

13 Mcfarland Mark L., Ueckert Darrell N., Hons Frank M. Hartmann Steve Selective-placement burial of drilling fluids: Effects on soil properties, buffalograss and fourwing saltbush after 4 years / Journal of range management, 47(6). November 1994. PP. 475-480.

14 Wilshire H.G. Environmental impacts of oil and gas pipelines // U.S. Geological Survey Circular. 1995. № 1108. PP. 117-118.

© М. Ю. Журавель,
О. М. Дрозд,
Д. В. Дядін,
Т. О. Ключко

*Надійшла до редакції 17 травня 2017 р.
Рекомендував до друку
докт. техн. наук Я. О. Адаменко*

УДК 502

*Я. М. Семчук, О. С. Балан
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ПРИЧИНИ ВІДМОВ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ

Дана стаття має на меті опис і виявлення основних чинників, від яких газова мережа може зазнати негативного впливу і в подальшому спричинити відмову цілого комплексу споруд і приладів, які забезпечують безперебійну роботу системи газопостачання природним газом міст і областей, селищ і промислових підприємств. Розкриті основні фактори, які знижують кількість аварій та запобігають механічному пошкодженню газопроводів. Розглянуті пошкодження ізоляційного покриття, пошкодження підземних газопроводів електрохімічною корозією, проведений опис зовнішніх впливів на газопровід, що мають випадковий характер, наведені приклади нещасних випадків на території України, питання одоризації газу є одним з ключових у запобіганні надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: одорант, газ, мережа, вплив, пошкодження.

Целью статьи есть описание и выявление основных причин, от которых газовая сеть может быть подвержена негативному влиянию и в дальнейшем спровоцировать отказ целого комплекса сооружений и приборов, которые обеспечивают бесперебойную работу системы газопоставок природным газом городов и областей, поселков и промышленных предприятий. Раскрыты основные факторы, которые уменьшают количество аварий и предотвращают механический отказ газопроводов. Рассмотрены повреждения изоляционного покрытия, повреждения подземных газопроводов электрохимической коррозией, проведено описание внешних влияний на газопровод, что имеют случайный характер, приведены примеры несчастных случаев на территории Украины, вопрос одоризации газа есть одним из ключевых в предотвращении чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: одорант, газ, сеть, влияние, повреждения

The aim of this article is to describe and identify the main factors that may have negative effect on gas system and may cause the breakdown of complex of buildings and devices, that ensure smooth operation of natural gas supply systems in cities and regions, towns and industrial facilities. The basic factors that reduce the number of accidents and prevent mechanical damage to pipelines. Considered damages of blanked insulation, damages of underground pipelines by electrochemical corrosion, described external influences on pipeline that were completed in random, brought examples of accidents in Ukraine, that shows that the question of gas odorization is one of the most important in preventing emergencies.

Keywords: odorant, gas, network, effect, damage.

Актуальність роботи: полягає в тому, що чим швидше ми визначимо проблему через яку відбулася відмова системи газопостачання, тим самим зменшимо число матеріальних збитків і людських жертв.

Мета роботи: визначити всі можливі причини через які може відмовити система газопостачання і проаналізувати фактори його зниження.

Виклад основного матеріалу. Багаторічний досвід експлуатації об'єктів газового господарства показує, що найбільш великі аварії з важкими наслідками виникають через несвоєчасне виявлення та усунення витоків газу на підземних газопроводах.

У системі газопостачання міста завдяки несприятливим факторам можуть виникнути відмови в роботі системи газопостачання з відключенням споживачів - у цьому випадку їм завдається матеріальний і моральний збиток. Зі збільшенням системи розподільних газопроводів надійність системи падає. Разом з тим, вимоги до надійності системи ростуть, але різко збільшується економічний і соціальний збиток, викликаний відмовленням.

