

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО ПИТАННЯ ВИРОБНИЧОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЕНЕРГОРЕСУРСООФЕКТИВНОСТІ ГАЗОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

¹Бєліков А.С., ¹Мацук З.М.

¹Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва і архітектури»

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ВОПРОСУ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭНЕРГОРЕСУРСООФЕКТИВНОСТИ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

¹Беликов А.С., ¹Мацук З.Н.

¹Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

RISK-ORIENTED APPROACH TO THE ISSUE OF INDUSTRIAL SAFETY AND ENERGY RESOURCE EFFICIENCY AT THE GAS-TRANSPORT ENTERPRISES

¹Belikov A.S., ¹Matsuk Z.N.

¹State Higher Educational Institution «Pridneprovsk State Academy of Building and Architecture»

Анотація. Магістральні газопроводи – технологічний комплекс об'єктів, що функціонує як єдина система. Об'єкти магістрального газопроводу віднесено до об'єктів підвищеної небезпеки, для яких характерна наявність більшості існуючих ризиків. Газотранспортна система підтримується у справному, нормативному та безпечному стані шляхом виконання ремонтних (регламентних) робіт, пов'язаних із заміною, або ремонтом дефектних ділянок труб (іншого обладнання, устаткування). Способи, що наразі застосовує оператор газотранспортної системи задля забезпечення безпеки виконання таких ремонтних (регламентних) робіт, є або екологічно шкідливими («стравлювання» газу), або виробничо небезпечними та енерго- і ресурсо- неефективними («стравлювання» газу, «спрацювання» газу на споживача, підсилення несучої здатності трубопроводів та «заплавлення» дефектів під тиском тощо). При такій будові технологічного процесу різко знижується рівень виробничої, екологічної безпеки та енергоресурсоефективності газотранспортних підприємств. Мета статті, запропонувати ризик-орієнтований підхід до питання виробничої безпеки та енергоресурсоефективності газотранспортних підприємств. Єдиним видом ремонту, при якому повністю відновлюється справний (безпечний) стан та ресурс трубопровідної системи, є заміна дефектної труби, шляхом її повної або часткової заміни. Таким чином, на етапі виконання підготовчих робіт, дуже гостро стоїть питання евакуації природного газу з локальної ділянки трубопроводів за допомогою його перекачування (акумуляції) замість «стравлювання» або «спрацювання». У статті пропонується ризик-орієнтований підхід до питання застосування мобільних компресорних установок під час перекачування (евакуації) природного газу як способу підвищення виробничої безпеки та енергоресурсоефективності газотранспортних підприємств. Пропонований підхід дає змогу газотранспортним підприємствам у найкоротший термін створити автоматизовану систему керування ризиками та знизити їх рівні і як наслідок підвищити рівень виробничої безпеки та енергоресурсоефективність процесів транспорту газу.

Ключові слова: газ, небезпека, ризик, екологія, енергоресурсоефективність.

Технологія контролю тиску газу із застосуванням мобільних компресорних станцій (надалі – МКС) відома, вона застосовується у світі під час проведення ремонту, випробувань, інших ремонтних та регламентних робіт на об'єктах магістральних газопроводів (надалі – МГ).

Теоретичні, технологічні та практичні особливості світових аналогів вітчизняної технології контролю тиску газу [1, 2] з причин, пов'язаних із захистом прав інтелектуальної власності, не розголошуються.

Способи контролю тиску газу у магістральних трубопроводах за допомогою МКС [1, 2] набули статусу відомого «рівня техніки» після їх патентування у 2015 році, пріоритет першої заявки на відповідний патент було отримано винахідниками у вересні 2014 року.

Згодом, у березні 2017 року, колишній оператор газотранспортної системи України, АТ «Укртрансгаз», сповістив світ про перше в Україні застосування МКС в рамках виконання ремонтних робіт [3].

Тоді, під час експериментального випробування МКС, в ході заміни дефектної ділянки МГ Єлець-Курськ-Київ (Ду1200), за допомогою МКС на базі двоступеневого чотирициліндрового мобільного компресорного агрегату з приводом від газового двигуна внутрішнього згоряння Австрійської фірми Leobersdorfer Maschinenfabrik, модель P-Pack 750, нашій країні вдалося зберегти 1,3 млн. м³ природного газу [3].

