транспортування газу, що забезпечує виробничу безпеку газотранспортної системи.

Реалізація створеної моделі процесу перекачування газу дозволила встановити вплив кожного з елементів системи на параметри безпеки та час перекачування газу. Встановлено, що найбільший вплив на час перекачування

має маса газу у локалізованій ділянці магістрального газопроводу та режими транспортування газу МГ ЛЧМГ.

Таким чином, прийнята у дисертаційній роботі концепція відображає та забезпечує можливість впливати на питання оптимізації часу перекачування газу МКС не тільки характеристиками компресорних агрегатів МКС, а в тому числі і режимами транспортування газу МГ ЛЧМГ.

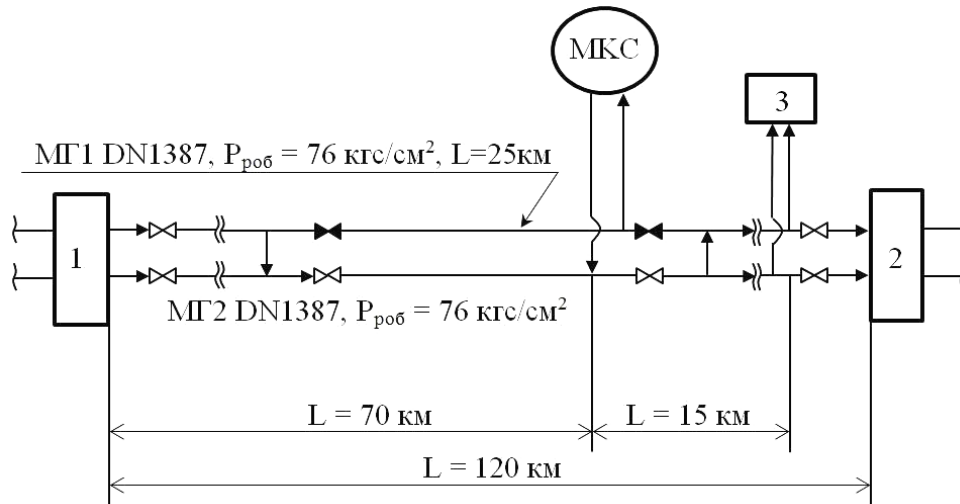


Рисунок 6 – Технологічна схема імітаційного моделювання ЛЧМГ:

1, 2 – компресорні станції МГ; МКС; 3 – споживач газу (область); « \rightarrow » – напрямок руху газу; L – протяжність ділянки МГ (км); $\blacktriangle \bowtie$ – лінійна арматура у положенні «закрито»/«відкрито».

З урахуванням того, що МКС зазвичай складається з декількох КУ (рис. 7), керування режимами МКС повинно здійснюватися шляхом підключення додаткових ступенів стискання (поршневих компресорних агрегатів) по мірі зниження обсягів об'ємної витрати газу в процесі зниження тиску у локалізованій ділянці МГ.

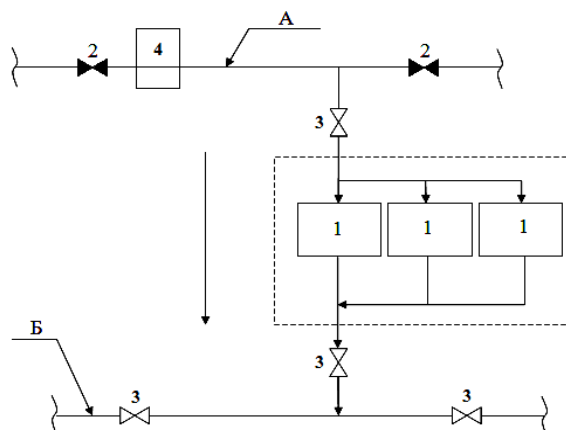


Рисунок 7 – Загальна пневматична схема багатоконпресорної МКС:

1 – КУ; 2 \bowtie – перекривна арматура (положення – «відкрито»); 3 \blacktriangle – перекривна арматура (положення – «закрито»); 4 – дефектна ділянка МГ; «А» – газопровід, з якого перекачується газ; «Б» – газопровід, до якого перекачується газ; « \rightarrow » – напрямок руху газу.

Проведені дослідження дозволили розробити алгоритм транспортування газу МКС – алгоритм регулювання режимів МКС з урахуванням безпеки технологічного процесу (рис. 8).

На основі проведених досліджень визначено, що до початку перекачування газу необхідно розрахувати параметри роботи МКС і газопроводів «А» та «Б» (рис. 7) та змоделювати в часі зміни маси, тиску, витрати газу та оптимальну швидкість зниження тиску, що дозволить забезпечити безпеку технологічного процесу та задати робочі параметри МКС і алгоритм керування (рис. 8) до головного блоку системи автоматичного керування МКС (САК МКС).