Розподільні системи газопостачання - це споруди тривалого користування, які піддаються старінню, тому зі збільшенням терміну експлуатації відмови системи зростають. Досвід свідчить, що вирішення проблеми безпеки житлових будинків, споруд, розташованих поблизу підземних газопроводів, є першорядним завданням і силами тільки одних газових господарств вирішити його неможливо [3].

Газові господарства на стадії експлуатації повинні передбачати заходи з контролю за станом системи газопостачання з метою проведення технічної діагностики і підтримування мереж, споруд на них і устаткування в технічно справному стані. Аналогічне завдання повинно стояти перед власниками житлового фонду, комунально-побутових об'єктів і промислових підприємств [5]. Особливої уваги потребують останні, де електротранспорт є джерелом блукаючих струмів (трамвай, залізниця, метрополітен).

З'являються додаткові проблеми з безпечної експлуатації газопроводів, викликані новим будівництвом, реконструкцією і розширенням населених пунктів. У таких випадках газопроводи, прокладені багато років тому, попадають у зону нової забудови. Існуючими нормами відстань від газопроводу високого тиску до фундаменту будинків повинна бути 10 м, що при відмові газопроводу великого діаметра з виходом газу в атмосферу може призвести до великого матеріального збитку. Тому проектним організаціям необхідно при проектуванні враховувати ці обставини, передбачаючи збільшення відстаней від газопроводів до фундаментів будинків або винос газопроводів за межі забудов [9].

Незважаючи на заходи, що попереджують виникнення аварій, вони все ж трапляються і навіть дуже часто. Спеціалізовані підприємства з газопостачання та газифікації (СПГГ) повинні завжди концентрувати увагу на проведенні комплексу заходів разом із проектними, будівельно-монтажними організаціями, органами місцевого самоврядування і житловими органами для поліпшення стану газопроводів. Причин, що викликають виток газу на підземних газопроводах, декілька. Розглянемо найбільш характерні з них.

Це, по-перше, електрохімічна корозія металу труб в тих місцях, де газопроводи знаходяться в анодній зоні і де існують пошкодження ізоляційного покриття газопроводу [8].

Пошкодження ізоляційного покриття можуть виникнути:

- при будівництві - від механічних пошкоджень, при транспортуванні й монтажі газопроводів або при неякісній підготовці подушки під трубопровід;

- у процесі експлуатації внаслідок механічного і хімічного впливу ґрунту, ґрунтових вод, а також дефектів ізоляції, пов'язаних з порушенням технології при виготовленні й нанесенні ізоляційного покриття (відсутність адгезії при порушенні технологічних режимів або неякісного очищення поверхні труби, порушень технології приготування мастики та ін.).

Пошкодження підземних газопроводів електрохімічною корозією виявляють за витокami газу при розкритті газопроводів. Через порівняно повільну дію корозії

пошкодження газопроводів звичайно виявляють, коли вони ще не досягли великих розмірів, хоча є окремі випадки, коли їхні розміри досягають значної величини. Як правило, ліквідувати пошкодження ділянки через електрохімічну корозію можна локалізацією без відключення пошкодженої ділянки. І тільки великі наскрізні отвори (більше 20 мм) викликають необхідність негайного відключення частини газопроводу. Такі випадки можна вважати раптовими відмовленнями системи газопостачання.

Ізоляція підземних газопроводів піддається процесу старіння, що викликає розвиток електрохімічної корозії і, як результат, старіння всієї конструкції газопроводу, незважаючи на те, що газ, який транспортується, на процес старіння матеріалу труби не впливає. У результаті старіння ізоляції збільшується вплив корозійних процесів на матеріал (сталь) газопроводу. Тому чим більший термін експлуатації газопроводу, тим більшою буде імовірність відмовлення через електрохімічну корозію.

Витоки газу, викликані електрохімічною корозією, збільшуються поступово в міру корозії тіла труби, тому ці витoki можна заздалегідь передбачати, виявляючи, в яких місцях корозійний ґрунт і утворилися анодні зони.