Враховуючи значну протяжність газотранспортної системи України, необхідну кількість ремонтів, обсяг виробничо-технічних витрат газу, враховуючи, що паливний/пусковий газ для перекачувальних агрегатів це близько 80% від загальних виробничо-технічних витрат газу (у 2019 році \approx 2,7 млрд.м³) можливо приблизно оцінити мінімальний потенціал економії природного газу за рахунок застосування технології запобігання стравлюванню (витокам) газу [1, 2] на рівні 0,6 млрд.м³/рік, 2,8 млрд. грн у цінах 2019 року.

Нажаль, внаслідок неузгодженості нормативно-правових питань та недостатнього фінансування, промислове застосування вітчизняної технології контролю тиску газу стримується.

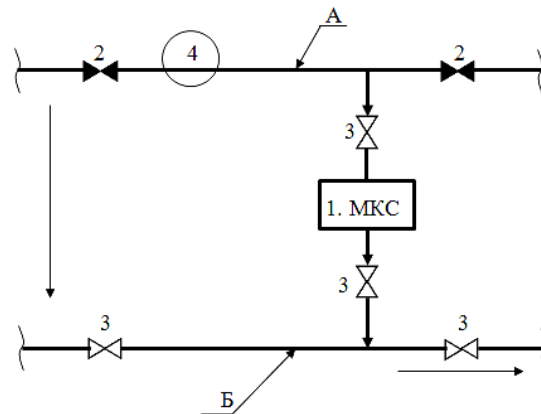
Єдиним нормативним способом забезпечення безпеки виконання ремонтних (регламентних) робіт із заміни дефектної ділянки МГ залишається екологічно шкідливий та виробничо небезпечний спосіб спорожнення від газу ділянки МГ, що підлягає ремонту [4], де шляхом перекриття затворів перекривної арматури, що обмежує зазначену ділянку (у тому числі і від технологічно суміжних трубопровідних систем) та стравлюванням газу через продувні свічки кранових вузлів байпасних ліній в атмосферу, до надлишкового тиску від 100 Па до 500 Па, забезпечуються умови для безпечного виконання робіт [4].

Скидати газ у повітря у великих обсягах, як відомо, вже немає необхідності, їх можливо значно скоротити, тим самим підвищити рівень виробничої, екологічної безпеки і енергоресурсоефективності газотранспортних підприємств.

Починаючи з 2016 року ми ініціюємо процес внесення змін у відповідні нормативно-правові акти та будівельні стандарти, надані відповідні пропозиції, надруковані статті [5, 6], але питання промислового застосування технологій запобігання стравлюванню газу за допомогою МКС [1, 2] і досі залишаються нормативно не врегульованими.

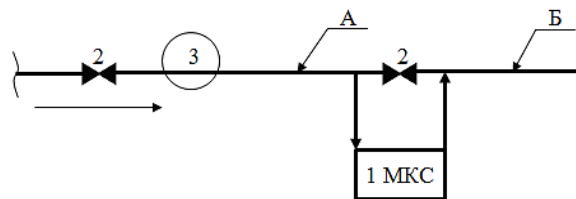
Суть способів контролю тиску газу у магістральних та технологічних трубопроводах [1, 2] полягає в тому, що обрана ділянка трубопроводу перекривається з обох боків, після чого газ, що залишається у порожнині

зазначеної трубопровідної системи, перекачується (транспортується) до іншої ділянки газопроводу за допомогою МКС, як показано на рисунках 1, 2.



1 – мобільна компресорна станція (МКС); 2 – перекивна арматура у положенні «закрито»; 3 – перекивна арматура у положенні «відкрито»; 4 – місце проведення ремонтних робіт; «А» – газопровід, з якого перекачується газ; «Б» – газопровід, до якого перекачується газ; → – напрямок руху газу.

Рисунок 1 – Схема підключення МКС (багатониткова прокладка МГ)



1 – мобільна компресорна станція (МКС); 2 – перекивна арматура у положенні «закрито»; 3 – місце проведення ремонтних робіт; «А» – ділянка газопроводу, з якої перекачується газ; «Б» – ділянка газопроводу, до якої перекачується газ; → – напрямок руху газу/технологічні зв'язки обладнання.

Рисунок 2 – Схема підключення МКС (однониткова прокладка МГ)

Зрозуміло, що МКС слід розглядати як об'єкти МГ: по-перше, тому що МКС підключаються до об'єктів МГ, по-друге, тому що МКС використовуються для транспортування газу з однієї ділянки МГ до інших.