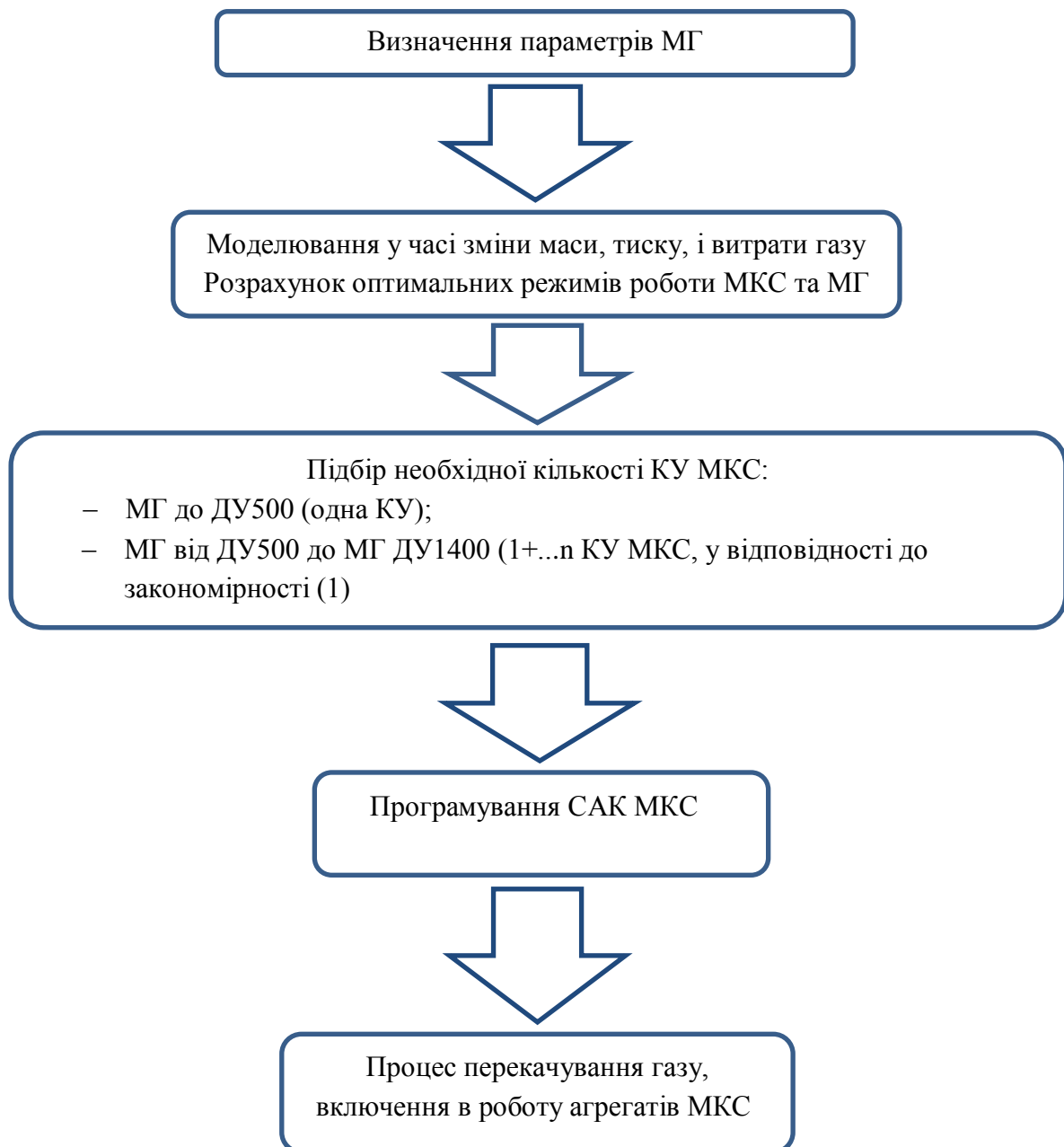


Рисунок 8 – Загальний алгоритм перекачування газу МКС

У **третьому розділі** на основі проведених досліджень визначено, що в Україні питання безпеки єдиної системи газопостачання (ЄСГ), ГТС законодавчо не врегульовані, чим значно ускладнюється процес управління ризиками зазначених систем на державному рівні. Встановлено, що підприємства нафтогазової галузі України, під час оцінювання ризиків, не користуються якісними методами ідентифікації небезпек та оцінювання ризиків, які враховують фактичний технічний стан об'єктів. Встановлено, що підприємства нафтогазової галузі України, під час розроблення та впровадження запобіжних заходів прогнозованим загрозам аварії магістральних газопроводів, не враховують наявність, у тому числі вітчизняних, технологій контролю тиску товарної продукції за рахунок її перекачування або акумулювання. Встановлено, що у нормативно-правовому полі України не регламентуються конструктивні, технологічні особливості МКС, охоронні зони для МКС, правила безпечної та технічної експлуатації таких компресорних станцій, що не дозволяє забезпечити належний рівень безпеки об'єктів галузі.

