

## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора

Шевченка Володимира Георгійовича

на дисертаційну роботу

**МАЦУКА ЗАХАРА МИКОЛАЙОВИЧА**

**«Підвищення рівня безпеки магістральних газопроводів»,**

подану до спеціалізованої вченої ради Д 08.085.01 при Державному вищому навчальному закладі «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – охорона праці

Роботу виконано в Державному вищому навчальному закладі «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (надалі ДВНЗ «ПДАБА»).

Науковий керівник – заслужений діяч науки і техніки України, завідувач та професор кафедри безпеки життєдіяльності ДВНЗ «ПДАБА», доктор технічних наук, професор Беліков Анатолій Серафимович.

### **Актуальність теми.**

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.

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.

Дисертаційна робота здобувача присвячена удосконаленню існуючої технології транспортування газу магістральними газопроводами з метою підвищення рівня охорони праці (виробничої безпеки) та енергоресурсоефективності магістральних газопроводів шляхом застосування операції перекачування газу із локалізованої ділянки магістрального газопроводу, що підлягає ремонту (відключенню) замість його стравлювання у повітря, що дійсно є актуальною задачею.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами і темами**

Дисертаційна робота виконана згідно з основними положеннями Закону України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ, Закону України «Про ратифікацію Кіотського протоколу до Рамкової Конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату» від 04.02.2004 р. № 1430-ІV, «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

*Proc. N 34 - 05 / 245*

*9.12.2021*

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 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).

**Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій сформульованих у дисертації.** Наукові положення дисертації ґрунтуються на використанні комплексного методу, 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.

**Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій,** сформульованих у дисертації, підтверджується комплексом теоретичних та експериментальних досліджень, використанням фундаментальних положень фізики та математики, відповідністю висновків та результатів фізичній суті досліджуваних явищ, розробленням наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи на основі загальноприйнятих теоретичних засад за допомогою коректних методів досліджень, задовільною збіжністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень, апробацією наукових положень, методів і рекомендацій на наукових конференціях та семінарах, схваленням та використанням результатів дисертації у практиці охорони праці.

Це дозволило здобувачу розробити та впровадити заходи підвищення безпеки магістральних газопроводів.

Основні висновки логічно та обґрунтовано витікають з проведених досліджень, що підтвердило достатню відповідність дослідних даних їх розрахунковим величинам та фізичній суті досліджуваних явищ.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

Достовірність досліджень базується на проведенні теоретичних та експериментальних досліджень, розроблені теоретичних, технічних рішень і практичних рекомендації для підвищення рівня безпеки магістральних газопроводів.

Наукова новизна досліджень полягає у тому, що:

- 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;
- одержали 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;
- одержало 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 перекиривний вимикаючий пристрій (лінійний

кран) по ходу/проти ходу газу, або у сусідній магістральний газопровід, тиском від 55 bar до 100 bar, до надлишкового тиску  $\leq 1$  bar, протягом 48–96 годин, що дозволить забезпечити безпеку технологічних процесів транспорту природного газу магістральними газопроводами.

**Практична цінність дисертаційної роботи** полягає у:

– можливості застосування запропонованої технології евакуації природного газу із ділянок трубопроводів, які підлягають ремонту (відключенню) з метою підвищення рівня охорони праці та виробничої безпеки магістральних газопроводів за рахунок забезпечення більш повної герметичності процесів транспортування природного газу;

– застосуванні запропонованої технології евакуації природного газу із ділянок трубопроводів, що підлягають ремонту (відключенню), з метою надання можливості газотранспортним підприємствам значно скоротити обсяги виробничих втрат природного газу за рахунок скорочення виробничої операції стравлювання природного газу у навколишнє середовище під час проведення будівельних, монтажних, ремонтних та регламентних робіт.

**Повнота висвітлення результатів досліджень у наукових публікаціях, відповідність змісту автореферату матеріалам дисертаційної роботи.**

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.

Опубліковані праці вичерпно відображають положення, результати, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації.

**Оцінка змісту роботи.**

Дисертація містить вступ, 4 розділи, висновки і 3 додатки.