Запропонований нами процес перекачування природного газу за технічними рішеннями [1, 2] умовно можливо поділити на такі етапи:

а) реконструкція існуючих байпасних обв'язок лінійних кранів МГ шляхом монтажу між байпасними кранами відглушеного відводу, через який в процесі транспортування ведуть відбір газу, або монтажу запірною пристрою, з обох боків якого монтують відводи відповідно відглушені, через які в процесі транспортування ведуть відбір газу, або монтують фланцеві з'єднання, до яких підключають трубопроводи МКС, через які в процесі транспортування ведуть відбір газу. Після цього герметизують відводи та свічну лінію, фланцеві з'єднання;

б) підготовка тимчасового промислового майданчику МКС, здебільшого, це облаштування під'їздів до МГ та переїздів через МГ і планування території, далі – доставка МКС на місце робіт, розгортання трубопровідної обв'язки МКС, монтаж обладнання МКС;

в) підключення змонтованої МКС до МГ, перекачування газу, відключення МКС від МГ, демонтаж МКС та її трубопровідної обв'язки, транспортування МКС до місця зберігання.

Зважаючи на те, що:

а) МКС розглядається як об'єкт МГ;

б) окремі норми проектування усіх складових МКС відомі та існують;

в) вимоги до безпечної та надійної експлуатації МКС, в цілому, подібні вимогам щодо експлуатації лінійної компресорної станції МГ;

г) усі етапи процесу перекачування газу проходять у відкритому просторі навколишнього природного середовища, що значно ускладнює процес досягнення метаном номінальної концентраційної межі вибуху;

д) усі етапи процесу перекачування газу, які складаються з будівельно-монтажних робіт, не є новими, заходи з їх безпечного виконання нормативно регламентовані та відпрацьовані;

е) роботи другого етапу проводяться взагалі без присутності метану в комунікаціях МКС;

ж) реконструкція байпасних та свічних ліній виконується завчасно, на відкритому просторі, шляхом проведення газонебезпечних та вогневих робіт, заходи з їх безпечного виконання також регламентовані та відпрацьовані;

і) кількість вибухонебезпечної речовини (газ метан CH_4), що постійно знаходиться у комунікаціях МКС під час роботи, значно нижча, ніж кількість CH_4 у МГ, до яких вона підключається завдяки малим діаметрам труб обв'язки МКС ($\leq \text{Du}150$) та незначній їх загальній довжині ($\leq 200\text{м}$), до того ж трубопроводи МКС секціоновані перекривною арматурою та оснащуються запобіжними і скидними пристроями;

к) роботи з монтажу та експлуатації МКС здійснюються в охоронній зоні МГ, усі вони є газонебезпечними (не вогневими);

л) в охоронній зоні МГ господарська діяльність обмежена законодавчо та функціонально, проникнення до охоронної зони МГ та на місце виконання робіт осіб з числа цивільного населення (як наслідок їх травмування) виключається;

м) на різних етапах будівельно-монтажні роботи і роботи з перекачування газу виконуються різними виконавцями;

н) під час перекачування газу МКС може працювати у автоматичному режимі, без постійної присутності обслуговуючого персоналу, при цьому експлуатаційний та диспетчерський персонал, техніка, місця відпочинку тощо виводяться за межі охоронної зони найближчого до компресорних агрегатів МКС МГ, таким чином можливо прийняти, що за умов дотримання вимог проектних рішень, виконанні вимог охорони праці, виробничої безпеки, правил технічної та безпечної експлуатації МГ та МКС майже усі ризики процесу перекачування газу є прийнятними.

Якщо МКС це об'єкт МГ, то вірним є і те, що небезпечні (шкідливі) виробничі чинники, що виникають під час їх експлуатації, подібні.

Відомо, що головною складовою комплексу небезпечних виробничих чинників, що виникають під час експлуатації об'єктів МГ (МКС), є викиди природного газу, а шкідливими виробничими чинниками – є тиск вибуху ударної хвилі, розліт осколків, інтенсивний тепловий потік полум'я, вплив токсичних продуктів горіння. Поняття небезпечний виробничий чинник, шкідливий виробничий чинник використовуються у трактовці [7].

Сценарієм розвитку можливих аварій МКС є наступна послідовність подій: розгерметизація трубопроводу (посудини, що працює під тиском, компресорних агрегатів) → викид природного газу на відкритому майданчику → утворення вибухонебезпечної хмари → вибух (розліт осколків, факельне горіння) на відкритому просторі → пошкодження різного ступеня будівель та споруд, ураження експлуатаційного персоналу та людей з числа цивільного населення – мешканців населених пунктів, розташованих поблизу місця аварії.