Проблемою витоків газу у великих містах внаслідок дії електрохімічної корозії є їхнє несвоєчасне виявлення за умов наявності великих площ асфальтних покриттів. Тому газ певний час під ними накопичується і, поширюючись під покриттям, виходить на поверхню на значній відстані від місця витoku. При цьому одорант фільтрується у ґрунті і визначити витік по запаху важко. У такому випадку знайти витік газу можна тільки за допомогою приладу. Усе це призводить до того, що основний обсяг робіт по усуненню витоків приходиться на відшукування місця, звідки виходить газ. Треба проводити шурфування в місці виявлення витoku для визначення напрямку вектора максимальної загазованості. Вектор загазованості спрямований у бік шурфу, в якому концентрація газу після дегазації залишається найбільшою. Аналогічна картина може спостерігатися в зимовий період при промерзанні ґрунту, коли місце витoku не збігається з виходом газу на поверхню [6].

По-друге, причиною, що викликає витoki газу, є незадовільна якість зварювальних робіт. У результаті температурних напружень і динамічних навантажень відбувається розрив на підземних газопроводах, які неякісно зварені.

Прокладений у ґрунті газопровід піддається впливу зовнішніх сил, що викликають додаткові напруження в тілі труби, особливо в місцях стикових з'єднань. Механізм впливу зовнішніх факторів на газопровід дуже складний і не дозволяє однозначно визначити навантаження на трубу, а високий ступінь випадкових збігів впливу зовнішніх факторів може призвести до виникнення напружень у тілі труби або звареному стику вище межі текучості, що викликає руйнування.

До зовнішніх впливів на газопровід, що мають випадковий характер, відносяться: прогин газопроводу при осаді ґрунту, температурні напруження, що виникають у зимово-весняний період, пучнистість ґрунтів, що викликає вигин газопроводу на прямолінійних ділянках і кругіння на поворотах.

Виходячи з вищесказаного, важливе значення для запобігання руйнуванню газопроводів має якість зварених стиків. Загальновідомо, що міцність тіла якісно виконаного стику не поступається, а то і вище міцності тіла труби. Однак дефекти зварювання (виконаного в польових умовах), як-от непровари, неякісне припасування стику, є концентраторами напружень, у результаті чого напруження в тілі звареного шва можуть перевищити в кілька разів напруження в тілі труби, і досягти величини, коли в тілі шва виникнуть пластичні деформації при ще пружній роботі труби. Це призводить до появи тріщин у звареному стику і наступного руйнування його вже в перші роки експлуатації або через кілька років.

Витоки газу, викликані розривом зварених стиків, виникають, як правило, раптово, тому їх важко вчасно виявити й усунути. Наприклад, сталася аварія на газопроводі низького тиску. Під впливом температурних напружень, через 18 років після введення в

експлуатацію газопроводу відбувся розрив стику через дефект зварювального шва. Це призвело до витоку газу з наступним вибухом газоповітряної суміші, у результаті чого був повністю зруйнований будинок, загинули люди.

Особливу небезпеку ці два види витоків газу викликають у зимовий період, тому що в зв'язку із замерзанням верхнього шару ґрунту погіршуються умови для виходу газу в атмосферу [2]. Саме в цей період року може збільшитися кількість випадків проникнення газу в підвали будинків та інші інженерні комунікації. Прикладом може служити аварія на газопроводі високого тиску $P=0,6$ МПа, d (діаметр газопроводу) 325 мм, що відбулася 30 січня 1980 р. в одному із селищ України. Через розрив неякісно звареного стику газ по підземних комунікаціях проникнув у підвальне приміщення негазифікованої середньої школи. Від електричної іскри при включенні вимикача газоповітряна суміш вибухнула, приміщення школи було зруйновано, постраждали люди. Аналогічний випадок відбувся у великому місті, коли через розрив стику на вуличному газопроводі газ проникнув по інженерних мережах у підвал житлового будинку. У результаті вибуху частина будинку була зруйнована, загинули люди.

По-третє, це механічні пошкодження підземних газопроводів при виконанні земляних робіт механізмами поблизу газових мереж.