З урахуванням проведених досліджень запропоновано термінологічний апарат забезпечення безпеки процесів транспортування природного газу, а також формування ризик-орієнтованої концепції безпеки та енергоресурсоефективності нафтогазової галузі. Запропоновано дерево відмов для магістрального трубопроводу, встановлено основні експлуатаційні обмеження та фактори, які впливають на рівень безпеки об'єктів ГТС.

Запропоновано методіку визначення стану (рівня) безпеки та працездатності складних галузевих систем.

Запропоновану залежність, яка може характеризувати стан (рівень) відносної безпеки та працездатності системи, представлено у наступному виразі:

$$S_S = B_S, \quad (3)$$

де S_S – стан (рівень) відносної безпеки та працездатності системи;

B_S – показник стану відносної безпеки та працездатності системи (рівень безпеки).

Система знаходиться в стані відносної безпеки, якщо значення $B_S \leq 1$.

$$B_S = \frac{D_1}{A_1} + \frac{D_2}{A_2} + \dots + \frac{D_n}{A_n}, \text{ од.}, \quad (4)$$

де B_S – добуток співвідношень (баланс) між значеннями ймовірності настання подій, викликаних дією зовнішніх і внутрішніх факторів та/або умов (загроз), які можуть негативно вплинути на стан (рівень) безпеки та працездатності елементів системи, на усіх етапах існування системи, з урахуванням усіх потреб системи та значеннями ймовірності позитивного-компенсаційного впливу відповідних запобіжних заходів протидії зазначеним загрозам, у межах сучасних фахових понять, знань, уявлень і факторів та/або інших умов, які характеризують фактичний стан захищеності системи від дії зазначених загроз, од.;

D_n – числові значення ймовірності настання загроз, од. (≤ 1);

A_n – числові значення ймовірності позитивно-компенсаційного впливу запобіжних заходів протидії загрозам, од. (≤ 1).

Тоді стійку закономірність, яка може характеризувати рівень (стан) відносної безпеки та працездатності об'єктів газотранспортної галузі (іншої галузі промисловості) та/або галузі в цілому, можливо представити у наступному виразі:

$$S_{GS} = \frac{D_1}{A_1} \times \frac{D_2}{A_2} \times \frac{D_3}{A_3} \times \frac{D_4}{A_4} \times \frac{D_5}{A_5} \times \frac{D_6}{A_6} \times \frac{D_7}{A_7} \times \frac{D_8}{A_8} \times \dots + \frac{D_n}{A_n}, \text{ од.}, \quad (5)$$

де S_{GS} – стан (рівень) відносної безпеки та працездатності об'єктів газотранспортної (іншої) галузі;

D_1 – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією прогнозованих загроз травмування, загибелі, виникнення професійного захворювання осіб із числа експлуатаційного персоналу об'єктів галузі, загроз травмування, загибелі та захворювань інших осіб, нанесення шкоди обладнанню (устаткуванню), галузі (державі, іншим особам), пов'язаних із вибором методу ідентифікації (оцінювання ризику) прогнозованих загроз та математичного апарату оцінювання ймовірності їх настання, од.;

D_2 – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією прогнозованих загроз травмування, загибелі, виникнення професійного захворювання осіб із числа експлуатаційного персоналу об'єктів галузі, загроз травмування, загибелі та захворювань інших осіб, пов'язаних із виробничою діяльністю об'єктів галузі, од.;

D_3 – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією прогнозованих загроз травмування, загибелі, виникнення професійного захворювання осіб із числа експлуатаційного персоналу об'єктів галузі, загроз травмування, загибелі та захворювань інших осіб, пов'язаних із технічними, технологічними особливостями об'єктів галузі, од.;

D_4 – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією прогнозованих загроз невідповідності проєктних рішень об'єктів галузі вимогам чинного законодавства, од.;

D_5 – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією прогнозованих загроз невідповідності об'єктів галузі вимогам проєктної документації під час будівництва об'єктів галузі, од.;

D_6 – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією прогнозованих загроз невідповідності об'єктів галузі вимогам проєктної документації, правил безпеки, правил технічної експлуатації, технологічних регламентів, іншої нормативної документації під час їх експлуатації, од.;

D_7 – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією прогнозованих загроз виникнення аварії та/або розгерметизації трубопроводів (посудин, що працюють під тиском, тощо) випадкового/невипадкового характеру на об'єктах галузі під час їх експлуатації, од.;

D_8 – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією прогнозованих загроз обмеження постачання споживачів вуглеводнями, од.;

D_n – числове значення ймовірності настання подій, викликаних дією інших прогнозованих загроз, од.;

$A_{1,2,3...n}$ – числові значення ймовірності позитивно-компенсаційного впливу запобіжних, організаційно-технічних заходів протидії ідентифікованим /прогнозованим загрозам $D_{1,2,3...n}$ (скорочення загроз $D_{1,2,3...n}$ /ухилення від загроз $D_{1,2,3...n}$ /виключення загроз $D_{1,2,3...n}$), од.