Відомо, що основні чинники, які призводять до виникнення аварій на об'єктах МГ (МКС) на етапі експлуатації, наступні:

- а) дефекти виготовлення труб, арматури, будівельно-монтажні дефекти;
- б) дефекти з'єднань трубопроводів;
- в) механічні пошкодження труб, арматури, іншого обладнання;
- г) деградація сталі труб внаслідок корозії, зношування, старіння;
- д) газодинамічні (різної амплітуди) навантаження на трубопроводи;
- ж) вихід з ладу механічної частини компресорних агрегатів;
- з) вихід з ладу контрольно-вимірювальних приладів, давачів, автоматики;
- и) дії експлуатаційного персоналу.

Відомо, що події, які становлять загрозу виникнення і розвитку аварії на об'єктах транспортування газу, можливо умовно поділити на дві групи:

1 група – випадкові події: сторонній вплив у вигляді стихійних лих, проведення несанкціонованих будівельних та інших робіт у охоронній зоні МГ, ударних хвиль вибухів, наслідків бойових дій, диверсії, саботажу, терористичних актів, падіння літальних об'єктів тощо;

2 група – невідповідності: порушення норм проектування, будівельних норм і державних (галузевих) стандартів на етапі проектування та будівництва, порушення вимог охорони праці, правил (регламентів) технічної і безпечної експлуатації, порушення трудової та виробничої дисципліни, небезпечні відхилення циклічно контрольованих параметрів стану об'єктів, корозійний знос, фізичний знос, утомленість сталей, дефекти геометрії та тіла труб, порушення технологічних режимів, вихід параметрів середовища (системи) за межі дозволених значень тощо.

Ризик – комбінація ймовірності заподіяння шкоди і тяжкості цієї шкоди [7].

Шкода – ушкодження здоров'я людей і/або збитки, заподіяні майну чи довкіллю, або їх поєднання [7].

Ймовірність – шанс того, що щось може статися [8].

Ризики під час експлуатації МКС поділяються на:

- а) ризики ушкодження людей (експлуатаційний персонал, інші);
- б) ризики нанесення збитків майну чи довкіллю, або їх поєднання.

Ризики ушкодження людей (колективний, індивідуальний) оцінюються з тих передумов, що експлуатаційний персонал, який обслуговує МКС, виконує певний час певні дії, перебуваючи безпосередньо поруч з трубопроводами МГ, трубопроводами технологічної обв'язки та компресорними агрегатами МКС, а у разі багатониткової прокладки МГ, ще і на поздовжній осі симетрії коридору трубопроводів МГ за умов, що усі ці трубопроводи (агрегати) постійно знаходяться під тиском газу величиною до 7,5 МПа, інші люди можуть потрапити в охоронну зону як МГ, так і МКС лише випадково.

Перекачування газу МКС це газонебезпечна робота, яка виконується за нарядом-допуском, таким чином, бригада виконавців, яка може тимчасово перебувати безпосередньо на МКС (під час роботи 8 годин на добу приблизно 70-90 днів на рік), повинна складатись не менш, ніж з трьох осіб, включаючи керівника робіт.

Протягом року, під час монтажу/демонтажу МКС, виконавці робіт постійно (протягом 8 годин на добу) знаходяться в охоронній зоні МГ приблизно 40-50 днів. Загалом бригада МКС складається не більше, ніж з 14 осіб.

Територіальний розподіл виконавців (під час роботи МКС) – 3 особи на всю протяжність безпосередньо наближених та підключених до МКС МГ.

Тяжкість шкоди здоров'ю людей, яка ймовірно можлива, визначається на підставі оцінки тяжкості тілесних ушкоджень та кількості постраждалих.

Ризики нанесення збитків майну чи довкіллю або їх поєднання оцінюються з тих передумов, що найвірогідніші (типові) сценарії розвитку можливих аварій визначені, кількість (об'єм, фізико-хімічні властивості) небезпечних речовин, які беруть участь у аварії, з урахуванням їх надходження із сусідніх ділянок трубопроводів протягом перекриття потоків газу, відомі, радіуси зон та термін впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників, відстані від об'єктів МГ до інших об'єктів, де може знаходитись «об'єкт турботи» (людина), відомі.