**Розділ 1** присвячено аналізу особливостей газотранспортної системи України, характеристиці сучасного стану галузі її проблемним питанням, аналізу сучасних енергоресурсоефективних технологій, які підвищують рівень виробничої безпеки об'єктів магістральних газопроводів, аналізу чинного законодавства, стандартів, положень, будівельних норм і правил у питаннях планування та проведення ремонтних робіт на об'єктах магістрального транспорту газу, аналізу методів прогнозу та оцінки ризиків під час експлуатації магістральних газопроводів, висвітлені принципів та декларативних засад державної політики у питанні охорони праці та виробничої безпеки, формулюванню основних задач та напрямків досліджень.

**У розділі 2** визначено, що при наявності в країнах західної Європи передових розробок у галузі компресоробудування, способи евакуації природного газу із локалізованих ділянок магістральних газопроводів часом

не є енергоресурсоефективними, не в повній мірі відповідають вимогам виробничої безпеки та мають певні недоліки. Обґрунтовано необхідність розробки компактної мобільної компресорної станції (надалі – МКС), здатної перекачати газ з локалізованої ділянки магістрального газопроводу довжиною 25-30 км (діаметром 500-1400 мм), за перекирвний вимикаючий пристрій (лінійний кран) по ходу/проти ходу газу, або у сусідній магістральний газопровід, тиском від 55 bar до 100 bar, до надлишкового тиску  $\leq 1$  bar, протягом 48-96 годин. Запропоновано технологію евакуації природного газу з ділянок магістральних газопроводів, що підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) та/або відключенню. Розроблено алгоритм проведення розрахунків при дослідженні процесу перекачування газу за допомогою МКС. Запропонована технологічна схема імітаційного моделювання процесів транспортування газу мобільною МКС. Встановлено залежність зміни відносного тиску та відносної маси газу в залежності від часу перекачування газу МКС, а також пряму залежність часу перекачування газу МКС із локалізованої ділянки магістрального газопроводу від його тиску та температури. Встановлено, що процес перекачування газу МКС, при використанні запропонованої здобувачем технології, характеризується стійкістю процесів перекачування, що забезпечує безпеку технологічного процесу. Розроблені заходи підвищення швидкості та енергоресурсоефективності процесу перекачування газу МКС. Доведено, що застосування технології евакуації природного газу із ділянок магістрального газопроводу, що підлягають ремонту (технічному обслуговуванню) є безпечним, прогнозованим та енергоресурсоефективним заходом підвищення виробничої безпеки газотранспортних підприємств. Встановлено, що найбільший вплив у системі «компресорна станція – магістральний газопровід, споживач – компресорна станція» має маса газу у локалізованій ділянці магістрального газопроводу та режими транспортування газу лінійною частиною магістральних газопроводів. Розроблено алгоритм транспортування газу МКС та алгоритм регулювання режимів МКС з урахуванням безпеки технологічного процесу.

**У третьому розділі** висвітлені проблемні питання чинного законодавства у питанні управління ризиками галузевих систем на галузевому та державному рівні. Запропоновано термінологічний апарат, який створено з метою визначення та підвищення рівня виробничої безпеки процесів транспортування природного газу (водню), 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 газотранспортної системи (МКС), що дозволило ідентифікувати нові ризики, пов'язані з експлуатацією МКС, та запропонувати заходи керування ними. Запропоновано ефективний та раціональний ризик-орієнтований підхід у питаннях ідентифікації та оцінки ризиків. Встановлені раціональні залежності у питаннях визначення стану

(рівня) безпеки та енергоресурсоефективності галузі, що вперше дозволило запропонувати базову методику визначення рівня безпеки та енергоресурсоефективності галузі. Запропоновано оптимальний алгоритм ідентифікації небезпек та ризиків, який об'єднує якісний і кількісний підходи оцінки ризику та не конфліктує з чинним законодавством з питань охорони праці. Встановлено, що за умов дотримання вимог проєктних рішень, виконання вимог охорони праці, виробничої безпеки, правил технічної та безпечної експлуатації магістральних газопроводів та МКС настанови з монтажу та експлуатації МКС усі ризики процесу перекачування газу МКС не перевищують значень ризиків від експлуатації об'єктів магістральних газопроводів, до яких вона підключена, і є прийнятними. Запропоновано «Концепцію безпеки та енергоресурсоефективності нафтогазової галузі України, забезпечення безпеки об'єктів галузі від прогнозованих загроз».