При цьому під час визначення числових значень ймовірності настання подій, викликаних дією зовнішніх і внутрішніх факторів та/або умов (загроз), а також ймовірності позитивно-компенсаційного впливу відповідних запобіжних заходів протидії зазначеним загрозам, важливим є застосування одного і того ж самого математичного апарату. Під час розроблення та впровадження комплексу заходів протидії прогнозованим загрозам $D_{6,7,8}$ застосування технології запобігання емісії вуглеводнів у навколишнє природне середовище, робочу зону шляхом їх евакуації та/або акумуляування є дієвим запобіжним заходом забезпечення безпеки та енергоефективності об'єктів ГТС.

Енергоресурсоефективність складних систем тісно пов'язана з їх безпекою та працездатним станом. Залежність, що характеризує рівень (стан) енергоресурсоефективності системи, можливо представити у наступному виразі:

$$E_S = (E_2 + E_3) - (E_1 + E_3), \text{ облікових одиниць,} \quad (6)$$

де E_S – енергоресурсоефективність системи, од.;

E_1 – витрати ресурсів за попередній аналогічний період функціонування системи, од.;

E_2 – витрати ресурсів за поточний період функціонування системи, од.;

E_3 – витрати ресурсів на впровадження запобіжних заходів, од.

При цьому, у кінцевому розрахунку, приймають участь витрати ресурсів, виражені у грошовому еквіваленті, з урахуванням індексу інфляції.

Проведені дослідження, аналіз сучасних ризик-орієнтованих концепцій, аналіз нормативної документації, яка застосовується підприємствами-операторами газотранспортної системи та підземних сховищ газу України під час проведення ідентифікації небезпек та оцінювання ризиків у сфері охорони праці та промислової безпеки, дозволили розробити та запропонувати оптимальний алгоритм ідентифікації небезпек та ризиків МКС (ГТС), який об'єднує якісний і кількісний підходи до оцінювання ризику та не конфліктує із чинним законодавством із питань охорони праці (рис. 9).

Запропонована концепція безпеки та енергоресурсоефективності нафтогазової галузі України – нафтогазова галузь може бути відносно безпечною та енергоресурсоефективною за умов, якщо її об'єкти будуть знаходитись у такому технічному стані, стані захищеності (функціонування), коли дія зовнішніх і внутрішніх факторів (прогнозованих загроз) не буде призводити до процесів, які можуть вважатися небезпечними і негативними по відношенню до них, до працівників галузі, до інших осіб, до постачання споживачів вуглеводнями (воднем), до енергоресурсоефективності машин (механізмів, устаткування), до навколишнього середовища, та/або технологічне

обладнання (агрегати) і їх герметичність, інші явища та процеси набудуть властивостей зберігатися під дією руйнуючих впливів.