Тяжкість шкоди і/або збитки, заподіяні майну чи довкіллю, або їх поєднання якісно і кількісно вимірюються об'єктивно і можуть бути описані за допомогою загальних понять або математично.

Майже усі ризики, які можуть виникнути під час будівництва та експлуатації об'єктів МГ, ідентифіковані та максимально виключаються на етапах проектування (стандартизація, вхідний/вихідний контроль, експертиза документації, авторський і технічний нагляд, неруйнівна дефектоскопія, випробування тощо), виготовлення труб, фасонних деталей, запірних пристроїв іншого обладнання/устаткування (вхідний, поопераційний та технічний контроль), нормування (контроль за виконанням) технологічних та будівельних процесів (стандарти, норми, правила, інструкції, настанови, регламенти, система навчання та перевірки знань, відповідальні виконавці робіт тощо). Це підтверджується відносно малою кількістю аварійних ситуацій, але на пізній стадії експлуатації МГ України вони можливі і вірогідність їх настання поступово збільшується. Відповідно процес ідентифікації ризиків (небезпек) повинен бути безперервним.

Під час ідентифікації треба розглядати лише ті небезпеки, які реально можуть привести до травмування, погіршення стану здоров'я, смерті людей. Перелік таких небезпек повинен бути складений, своєчасно переглядатись та доповнюватись (приклад переліку типових небезпек МКС наведено у таблиці 1).

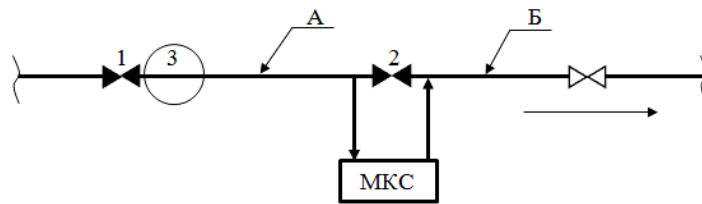
Таблиця 1 – Перелік типових небезпек, що виникають під час роботи МКС

Небезпека	Потенційно небезпечні події	Наслідки
Тиск	Вплив на працівника при експлуатації, обслуговуванні обладнання, що працює під тиском більше 0,07 МПа (руйнування обладнання в процесі роботи тощо)	Травма, тяжка травма, смерть потерпілого
Газ	Вплив на працівника при використанні, виділенні, освітленні, зберіганні кисню, горючого газу, інертного газу та ін. (Розгерметизація, витік з різних причин: нагрів, падіння, механічний вплив і т.п.)	Травма, тяжка травма, смерть потерпілого
Вплив відкритого полум'я, горіння, тління матеріалів	Пожежа (опіки), факельне горіння (опіки), отруєння (асфіксія) від впливу продуктів горіння	Травма, тяжка травма, смерть потерпілого
Використання транспорту, спецтехніки, рухомих частин обладнання	Дорожньо-транспортна пригода, аварія під час використання повітряного транспорту, раптовий (некерований) рух спецтехніки (її складових частин), вантажу, контакт з працівником протягом виконання виробничого процесу тощо	Травма, тяжка травма, смерть потерпілого
Конструктивні недоліки, недостатня надійність, знос машин, механізмів, устаткування	Вплив на працівника при зниженні міцності конструкцій/робочих елементів обладнання в результаті техногенного, природно-кліматичного впливу	Травма, тяжка травма, смерть потерпілого
Електрика	Можливість впливу напруги. Можливість потрапляння до зони впливу статичної та атмосферної електрики	Травма, тяжка травма, смерть потерпілого
Навколишнє природне середовище	Низька температура (обмороження), висока температура (опіки, тепловий та сонячний удар), сильний вітер та злива (втрата рівноваги, падіння, неконтрольований рух об'єктів)...	Травма, тяжка травма, смерть потерпілого
Біологічна небезпека	Контакт з тваринами, комахами, плазунами і рослинами	Травма, тяжка травма, смерть потерпілого
Інші, не ідентифіковані небезпеки	Не ідентифікований вплив на працівника	Травма, тяжка травма, смерть

Єдиним «новим» неприйнятним ризиком (новою небезпекою), який виникає під час застосування МКС з метою перекачування газу, є розташування МКС відносно ділянки МГ з «критичними» дефектами [9] (наближення до дефектної ділянки МГ на відстань меншу, ніж радіус зони можливого впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників). Хоча у зв'язку з тим, що по мірі падіння тиску на ділянці внаслідок відбору газу МКС, знижуються навантаження і критичні

дефекти переходять до іншої не критичної категорії, цим ризиком нехтувати не слід.