Вони складають значну частину від загальної кількості пошкоджень. Це пов'язано з випадковим збігом ряду помилок і неточностей у проектно-виконавчій документації, помилковими діями технічних і адміністративних працівників, які здійснюють підземні роботи поблизу газопроводів. При належній роботі служби технічного нагляду кількість механічних пошкоджень можна істотно зменшити.

Найменші наслідки аварій у тих випадках, коли виток газу, викликані механічними пошкодженнями газопроводів, не приховуються і вчасно проводяться необхідні заходи з безпеки та ремонту газопроводу [7]. Але якщо механічне пошкодження приховується, а вихід газу в атмосферу не відбувся, то руйнування газопроводів у місцях пошкодження труби не передбачене, можуть відбутися розгерметизація і аварія на газопроводі в будь-який час з неконтрольованими наслідками [4]. Така аварія, наприклад, мала місце в одному великому місті, коли на одній з центральних вулиць у процесі будівництва прохідного каналу тепломережі був пошкоджений газопровід високого тиску діаметром 529 мм, робочим тиском 1,2 МПа (подряпина глибиною 2 мм, нанесена трубні будівельним механізмом, стала концентратором напруження в тілі труби). Факт пошкодження газопроводу був схований. Через 12 років, 10 січня 1993 р., через зміни в структурі металу відбулося руйнування труби в тому місті, де була подряпина, з виходом і загорянням газу під тиском $P=1,19$ МПа. У результаті аварії повністю згорів двоповерховий будинок, пошкоджені чотири дев'ятиповерхових і один чотирнадцятиповерховий житлові будинки, відстань між фундаментами яких і газопроводом була більше 10 м. Загоряння будинків можна було запобігти, якби вони були розташовані на більшій відстані від газопроводу (наприклад, 50 м або як для магістральних газопроводів).

Аналіз наслідків аварій свідчить, що найважчі аварії зі значними наслідками відбувалися в результаті розриву зварюваних стиків, механічних пошкоджень газопроводів та корозії. Основним фактором, що дозволяє знизити кількість аварій, є своєчасне виявлення пошкоджень на газопроводах і їхнє прогнозування. Очевидно, що імовірність більш швидкого виявлення витоків газу буде на тому підземному газопроводі, який частіше оглядається, незалежно від часу його експлуатації. Тому усім спеціалізованим підприємствам з газопостачання і газифікації (СПГТ) необхідно організувати і робити своєчасний та якісний огляд підземних газопроводів строго за графіками з дотриманням періодичності, враховуючи особливість газопроводів, термін служби яких більше 20 років.

Періодичність обходу газопроводів, передбачена нормативними документами (ПБСГП України, ДБН та ін.), є мінімально допустимою.

Враховуючи конкретні умови, окремі ділянки підземних газопроводів треба оглядати частіше. Так, після аналізу досвіду експлуатації підземних газопроводів з урахуванням корозійної ситуації можна зробити висновок, що обхід газопроводів низького тиску необхідно проводити 1 раз на тиждень. Аналіз роботи СПГГ великого міста показує, що 75-80% витоків на газопроводах виявляються під час комплексного приладового обстеження, тобто прилади більш чутливі до виявлення метану в порівнянні з реакцією людського організму на запах одоранту. Це обумовлено суб'єктивними факторами стану здоров'я людини, а також рівнем одоризації газу. Прилади не мають цих недоліків. Ідеальним варіантом є стовідсоткове оснащення кожної бригади працівників газопошуковими приладами.

Важливим фактором, який запобігає механічним пошкодженням газопроводів, є регулярний обхід трас. Обходячи трасу, працівники візуально виявляють порушення, які допускають сторонні будівельні організації в охоронній зоні газопроводів. Це земляні роботи, висадження дерев, будівництво стоянок автотранспорту, гаражів, кіосків та ін. Своєчасне усунення цих порушень і припинення земляних робіт дозволяє скоротити кількість механічних пошкоджень на газопроводах.

Велике значення для безпечної експлуатації системи газопостачання має справність ущільнень вводів і випусків інженерних комунікацій, наявність продуктів для вентиляції підвалів, які повинні обстежуватися власником з оформленням акту. Працівники СПГГ повинні регулярно контролювати виконання цих робіт щорічно до початку опалювального сезону. У технічних умовах на газифікацію об'єктів, передбачені вимоги щодо герметизації вводів інженерних комунікацій до пуску газу, встановлення сигналізаторів загазованості й електромагнітних клапанів відповідно до діючих норм і правил. Виконання цих заходів дозволяє скоротити число аварійних ситуацій при попаданні газу в суміжні комунікації.

Немаловажним питанням є одоризація газу. Її роль не можна недооцінювати. Вона сприяє мобілізації населення газифікованих об'єктів на виявлення витоків газу. Багато витоків газу виявляється завдяки телефонним повідомленням жителів у службу "04", які виявили витік газу за запахом одоранту. Контроль за ступенем одоризації виконують не рідше одного разу в 10 днів виробничою лабораторією підприємства в різний час доби, тому що при зниженні витрат газу в нічний час з метою економії одоранту газотранспортне підприємство прикриває крапельницю, що може призвести до зниження нормативного вмісту одоранту.

Безпека систем газопостачання багато в чому залежить від ступеня готовності кожного газового господарства до локалізації і потім повної ліквідації виникаючих аварійних ситуацій. Тут першорядна роль належить службі аварійно-відбудовних робіт. Машини аварійної служби газу повинні бути оснащені необхідним сучасним обладнанням, засобами малої механізації, інструментом, матеріалами, радіо станціями, маяками [1].

Диспетчерів служби "04" треба підбирати з працівників, які мають досвід роботи в газовому господарстві. Це дозволяє одержати вірну інформацію від заявника і грамотно прийняти рішення.

Важливе значення для підвищення безпеки експлуатації системи газопостачання має паспортизація підземних газопроводів [10]. Аналіз цієї роботи дозволяє вносити в плани роботи підприємства заміну або ремонт газопроводів, подальша експлуатація яких може призвести до створення аварійних ситуацій. Забезпечити безпеку житлових та інших будинків і споруд, що знаходяться поблизу підземних газопроводів, можна тільки разом з іншими організаціями, насамперед з працівниками житлово-комунальних служб. Для цього треба розробити і затвердити рішення в місцевих органах влади, які зобов'язують їх разом з газовими господарствами виконувати наступні заходи:

- обладнання підвалів житлових та інших будинків отворами в стінах для наскрізного провітрювання, усунення тріщин фундаментів;

- складання графіків перевірки загазованості підвальних приміщень працівниками ЖЕКів і відомств, герметизація інженерних вводів;
- в особливих випадках, визначених нормативними документами (приміщення з великим скупченням людей, супермаркети, кінотеатри, театри і т. д.), обладнання їх сигналізаторами загазованості з виведенням на центральний пункт;
- перевірка спеціальними комісіями під керуванням райвиконкомів ущільнення вводів інженерних комунікацій, а також наявності продуктів у зовнішніх стінах підвалів і технічних приміщень, що не мають витяжної вентиляції. У разі потреби в зимовий час для регулювання повітрообміну в продухах необхідно передбачати регулюючий пристрій;
- рекомендація усім службам перевіряти колодязі і канали на загазованість і обладнати ці споруди незалежно від їхньої відомчої приналежності витяжними пристроями;
- перевірити і, при необхідності, запропонувати, щоб у колекторах і каналах (особливо в каналах тепломережі і телефонної каналізації) були встановлені непроникні для газу перегородки;
- обладнати кришки люків колодязів отворами діаметром до 10 мм з внутрішньою різьбою;
- при необхідності (у корозійних зонах і газопроводах) установити контрольні трубки в районі (зоні) перетинання газопроводу з підземними комунікаціями (теплотрасою, телефонною каналізацією і т.д.), робити це треба через 50-100 м;
- планове буріння трас газопроводів з метою забезпечення безпеки від можливих витоків газу слід проводити в зимовий час, коли вихід газу в атмосферу через мерзлий ґрунт утруднений. Для цього необхідно мати буровий самохідний комбайн для повної механізації процесу буріння;
- обов'язкова перевірка підвалів будинків працівниками САВР у зимовий час незалежно від характеру заявок;
- прокладка внутрішньоквартальних і дворових вводів по фасадах будинків, газопроводів низького тиску, тому що чим менше газопроводів під землею, тим більше гарантія безпеки для життя та добробуту людей і збереження будинків;
- автоматизація процесів диспетчерського керування системою газопостачання;
- автоматизація процесів виявлення загазованості приміщень, підвалів, технічних приміщень.

Немаловажним фактором роботи газопроводів у безаварійному стані є їх своєчасна реконструкція. Найвигіднішим з точки зору безпеки, швидкості, економічності та ряду інших причин є оновлення (реновація, санація) застарілих газопроводів поліетиленовими трубами.

Аналіз показує, що газопроводи, які знаходяться в експлуатації більше 30 років, практично знаходяться в аварійному стані. За статистикою, коли брати до уваги велике місто, це становить приблизно 1,4 тисячі кілометрів, що складає 60 відсотків усіх газопроводів. Такий критичний стан газових мереж спонукає підприємства, які їх експлуатують, виконувати роботи з реновації та санації сталевих газопроводів поліетиленовими трубами. Нові технології реконструкції газових мереж сприятимуть їх безаварійній та безперебійній роботі, направленій на забезпечення споживачів газом. Крім цього скорочується періодичність обходів трас, зникає необхідність наявності установок електрохімічного захисту та ін.

Висновки: В роботі визначені основні причини відмови системи газопостачання такі як, електрохімічна корозія металу труб, незадовільна якість зварювальних робіт а також – це механічні пошкодження підземних газопроводів при виконанні земляних робіт механізмами поблизу газових мереж, а основним фактором зниження відмов є своєчасне виявлення пошкоджень на газопроводах і їхнє прогнозування, важливим також є регулярний обхід трас і одоризація газу, що свою чергу дозволить мінімізувати ризики в роботі цілого комплексу.

Література

- 1 Багдасаров В. А. Аварийная служба городского газового хозяйства. - Л.: НЕДРА, 1975. - 407 с.
- 2 Белашов А. Д. Особенности эксплуатации газового хозяйства в зимних условиях. - Л.: Недр, 1982. - 168с.
- 3 Больте О.Ж. Опыт контроля газопроводной сети. - М., 1993.
- 4 Газификация местности: Справ. пособие/ Енин П.М. и др. - К.: Урожай, 1992.-200 с.
- 5 ДНАОП 0.00-1.20-98. Правила безпеки систем газопостачання України (ПБСГУ).- К.:1998.- 368 с.
- 6 Евдокимов А. Г., Макаренко А. И., Самойленко Н. И., Седак В. С. Управление газовым хозяйством области. - Харьков: Основа, 1997. - 37 с.
- 7 Експлуатаційнику газонафтового комплексу: Довідник/ Розгонюк В.В. та ін. - К.: Росток, 1998. -431 с.
- 8 Інструкція з електрохімічного захисту підземних газопроводів та резервуарів зрідженого газу. 320.03329031.008-97 ВАТ "УкрНДІнжпроект. - К., 1980. - 102 с.
- 9 Ионин А.А., Алибеков К.С., Жила В.А., Затилян С.С. Надежность городских систем газоснабжения.-М.: Стройиздат, 1980.-231 с.
- 10 Котов В. Т. Охрана труда в газовом хозяйстве. - Л.: Недр, 1989. -117 с.

© Я. М. Семчук,
О. С. Балан

*Надійшла до редакції 17 травня 2017 р.
Рекомендувала до друку
докт. техн. наук Л. М. Архипова*