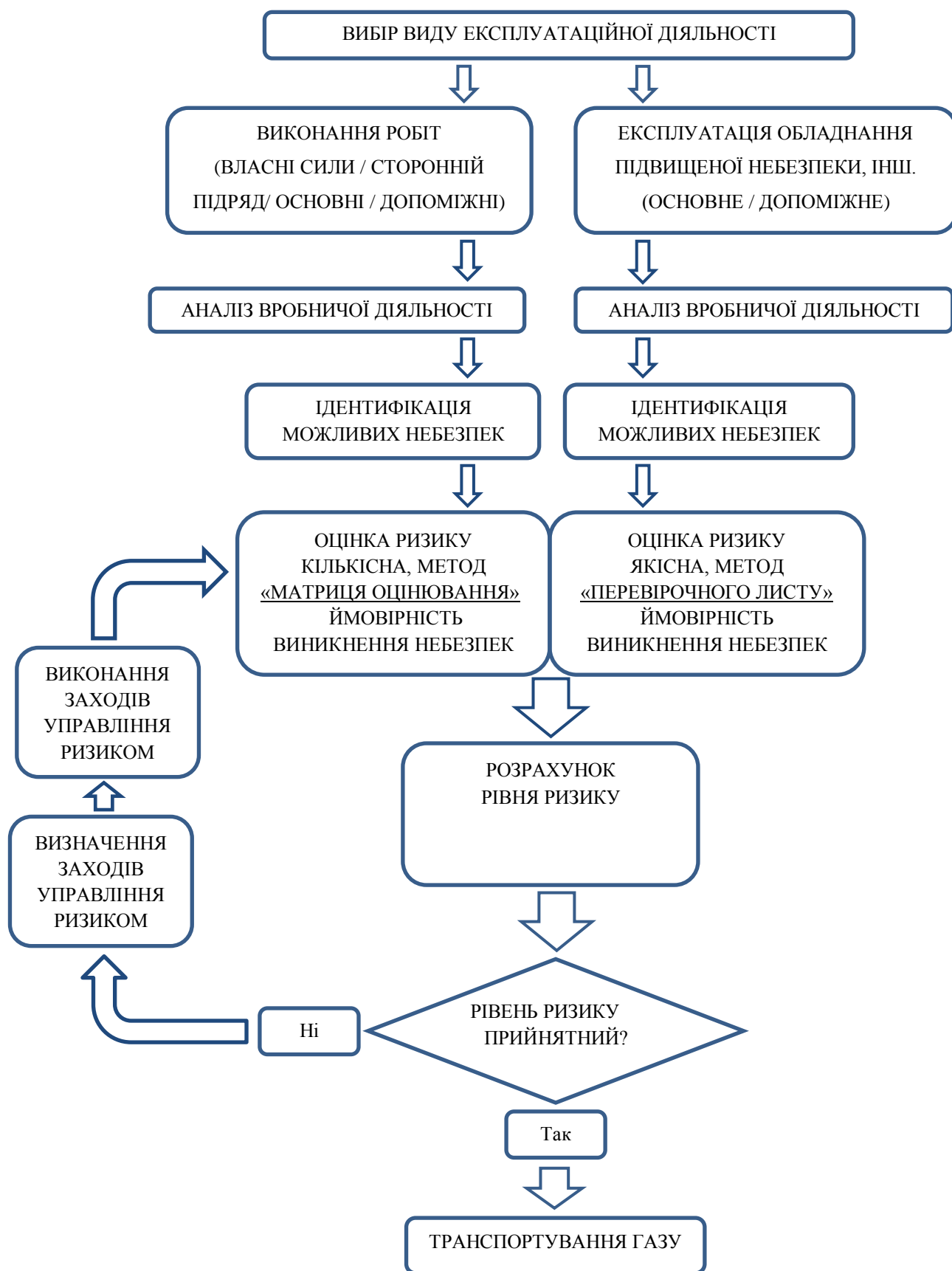


Рисунок 9 – Алгоритм ідентифікації небезпек та оцінювання ризику з урахуванням кількісної і якісної оцінки ризику

У четвертому розділі запропоновано способи транспортування газу з використанням мобільних компресорних станцій, що дозволяють без зупинки газопостачання та стравлювання великих обсягів газу проводити ремонтні та регламентні роботи на об'єктах магістральних газопроводів із урахуванням безпеки технологічних процесів. Розроблені рекомендації щодо підвищення рівня безпеки та енергоресурсоефективності газотранспортних підприємств. Запропоновано проєкт змін до положень нормативно-правових актів та будівельних норм і правил, що регулюють питання будівництва та експлуатації магістральних трубопроводів. Розроблено основні організаційно-технічні заходи, сформульовано технічні вимоги до застосування мобільних компресорних станцій. Запропоновано комплекс заходів із охорони праці, виробничої безпеки та охорони навколишнього природного середовища під час експлуатації мобільних компресорних станцій. Проведено оцінювання виробничого ризику технології евакуації природного газу. Наведені відомості про ймовірний соціально-економічний ефект зазначеної технології.

ВИСНОВКИ

На підставі виконаних досліджень, викладених у дисертації, сформульовані та обґрунтовані наукові пропозиції, сукупність яких є теоретичним узагальненням та новим вирішенням актуальної науково-прикладної задачі підвищення рівня безпеки магістральних газопроводів та технологічних процесів транспортування газу за допомогою мобільних компресорних станцій, що знайшло відображення в такому:

1. Проведено аналіз стану виробничої безпеки та енергоресурсоефективності газотранспортної системи України. Визначено, що під час експлуатації об'єктів магістральних газопроводів, а саме виконання ремонтних та регламентних робіт, рівень виробничої безпеки та енергоресурсоефективності не відповідає сучасним методам управління з урахуванням ризик-орієнтованого підходу. Встановлено, що в Україні до теперішнього часу на державному рівні відсутня методика, яка дозволяє визначати та прогнозувати рівень ризиків під час експлуатації магістральних газопроводів.

2. На основі проведених досліджень запропоновано термінологічний апарат, який створено з метою визначення та підвищення рівня виробничої безпеки процесів транспортування природного газу, а також формування ризик-орієнтованої концепції безпеки та енергоресурсоефективності нафтогазової галузі.