В такому разі слід рекомендувати підключити МКС у іншій доступній точці підключення, як показано на рисунку 3.




МКС – мобільна компресорна станція; 1 – точка підключення МКС наближена до дефектної ділянки МГ з критичними дефектами; 2 – точка підключення МКС віддалена від дефектної ділянки МГ з критичними дефектами; 3 – місце розташування критичних дефектів МГ; «А» – ділянка газопроводу, з якої перекачується газ; «Б» – ділянка газопроводу, до якої перекачується газ; → – напрямок руху газу/технологічні зв'язки обладнання;  – перекривна арматура у положенні «відкрито»

Рисунок 3 – Блок-схема МКС при одностиковому виконанні МГ

Сучасні ризик-орієнтовані підходи здебільшого ґрунтуються на експрес-статистичній оцінці виникнення певних подій, умовних показниках важкості наслідків таких подій, оцінці статистичних даних щодо повторюваності таких подій, умовному розподілі ризиків, загальній («бальній») оцінці перелічених та інших критеріїв.

Більшість таких підходів ґрунтуються на методах і заходах проведення так званої «мозкової атаки», яка здійснюється групою фахівців під керівництвом координатора і носить прецедентний характер. Результати таких підходів залежать від досвіду і кваліфікації координаторів та членів ініціативних груп, а це саме по собі є ризиком, який треба виключати.

На підставі такої «оцінки» з обережністю треба приймати будь-які рішення, тим більше щодо питань експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки (надалі – ОПН), тому що це вплив невизначеностей на невизначеності. Зокрема, відсутність інформації щодо нещасних випадків не може бути основою для припущення про те, що ступінь ризику є незначним і не потребує вжиття заходів безпеки [10]. Переважати повинні кількісні та якісні оцінки.

Одним з обґрунтованих і доцільних методів аналізу ризиків МКС (МГ), який не вступає у конфлікт з чинним законодавством, є метод під умовною назвою метод «Перевірочного листу». Він відноситься до групи методів якісних оцінок небезпек і заснований на вивченні відповідності умов експлуатації ОПН чинним вимогам охорони праці та виробничої безпеки.

Результатом застосування методу «Перевірочного листу» є складання переліку питань і аналіз відповідей на них. Цей метод найбільш точний, простий, супроводжується допоміжними формами і уніфікованими бланками, які полегшують на практиці проведення аналізу та представлення результатів.

Метод «Перевірочного листу» відрізняється від методу «Що буде, якщо...?» більш широким поданням вихідної інформації і доповненням висновків відомостями про наслідки порушень вищезазначених вимог безпеки.

Суттєві переваги методу: кожна відповідь на питання перевірконого листу підтверджується документально, на кожному етапі аналізу є кваліфіковані та досвідчені виконавці, відповідальність виконавців визначена. Зазначений метод є найбільш ефективним під час дослідження ОПН з типовими технологічними процесами. Оцінка ризику здійснюється за схемою «Виконано (ТАК/НІ)».

Цей метод може стати фундаментом для створення автоматизованої системи керування ризиками підприємств з типовими технологічними процесами. Зазначений метод не трудомісткий, оскільки результати можуть бути отримані одним фахівцем протягом одного дня за допомогою одного програмного комплексу, що і вимагає реальність сьогодення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Спосіб контролю тиску у магістральних, технологічних або міжпромислових газопроводах: пат. 96340 UA / Мацук З.М. та ін. № у 2014 10195; заявл. 16.09.2014; опубл. 26.01.2015, Бюл. № 2. 9 с.
2. Спосіб контролю тиску у магістральних, технологічних або міжпромислових газопроводах: пат. 99367 UA / Мацук З.М. та ін. № у 2015 00629; заявл. 26.01.2015; опубл. 25.05.2015, Бюл. № 10. 29 с.
3. Укртрансгаз начал эксплуатацию мобильной компрессорной станции для снижения потерь газа при ремонтах газопроводов. URL: <http://neftegaz.ru/news/Oborudovanie/211544-ukrtransgaz-nachal-ekspluatatsiyu-mobilnoy-kompressornoy-stantsii-dlya-snizheniya-poter-gaza-pri-rem/> (дата звернення: 11.10.2020).
4. НПАОП 60.3-1.01-10. Правила безпечної експлуатації магістральних газопроводів.: нормативний документ, чинний з 2010-04-19 / К., 2010. 61 с. (Нормативно-правовий акт з охорони праці).
5. Мацук З.М., Т.В. Бунько, В.В. Сафонов В.В. Вдосконалення нормативно-правових актів з охорони праці у нафтогазовій промисловості // Геотехнічна механіка. Дніпро : ІГТМ НАНУ, 2016. № 128. – С. 205-215.
6. Беліков А.С., Мацук З.М., Шаломов В.А., Рагімов С.Ю. Технологія евакуації природного газу // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2019. № 5. – С. 10-17.
<https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.10.516>
7. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. Київ, 2015. 13 с.
8. ДСТУ ISO 31000:2018. Менеджмент ризиків. Принципи та настанови. Київ, 2019. 19 с.
9. ДСТУ-Н Б В.2.3-21:2008. Настанова. Визначення залишкової міцності магістральних трубопроводів з дефектами. Київ, 2008. 61 с.
10. ДСТУ EN 292-1-2001. Основні поняття. Загальні принципи проектування. Київ, 2001. 22 с.

