

ФАКТОРИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЛІНІЙНОЇ ЧАСТИНИ МАГІСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДУ

О.Ф. Бабаджанова, к.т.н., доц., Ю.Е.Павлюк, к.т.н., доц., Ю.Г.Сукач

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

В Україні природний газ використовують практично у всіх галузях народного господарства - на транспорті, для виробництва електроенергії, у комунальному секторі. Перспективною програмою розвитку газової промисловості України передбачається вдосконалення структури споживання газу, впровадження ефективних заходів щодо енергозберігання, розширення і модернізації газотранспортної системи [1]. Посилення ролі природного газу в економіці держави зумовлює також жорсткі вимоги до безпеки функціонування газотранспортної системи, адже частка природного газу в загальному обсязі споживання первинної енергії держави перевищує 45 %.

Найбільш економічно та технічно вигідним для транспортування газу серед всіх видів транспорту є трубопровідний транспорт, оскільки він в порівнянні з іншими видами транспорту має ряд суттєвих переваг: низька собівартість транспортування, невеликі питомі капітальні витрати на одиницю транспортної операції та швидка окупність витрат, безперервний хід технологічного процесу транспортування, який практично не залежить від кліматичних умов, незначні втрати газу при транспортуванні. Саме ці переваги зумовили як в Україні, так і в більшості промислово розвинених країнах світу широке застосування трубопровідних систем для транспортування газу.

Газотранспортна система України – одна з найпотужніших в Європі. Загальна довжина газопроводів перевищує 35 тис. км.

Магістральні газопроводи є надзвичайно вибухонебезпечними об'єктами – відносний потенціал вибухонебезпеки перевищує 50. Маса викиду природного газу в разі аварій на магістральних газопроводах може перевищувати 1100 т. Аварійний викид газу на одному магістральному газопроводі може викликати пошкодження сусідніх газопроводів внаслідок вибуху газоповітряної хмари [2, 3].

Викиди природного газу при експлуатації об'єктів газотранспортної системи можна поділити на:

- організовані - через джерела визначеної геометричної форми;
- неорганізовані (технічні втрати) – ненаправлені потоки, наприклад, внаслідок порушень герметичності обладнання; викиди під час аварійних ситуацій.

Реальну небезпеку для навколишнього середовища представляють випадки руйнування газопроводу із загоранням газу. Частота аварій з займанням становить 10% від загальної кількості аварій і вони є джерелами викидів NO_x і CO та теплового впливу на навколишнє середовище. Під час виникнення аварійного розриву газопроводу відбуваються такі небезпечні впливи на навколишнє середовище:

- повітряна ударна хвиля в результаті перетворення енергії стиснутого газу;
- розлітання фрагментів і осколків трубопроводу;
- горіння з термічним впливом (при загоранні викиду).

За розрахунками у результаті аварії на лінійній частині газопроводу, залежно від місця розриву і часу закриття найближчих кранів, а також довжини ділянок між лінійними кранами при розрахунковому тиску 5,4 МПа може бути викинуто близько 620 тонн газу [4].

Пожежі газів дуже небезпечні: температура полум'я сягає 1500-1800⁰ С, а висота факела 60-200 м. Потужність випромінювання цих пожеж така, що навколо загоряються всі горючі матеріали. Наприклад, під час вибуху газопроводу Мінськ-Торжок в 1997 році за 4 години вигорів ліс в радіусі 10-15 км [5].

Утворення зони загазованості під час аварій у газотранспортній системі має дуже обмежені розміри, що викликано високою інтенсивністю витікання газу, його високою летучістю та малим часом витікання. В разі розгерметизації ділянки трубопроводу в 90% випадків відбувається викид газу через малий отвір діаметром 8-25 мм у стінці труби до моменту усунення витіку і тільки в 10% випадків – повний розрив труби. У більшості випадків джерелом займання служать іскри, що утворюються від каменистих включень ґрунту (галька, щебінь) або фрагментів самої труби, які вибиваються потоком газу. Імовірність загорання газу і сценарії самої пожежі значною мірою залежать від особливостей укладання трубопроводу в ґрунті і від положення осі трубопроводу щодо поверхні в місці розриву. У залежності від типу ґрунту будуть реалізовуватися два сценарії: витікання і горіння газу [2, 3].

Перший сценарій – коли руйнування трубопроводу відбувається в щільних ґрунтах типу глин, суглинків. У місці розриву утворюється котлован з еквівалентним діаметром 15-60 м, з якого відбувається близьке до вертикального витікання і горіння потоку газу.

Другий сценарій – характерний для руйнування трубопроводу в заплавах річок або торфованих ґрунтах. У цьому випадку завдяки інерційним силам може відбуватися викидання труби з ґрунту на відносно значних ділянках з розкиданням кінців газопроводу й утворенням двох самостійних “настильних” струменів газу, що виходять з труби.