3. Встановлено, що за наявності в країнах Західної Європи розробок у сфері евакуації природного газу із локалізованих ділянок магістральних газопроводів, способи проведення зазначених робіт, у тому числі спосіб, запропонований компанією LMF, часом не є енергоресурсоефективними та не в повній мірі відповідають вимогам виробничої безпеки, які застосовуються в Україні.

4. З метою підвищення безпеки та запобігання викидам природного газу при виконанні ремонтних робіт запропоновано і запатентовано технологію евакуації природного газу з ділянок магістральних газопроводів, що підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню.

5. Розроблено алгоритм проведення розрахунків при дослідженні процесу перекачування газу за допомогою мобільної компресорної станції, з визначенням значень маси, тиску та інших термодинамічних властивостей газу у локалізованій ділянці магістрального газопроводу, при проведенні ремонтних робіт.

6. На основі проведеного імітаційного моделювання процесів транспортування газу з локалізованої ділянки магістрального газопроводу при виконанні ремонтних робіт, із застосуванням запропонованої технології (технологічної схеми), встановлено залежність зміни відносного тиску та відносної маси газу в залежності від часу перекачування газу МКС, а також пряму залежність часу перекачування газу із локалізованої ділянки магістрального газопроводу від його тиску та температури, що дозволяє забезпечити безпеку технологічного процесу та підвищити швидкість процесу перекачування – від 6 до 135 годин.

7. Запропоновано дерево відмов для магістрального трубопроводу та методику визначення стану (рівня) безпеки та працездатності складних галузевих систем, встановлено основні експлуатаційні обмеження та фактори, які впливають на безпеку процесів транспортування природного газу.

8. Запропонована «Концепція безпеки та енергоресурсоефективності нафтогазової галузі України, забезпечення безпеки об'єктів галузі від прогнозованих загроз».

9. Результати дисертаційної роботи впроваджені: в Головному управлінні Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Дніпропетровській області; в Державній службі України з питань праці під час формування нової редакції нормативно-правових актів з питань охорони праці (НПАОП 11.1-1.01-08 «Правил безпеки в нафтогазодобувній промисловості України», НПАОП 60.3-1.01-10 «Правил безпечної експлуатації магістральних газопроводів»; в Пролетарському виробничому управлінні підземного зберігання газу АТ «Укртрансгаз» НАК «Нафтогаз України».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Мацук З. М., Бунько Т. В., Сафонов В. В. До питання евакуації природного газу з дефектних ділянок магістральних газопроводів. *Геотехнічна механіка*. 2016. Вип. 127. С. 217–225.

2. Мацук З. М., Бунько Т. В., Сафонов В. В. Вдосконалення нормативно-правових актів з охорони праці у нафтогазовій промисловості. *Геотехнічна механіка*. 2016. Вип. 128. С. 205–215.

3. Безпека дальнього транспорту газу / Бунько Т. В., Сафонов В. В., Стрежекуров Е. Є., Мацук З. М. *Геотехнічна механіка*. 2018. Вип. 139. С. 106–115. DOI: 10.15407/geotm2018.02.

4. Бунько Т. В., Сафонов В. В., Мацук З. М. Спосіб евакуації природного газу з ділянки магістрального газопроводу, яка підлягає ремонту. *Геотехнічна механіка*. 2018. Вип. 140. С. 143–157. DOI: 10.15407/geotm2018.03.

5. Технологія евакуації природного газу / Беліков А. С., Мацук З. М., Шаломов В. А., Рагімов С. Ю. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 5. С. 10–17.

6. Беліков А. С., Мацук З. М., Проців В. В. Енергоресурсний менеджмент. *Гірнична електромеханіка та автоматика*. 2019. Вип. 102. С. 91–97.

7. Беліков А. С., Мацук З. М. Ризик-орієнтований підхід до питання виробничої безпеки та енергоресурсоефективності газотранспортних підприємств. *Геотехнічна механіка*. 2020. Вип. 152. С. 224–253. DOI: 10.15407/geotm2020.152.244.

8. Мацук З. Н. Безопасность единой системы газоснабжения. Мобильные компрессорные станции. *The scientific heritage*. Budapest, 2021. Vol. 1., № 61. P. 50–53. DOI: 10.24412/9215-0365-2021-61-1-50-53.

9. Matsuk Z. N., Bunko T. V., Belikov A. S., Shalomov V. A. Regularities of safe control of piston compressor units of mobile compressor stations. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2021. № 2. P. 76–81. DOI: 10.33271/nvngu/2021-2 (видання включено до міжнародної наукометричної бази Scopus).