REFERENCES

1. Matsuk Z.M. Sposib kontrolyu tysku u mahistral'nykh, tekhnologichnykh або mizhpromyslovykh hazoprovodakh [Method of control of pressure in header, technological or interindustrial gas pipelines], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 96340.
2. Matsuk Z.M. Sposib kontrolyu tysku u magistralnykh, tekhnologichnykh або mizhpromyslovykh gazoprovodakh [Method of control of pressure in header, technological or interindustrial gas pipelines], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 99367.
3. Neftgaz.ru (2017), "Ukrtransgaz began operation of a mobile compressor station to reduce gas losses during gas pipeline repairs", available at: <http://neftegaz.ru/news/Oborudovanie/211544-ukrtransgaz-nachal-ekspluatatsiyu-mobilnoy-kompressornoy-stantsii-dlya-snizheniya-poter-gaza-pri-rem/> (Accessed 11 October 2020).
4. State Committee of Ukraine from industrial safety, labour protection and mine supervision (2010), 60.3 – 1.01-10. *Pravyla bezpechnoy ekspluatatsii magistralnykh gazoprovodiv* [60.3 – 1.01.10. Rules of safe exploitation of diversion gas pipelines], State Committee of Ukraine from industrial safety, labour protection and mine supervision, Kiev, Ukraine.
5. Matsuk Z.M., Bunco T.V. Safonov V.V. (2016), Improving regulations on labor protection in the oil and gas industry. Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine, *Geo-Technical Mechanics*, no.128, pp. 205–215.
6. Belikov A.S., Matsuk Z.M., Shalomov V.A., Rahimov S.Yu. (2019), Evacuation technology of natural gas. Pridneprovsk State Academy of Building and Architecture, *Bulletin of Pridneprovsk State Academy of Building and Architecture*, no.5, pp. 10–17.
<https://doi.org/10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.10.516>
7. State standard of Ukraine (2014), 2293:2014. *Okhorona pratsi. Terminy ta vyznachennya osnovnykh ponyat* [2293:2014. Occupational safety and health. Terms and definitions of basic understand], State standard of Ukraine, Kiev, Ukraine.
8. State standard of Ukraine (2018), 31000:2018. *Menedzhment ryzykiv. Prynysypy ta nastanovy* [31000:2018. Risk management – Guidelines], State standard of Ukraine, Kiev, Ukraine.
9. State standard of Ukraine (2018), N V.2.3-21:2008. *Nastanova. Vyznachennya zalyshkovoi mitnosti magistralnykh truboprovodiv z defektamy* [N V.2.3-21:2008 Attitude. Determination of residual strength of main pipelines with defects], State standard of Ukraine, Kiev, Ukraine.
10. State standard of Ukraine (2001), EN 292-1-2001. *Osnovni ponyattya. Zagalni pryncypy proektuvannya* [EN 292-1-2001 «Attitude. Determination of residual strength of main pipelines with defects], State standard of Ukraine, Kiev, Ukraine.

Про авторів

Беліков Анатолій Серафимович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва і архітектури» (ДВНЗ «ПДАБА»), Дніпро, Україна, bgd@mail.pgasa.dp.ua.