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 з 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, регулюючих питання будівництва та експлуатації магістральних трубопроводів. Проєкт змін до нормативно-правових актів з питань охорони праці направлено до Держпраці з метою їх впровадження. Розроблено основні організаційно-технічні заходи, сформульовано технічні вимоги до застосування мобільних компресорних станцій. Запропоновано комплекс заходів з охорони праці, виробничої безпеки та охорони навколишнього природного середовища під час експлуатації мобільних компресорних станцій. Одержані висновки та рекомендації впроваджені у ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області, НАК «Нафтогаз України» АТ «Укртрансгаз» Пролетарське управління підземного зберігання газу, навчальному процесі Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури».

#### **Зауваження та запитання до дисертації:**

1. Назву дисертації потрібно було б «звузити» та відобразити в ній предмет дослідження, на який спрямована основна увага здобувача.

2. При викладенні актуальності теми необхідно було б коротко зупинитись на основних проблемах, які мають місце при експлуатації ГТС, та відобразити, що не зроблено в науці в цьому напрямку, і також більш чітко сформулювати наукове завдання, яке вирішується в дисертації.

3. Задачі дисертації носять здебільшого прикладний характер. Хоча по розділах надаються більш чіткі формулювання підзадач.

4. В розділі «Наукова новизна одержаних результатів» необхідно було б зупинитися на основних суто наукових результатах та дати їх більш конкретніше.

5. В розділі 1.1 (стор. 35) психофізіологічні фактори віднесено до небезпечних виробничих чинників. Це твердження потребує пояснення.

6. При викладенні технологій евакуації, акумулювання природного газу (підрозділ 2.1) необхідно було б подати обґрунтування таких рішень.

7. З опису розділу 2.3.3 не ясно, в чому особливість та відмінність імітаційної моделі транспортування газу, запропонованої автором.

8. При описі закономірності, яка характеризує рівень відносної безпеки та працездатності об'єктів газотранспортної галузі (підрозділ 3.9) необхідно було б дати кількісну оцінку наведених ймовірностей з адаптацією до запропонованих вище технологій.

9. З опису підрозділу 4.4.10 не ясно, чи враховувалась дія людського фактору на величину виробничого ризику?

10. В авторефераті при викладенні результатів розділу 4 необхідно було б навести приклади розрахунку виробничого ризику та фактори економічної ефективності впровадження запропонованих технологій.

#### **Загальна оцінка дисертаційної роботи.**

1. Розглянута дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, в якому отримані нові науково обґрунтовані результати. Вирішена конкретна наукова задача підвищення рівня безпеки магістральних газопроводів (нафтогазової галузі), що має практичне значення для спеціалістів у галузі проектування, будівництва, експлуатації об'єктів магістральних газопроводів, Державної служби України з питань праці, Державної служби України з надзвичайних ситуацій, профільних міністерств та органів виконавчої влади.

2. 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 магістральних газопроводів 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.

3. Зміст автореферату ідентичний дисертації та розкриває її суть. Дисертаційна робота написана грамотно з використанням сучасної наукової і технічної термінології, включає ілюстративний матеріал і відповідні змістовні таблиці. Поставлені мета і задачі досліджень здобувачем виконані.

4. Дисертаційна робота має впровадження:

– у Головному управлінні Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Дніпропетровській області впроваджено запропонований термінологічний апарат та концептуальні засади забезпечення безпеки магістральних газопроводів як об'єктів нафтогазової галузі України, «Методику визначення стану (рівня) безпеки та працездатності складних галузевих систем»;

– у Пролетарському виробничому управлінні підземного зберігання газу АТ «Укртрансгаз» НАК «Нафтогаз України» впроваджено алгоритм ідентифікації небезпек та оцінювання ризику з урахуванням їх кількісної і якісної оцінки, дерево відмов магістрального трубопроводу, «Методику визначення стану (рівня) безпеки та працездатності складних галузевих систем», «Проект 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)»;

– у Держпраці 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»);

– у Державному вищому навчальному закладі «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».

7. Наведені зауваження не впливають на позитивну оцінку дисертації в цілому, вона відповідає спеціальності 05.26.01 – охорона праці(пп. 1, 4, 5 напрямків досліджень згідно з паспортом спеціальності) та профілю спеціалізованої вченої ради Д 08.085.01.

8. Дисертація відповідає діючим вимогам, що пред'являються до кандидатських дисертацій (п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів»), а здобувач Мацук Захар Миколайович, заслуговує надання йому наукового ступеню кандидата технічних наук.

#### Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,  
вчений секретар Інституту  
геотехнічної механіки  
ім. М.С. Полякова Національної  
академії наук України



*В. Шевченко*

Володимир ШЕВЧЕНКО