10. Беліков А. С., Мацук З. М. Нормативне забезпечення безпеки транспорту газу. Проектування мобільних компресорних станцій. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2021. № 2. С. 13–19. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270421.13.746.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

11. Мацук З. М., Сафонов В. В. Аналіз та шляхи вдосконалення нормативно-методичного забезпечення щодо безпеки далекого транспортування газу. *Молодь: наука та інновації*: тези доп. IV всеукр. наук.-техн. конф., 6–7 грудня 2016 р. Дніпро: ДВНЗ НГУ, 2016. Т. 9. С. 10–11.

12. Мацук З. М., Сафонов В. В. Обґрунтування способу контролю тиску газу у магістральному газопроводі. *Наукова весна*: тези доп. VIII всеукр. наук.-техн. конф., 26-27 квітня 2017 р. Дніпро: ДВНЗ НГУ, 2017. Т. 9. С. 2–3.

13. Беліков А. С., Мацук З. М. Технологія евакуації природного газу. *Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика*: тези доп. VI міжнар. наук.-практ. конф., 11-14 вересня 2019 р. Херсон: ХДМА, 2019. С. 91–93.

14. До питання підвищення рівня безпеки та надійності магістральних газопроводів / Беліков А. С., Шаломов В. А., Мацук З. М., Волошин В. В. *Сучасні інноваційні та інформаційні технології в перевезенні небезпечних вантажів*: тези доп. 2-А міжнар. наук.-практ. конф., 14-15 листопада 2019 р. Харків: УкрДУЗТ, 2019. С. 43–45.

15. Мацук З. М. Забезпечення безпеки дальнього транспорту газу, керування мобільними компресорними установками. *Потураївські читання: тези доп. XVIII міжнар. наук.-техн. конф.*, 24 січня 2020 р. Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. С. 32–33.

16. Беліков А. С., Мацук З. М. Виробнича безпека та енергоресурсоефективність магістрального транспорту газу. *Сучасний рух науки: XI міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.*, 8–9 жовтня 2020 р. Дніпро, 2020. Т. 1. С. 62–65.

17. Мацук З. М. Концепція безпеки та енергоресурсоефективності нафтогазової галузі України. *Потураєвські читання: тези доп. XIX всеукр. наук.-техн. конф.*, 22 квітня 2021 р. Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. С. 71–72.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

18. Мацук З. М., Кобеза О. І. Спосіб контролю тиску газу у магістральних, технологічних або міжпромислових газопроводах: пат. 96340 Україна: МПК F17D 1/100. № u2014 10195; заявл. 16.09.2014; опубл. 26.01.2015, Бюл. № 2. 7 с.

19. Мацук З. М., Мацук О. О., Кобеза О. І. Спосіб контролю тиску газу у магістральних, технологічних або міжпромислових газопроводах: пат. 999367 Україна: МПК F17 D1/100. № u 2015 00629; заявл. 26.01.2015; опубл. 25.05.2015, Бюл. № 10. 10 с.

20. Мацук З. М., Андрусів В. М. Установка транспортування газу: пат. 100214 Україна: МПК F17D 1/100, F17D 5/00, F25J 3/00. № u 2015 01759; заявл. 10.07.2015; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 13. 6 с.

21. Мацук З. М. Аналіз техногенного ризику лінійної частини магістральних газопроводів. *Геотехнічна механіка*. 2019. Вип. 149. С. 160–174. DOI: 10.15407/geotm2019.149.160.

АНОТАЦІЯ

Мацук З.М. Підвищення рівня безпеки магістральних газопроводів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – охорона праці. – Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Міністерства освіти і науки України, Дніпро, 2021.

Дисертація присвячена вирішенню науково-прикладної задачі підвищення рівня безпеки магістральних газопроводів (газотранспортних підприємств) нафтогазової галузі України.

Наведені результати дослідження процесу транспортування природного газу за допомогою мобільних компресорних станцій.

Розроблено технологію та проєкт виконання робіт з евакуації природного газу з ділянки (ділянок) магістральних газопроводів, що підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню. Розроблено методику визначення стану (рівня) безпеки та працездатності складних галузевих систем.

Розроблено алгоритм ідентифікації небезпек та оцінювання ризику з урахуванням кількісної і якісної оцінок. Розроблено «Концепцію безпеки та енергоресурсоефективності нафтогазової галузі України, забезпечення безпеки об'єктів галузі від прогнозованих загроз». Розроблена технологія евакуації природного газу з ділянки (ділянок) магістрального газопроводу, що підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню, запатентована в Україні та знаходиться на стадії впровадження.

Ключові слова: людина, безпека, охорона праці, природний газ метан, евакуація, ремонт.

АННОТАЦИЯ

Мацук З.Н. Повышение уровня безопасности магистральных газопроводов. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.01 – охрана труда. – Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» Министерства образования и науки Украины, Днепр, 2021.