Під час розриву підземного газопроводу відбувається деформація ґрунту, його викид з утворенням котлована. Розлітання великих фрагментів для сучасних газопроводів зі сталі підвищеної в'язкості, як правило, не перевищує 30-50 м, дрібних – до 300 м. Таким чином, зона ураження від цього фактора небезпеки не виходить за межі зони ураження від горіння в котловані.

В разі руйнування трубопроводу із загоранням газоповітряної суміші формується відносно слабка і швидко загасаюча хвиля надлишкового тиску, що не може спричинити сильних руйнувань і загибелі людей. Від впливу прямого вогню і полів теплового випромінювання можуть зайнятися сухе листя, трава, торф, деревина, внаслідок чого може виникнути низова пожежа, здатна поширитися на значні відстані і призвести до серйозного ушкодження і знищення деревостою, загорання торфовищ тощо.

Перевищення прийнятого рівня індивідуального ризику (10^{-6} у рік) можливе у місцях перетинання з автодорогами і залізницями, а також у місцях проведення сезонних сільськогосподарських робіт і неорганізованого відпочинку людей. У місцях перетинання газопроводів із автомобільними дорогами всіх категорій встановлюються придорожні знаки “Обережно газопровід”, “Зупинка заборонена”, що забороняють зупинку транспорту на відстанях від осі газопроводу, відповідно до величини охоронної зони [6].

Основною складовою магістрального трубопроводу є лінійна частина - безперервна нитка, зварена з окремих труб або секцій і укладена уздовж траси тим або іншим способом. Для транспортування газу споживачам використовуються технологічні блоки для пониження тиску та автоматичної одоризації газу – газорозподільні станції (ГРС). Технологічний процес влаштований таким чином, що при транспортуванні газу виникає необхідність в очищенні газу, який проходить під високими тиском. Для обслуговування лінійної частини магістральних газопроводів (ЛЧ МГ) та ГРС призначена лінійно-експлуатаційна служба.

На магістральних трубопроводах аварії найчастіше відбуваються в лінійній частині (на трубах, на лінійній арматурі і на фасонних деталях - трійниках, хрестовинах, відведеннях тощо). Досвід експлуатації свідчить про те, що в перші роки аварії обумовлені заводським і будівельно-монтажним браком, а після 10-20 років роботи - корозією металу [4]. Аварії на трубопроводах можуть бути викликані зварювальними, металургійними, корозійними або будівельними дефектами, а також відхиленням від номінальних умов експлуатації (гідравлічний удар, переохолодження стінок труб, підмивання основи траншеї тощо).

У початковий період трубопровід працює особливо в жорстких умовах, оскільки відбувається інтенсивне осадження ґрунту в траншеї. В результаті тривалої експлуатації трубопроводів відбувається їх поступове зношування і зниження технічних характеристик: через зовнішню і внутрішню корозію труб збільшуються мікротріщини, запірна арматура втрачає герметичність, зменшуються ізоляційні властивості захисної ізоляції. Для сталевих труб середня інтенсивність корозії в ґрунтах, характерних для більшої частини України, сягає 1 мм на рік [4]. Як наслідок, кількість втрат газу при транспортуванні зростає, підвищується ризик виникнення аварійних ситуацій, що можуть призвести до значних екологічних та економічних збитків.

Під час експлуатації відмови трубопроводів є відносно рідкими і випадковими подіями. Їх частота і час ліквідації істотно залежать від місця розташування й умов роботи магістрального газопроводу. Можливі наступні типи аварій на газопроводі:

- розгерметизація ділянки трубопроводу, що супроводжується витіканням природного газу в навколишнє середовище;
- розрив ділянки трубопроводу, що супроводжується вибухом газу без займання;
- розрив ділянки трубопроводу, що супроводжується вибухом газу з займанням (виникненням пожежі).

Вивчення матеріалів, які стосуються відмов та аварій на магістральних газопроводах за тривалий період, показує, що спектр основних причин аварій залишається постійним:

- зовнішні сили та пошкодження (визначаються природними небезпеками, такими як зсуви, повені, землетруси; механічні пошкодження);
- вплив середовища (аварії спричинені дефектами, від впливу середовища на трубопровід, зокрема внутрішня і зовнішня корозія, корозійне розтріскування);
- дефекти виробництва (дефекти, що виникають під час виготовлення труб і монтажу трубопроводу, відступ від проектних рішень при будівництві);
- помилки персоналу (помилки під час експлуатації, викликані недотриманням діючих норм і правил та техніки безпеки під час ремонту, помилкові дії).