Мацук Захар Миколайович, аспірант кафедри безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва і архітектури» (ДВНЗ «ПДАБА»), Дніпро, Україна, matsuk.z.n@gmail.com

About the authors

Belikov Anatoliy Serafymovich, Dr. Sc (Tech), Prof., State Higher Educational Institution «Pridneprovsk State Academy of Building and Architecture» (SHEI «PSABA»), Dnipro, Ukraine, bgd@mail.pgasa.dp.ua.

Matsuk Zakhar Mykolayovych, Doctoral Student of the Department of Vital Activity Safety, State Higher Educational Institution «Pridneprovsk State Academy of Building and Architecture» (SHEI «PSABA»), Dnipro, Ukraine, matsuk.z.n@gmail.com

Аннотация. Магистральные газопроводы – технологический комплекс объектов, который функционирует как единая система. Объекты магистрального газопровода отнесены к объектам повышенной опасности, для которых характерно наличие большинства существующих рисков. Газотранспортная система поддерживается в исправном, нормативном и безопасном состоянии путем выполнения ремонтных (регламентных) работ, связанных с заменой или ремонтом дефектных участков труб (другого оборудования). Способы, которые пока применяет оператор газотранспортной системы для обеспечения безопасности выполнения таких ремонтных (регламентных) работ, являются или экологически вредными («стравливание» газа), или производственно опасными и энерго- и ресурсо- неэффективными («стравливание» газа, «срабатывание» газа на потребителя, усиление несущей способности трубопроводов и «наплавка-заварка» дефектов под давлением и т.п.). При таком построении технологического процесса резко снижается уровень производственной, экологической безопасности и энергоресурсоэффективности газотранспортных предприятий. Цель статьи – предложить риск-ориентированный подход к вопросу производственной безопасности и энергоресурсоэффективности газотранспортных предприятий. Единственным видом ремонта, при котором полностью восстанавливается исправное (безопасное) состояние и ресурс трубопроводной системы, является замена дефектной трубы путём полной или частичной её замены. Таким образом, на этапе выполнения подготовительных работ очень остро стоит вопрос эвакуации природного газа из локального участка трубопроводов с помощью его перекачки (аккумуляции) вместо «стравливания» или «срабатывания». В статье предлагается риск-ориентированный подход к вопросу применения мобильных компрессорных установок при перекачке (эвакуации) природного газа как способа повышения производственной безопасности и энергоресурсоэффективности газотранспортных предприятий. Предлагаемый подход позволяет газотранспортным предприятиям в кратчайшие сроки создать автоматизированную систему управления рисками и снизить их уровень, как следствие – повысить уровень производственной безопасности и энергоресурсоэффективности процессов транспорта газа.

Ключевые слова: газ, опасность, риск, экология, энергоресурсоэффективность

Annotation. Any gas-main pipeline presents a technological complex of objects that functions as a single system, where all objects of the gas-main pipeline are classified as hazardous facilities, for which most of the existing risks are typical. In order to maintain a gas-transport system in operational, standard and safe condition, it is necessary to perform repair (routine) work assuming replacement or repair of defective sections of the pipe (or other equipment). The methods which an operator of a gas-transport system uses today for ensuring safety of such repair (routine) work are either environmentally harmful ("bleed" of gas), or hazardous and inefficient by energy and/or resource ("bleed" of gas, gas utilization, increasing of pipeline bearing capacity, "overlaying-welding" of defects under pressure, etc.). With this scheme of technological process, level of working and environmental safety and energy-resource efficiency of gas-transport enterprises sharply decreases. The purpose of our research was to propose a risk-oriented approach to the problem of working safety and energy resource efficiency of the gas-transport enterprises. The only type of repair, with which operational (safe) state and resource of the pipeline system can be fully restored is replacement of defective pipe or its section. Therefore, at the stage of preparatory work, the most acute problem is discharge of natural gas from the local section of pipelines by means of its pumping-over (accumulation) instead of "bleeding" or "utilization". We propose a rational, effective and risk-oriented approach to the use of mobile compressor units for pumping over (evacuating) of natural gas as a method for improving working safety and energy efficiency of the gas-transport enterprises. The proposed approach allows the gas-transport companies to create quickly an automated risk management system and reduce the risk level and, as a result, to improve working safety and energy efficiency of the processes of gas transportation.

Key words: gas, danger, risk, ecology, energy-and-resource efficiency

Статья поступила в редакцию 4.09. 2020

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Т.В. Бунько