Диссертация посвящена решению научно-прикладной задачи повышения уровня безопасности магистральных газопроводов (газотранспортных предприятий) нефтегазовой отрасли Украины.

Приведены результаты исследования процесса транспортировки природного газа посредством мобильных компрессорных станций.

Разработана технология и проект выполнения работ по эвакуации природного газа с участка (участков) магистральных газопроводов, подлежащих ремонту (техническому обслуживанию) и/или отключению. Разработана методика определения уровня безопасности и работоспособности сложных отраслевых систем. Разработан алгоритм идентификации опасностей и оценки риска с учетом количественной и качественной оценки. Разработана «Концепция безопасности и энергоресурсоэффективности нефтегазовой отрасли Украины, обеспечения безопасности объектов отрасли от прогнозируемых угроз». Разработанная технология эвакуации природного газа с участка (участков) магистрального газопровода, подлежащих ремонту (техническому обслуживанию) и/или отключению, запатентована в Украине и находится на стадии внедрения.

Ключевые слова: человек, безопасность, охрана труда, природный газ метан, эвакуация, ремонт.

SUMMARY

Matsuk Z.M. Improvement the level of safety of main gas pipelines. – As a manuscript.

Thesis for the scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 05.26.01 – labour safety. – State higher educational establishment «Prydniprovsk

state academy of civil engineering and architecture» of the Ministry of education and science of Ukraine, Dnipro, 2021.

The dissertation is devoted to the decision of a scientific and technical problem of increase of level of safety of the main gas pipelines (gas transport enterprises) of oil and gas branch of Ukraine.

Based on the analysis of scientific publications and patents on the topic of the dissertation, it is determined that the traditional basis using existing in Ukraine methods of gas transportation used to empty sections of the selected main pipeline from natural gas, inefficient, industrial and environmentally unsafe, therefore - impractical.

The experience of previous research in the oil and gas industry of Ukraine indicates a lack of appropriate equipment, innovative technologies, regulatory and organizational and technical support of the process of emptying sections of the selected main gas pipeline from natural gas, which hinders the introduction of new technologies. However, the organization of gas pumping (evacuation, accumulation), instead of blowing it into the air or working on the consumer, is a very promising area, especially at the facilities of production (synthesis), preparation and main transportation of natural (associated) gas (hydrogen).

The profile (branch) scientific and technical literature and normative legal acts of Ukraine do not pay due attention to theoretical and experimental researches and normative regulation of issues of increase of industrial safety of objects of extraction and main transport of natural gas. As a result, gas production and gas transmission companies still use obsolete, industrial and environmentally hazardous methods of emptying sections of the selected main gas pipeline from natural gas.

The research results became the basis for the development and substantiation of innovative methods of gas transportation, created to empty the section / sections of the main gas pipeline, subject to repair (maintenance) and / or disconnection, which is reflected in utility model patents, scientific articles, reports at scientific conferences, etc. The developed methods (technology) allow not only to increase the level of production safety of main gas pipelines (industry enterprises), but also to significantly reduce the side losses from the release of natural gas into the environment.

This approach once again emphasizes the relevance of the research topic on the use of gas transportation facilities based on mobile compressor stations with appropriate regulatory and organizational and technical support and feasibility study.

The dissertation presents the results of research of the process of natural gas transportation by means of mobile compressor stations. From the technical point of view, the dissertation addressed the general tasks of improving production technologies, preparation for transportation, transportation by main gas pipelines and distribution of hydrocarbons, which led to the creation of new methods and installations for transportation (pressure control) of natural gas. In this sense, the author has developed a new technology and patented in Ukraine methods of gas pressure control, obtained three patents for utility models. Two of them concern the methods of evacuation of gas from the section of the main gas pipeline, without venting gas into the air and triggering gas on the consumer, without stopping the

technological process of transportation, without making significant changes in the structure and further safe operation of main gas pipelines. due to its pumping to another main gas pipeline or to the next / previous section of the same main gas pipeline. The following results were obtained: the technology and project of execution of works on evacuation of natural gas from the section (sections) of the main gas pipelines, which are subject to repair (maintenance) and / or disconnection, were developed. A method (methodology) for determining the level of safety and performance of complex industry systems has been developed. An algorithm for hazard identification and risk assessment taking into account quantitative and qualitative assessments has been developed. The "Concept of safety and energy efficiency of the oil and gas industry of Ukraine, ensuring the safety of industry facilities from projected threats" has been developed. The technology of evacuation of natural gas from the section (sections) of the main gas pipeline, which is subject to repair (maintenance) and / or disconnection, is patented in Ukraine and is under implementation.

Keywords: man, safety, labour protection, natural gas methane, evacuation, repair.