Наслідки аварій на трубопроводі можуть бути у вигляді: утворення вибухопожежонебезпечних газоповітряних сумішей, утворення високотемпературного дифузійного факела полум'я, вибух газових сумішей у відкритому просторі, поширення токсичної хвилі. Внаслідок пошкодження внутрішніх мереж магістральних газопроводів, газопроводів-відводів можливе виникнення масових пожеж в місцях їх руйнування.

Найбільшу небезпеку представляють аварії на лінійній частині великих діаметрів газопроводу через викиди великих обсягів газу, значне забруднення території району аварії. Наслідки таких аварій виявляються в порушенні ґрунтового покриву, загибелі рослинності і тварин, псуванні та пошкодженні будівельних конструкцій. В разі розриву труби і спрацювання лінійних кранів витрата газу швидко зменшується, тому повне спорожнення аварійної ділянки, як правило, не перевищує 1 години.

Нитка магістрального газопроводу «Торжок - Долина» довжиною 206 км, з умовним діаметром 1420 мм, робочим тиском 7,5 МПа, прокладена підземно на глибині 0,8 - 1,2 м до верху труби.

Від основних газопроводів зроблено відгалуження в сторону ГРС міст (Кременець, Ланівці, Почаїв та ін.), сіл, селищ міського типу. Діаметр газопроводів відгалуження різний: від 50 до 700 мм, а їх довжина - від 0,075 до 34,9 км.

Для оперативних відключень і змін потоків газу на газопроводах встановлені крани з пневмогідравлічним і ручним приводом. Крани забезпечують технологічне експлуатаційне секціонування, що дозволяє проводити ремонтно-відновлювальні чи інші зупинки з мінімальними втратами газу. Газопровід «Торжок - Долина» нараховує 15 кранових вузлів, 2 вузли прийому і запуску очисних поршнів, два вузли редукування і пункт заміру газу.

Для перекриття всіх кранових вузлів потрібен виїзд аварійної бригади (час від моменту аварії до перекриття крана може сягати декількох годин), тому що газопровід не

обладнано кабелем телемеханіки. Запірна арматура на відгалуженнях від магістрального газопроводу до споживачів газу теж не має дистанційного керування.

Для кожного обладнання магістрального газопроводу проведено розрахунок мас небезпечних речовин, що містяться в ньому (в магістральному газопроводі з врахуванням відгалужень та ГРС). Оскільки сумарна маса горючого (природного) газу в лінійній частині магістрального газопроводу становить 16871 т і перевищує його порогове значення першого класу (200 т) [7], лінійна частина магістрального газопроводу «Торжок – Долина» з відповідними відгалуженнями і ГРС, належить до об'єктів підвищеної небезпеки 1 класу.

Проведено розрахунок втрат кількості газу під час аварії на газопроводі-відводі ГРС Кременець. Діаметр газопроводу – 300 мм; тиск в газопроводі 4,5 МПа; довжина відгалуження 3 км.

На основі оцінки пожежної та техногенної небезпеки встановлено можливі наслідки аварій на газопроводі-відводі магістрального газопроводу «Торжок-Долина», формування можливих вибухонебезпечних зон.

В разі розгерметизації трубопроводу-відводу до ГРС Кременець, вибухонебезпечна зона (ВНЗ), яка утворюється при дрейфуванні хмари газу, може розповсюджуватись на відстань до 355 м від місця викиду, а під час вибуху в газопроводі ВНЗ розповсюджується на відстань до 525 м. Ширина охоронної зони з обох боків від осі газопроводу I класу з умовним діаметром від 1201 до 1400 мм становить 350 метрів [7]. Отже аварія вийде за межі охоронної зони і буде загрожувати сусіднім об'єктам і населенню.

Дія ударної хвилі може призвести до повного руйнування сусідніх газопроводів і відгалужень в межах скупчення (24-52 м). Можливий збиток від руйнування та пошкодження основних фондів, знищення майна та продукції на ГРС Кременець може становити вартість аварійної ділянки газопроводу, обладнання ГРС та збитки в результаті зупинки виробничого процесу на час ліквідації аварії.

Література

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Розпорядження КМУ від 15.03.2006 року № 145.
2. Коннова Г.В. Оборудование транспорта и хранения нефти и газа : Учеб. пособие для вузов. - Ростов н/Д.: Феникс, 2006. - 128 с.
3. Коротаев Ю.П., Ширковский А.И. Добыча, транспорт и подземное хранение газа.- М.: Недра, 1984. - 487с.
4. Довідник працівника газотранспортного підприємства / За заг. ред. А.А.Рудніка.- Київ: Росток, 2001.- 1091 с.
5. Исаева Л.К. Основы экологической безопасности при техногенных катастрофах.- М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.- 156 с.
6. Правила безпечної експлуатації магістральних газопроводів. Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 27.01.2010 р. № 11.
7. Постанова Кабінету Міністрів України від 11.07.2002 року № 956 "Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки".