

ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІДМОВ НА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЯХ

Ю.Д. Михайлюк¹, Л.Я. Побережна²

(1) Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

(2) Івано-Франківський національний медичний університет, м. Івано-Франківськ, Україна

Abstract. The main causes of failures and accidents at gas pumping units and technological pipelines in the process of natural gas transportation are analyzed. The main factors that cause environmental pollution under regular and emergency operating conditions are identified.

Keywords: gas pumping units, technological pipelines failure, ecological security

Надзвичайно великий рівень забруднення навколишнього середовища спостерігається під час роботи КС, якщо виникають аварійні ситуації. Під аварією на КС, ГРС мають на увазі аварію, що відповідає V-ій категорії аварійної відмови – розрив технологічного трубопроводу на повний перетин або руйнування посудини, апарата, елемента, ГПА, небезпечної речовини із запаленням або без запалення.

Аварійні відмови на КС, ГРС можна умовно поділити на 6 категорій [1]:

5 – аварія з високим матеріальним збитком і екстреною зупинкою КЦ, КС, ГРС;

4 – аварійна зупинка КЦ (КС), ГРС;

3 – позапланова зупинка КЦ (КС), ГРС для усунення дефектів;

2 – зупинка ГПА;

1 – дефект, який усувають під час планової зупинки цеху або агрегату;

0 – дефект, що не впливає на роботу й перебуває під контролем.

Дані про пожежі та аварії на об'єктах транспортування газу є обмеженими внаслідок того, що ці об'єкти мають стратегічне значення й інформація про надзвичайні ситуації на них не розповсюджують. Середньорічний рівень аварійності складає 50-60 неполадок на рік [2]. Для локалізації та попередження аварійних ситуацій на КС та встановлення обов'язків працівників при виникненні аварійних ситуацій [3] необхідні знання особливостей технологічних процесів. Під час експлуатації можуть виникнути умови, які викликають нестабільну роботу агрегатів. За дослідженнями Мікаеляна Є. А. [4] основними причинами нестабільної роботи газотурбінних газоперекачувальних агрегатів КС є: граничні межі роботи агрегатів, утворення автоколивань у проточній частині (флатор), перевищення допустимих значень механічних параметрів:

- у з'єднаннях між рухомими та нерухомими частинами вузлів агрегатів: підшипниках, ущільненнях тощо;
- віброхарактеристик;
- характеристик нерівноваженості;
- відношеннях критичної частоти обертання в робочій частині обертання роторів агрегату.

На КС основними причинами відмов і факторами, що сприяють їхньому виникненню, є (у порядку зменшення) [5]:

- підвищена вібрація трубопроводів, а також осідання трубопроводів і опор;
- дефекти виготовлення устаткування (у першу чергу фасонних частин і арматури);

- брак будівельно-монтажних робіт;

- корозія й зношування.

Пожежна небезпека різних ГПА неоднакова. Найбільшою пожежною небезпекою характеризуються ГПА з газотурбінним приводом. Менш

пожежонебезпечними є ГПА з газомоторним та електроприводами [6], причинами виникнення відмов на яких є:

- наявність місць з ускладненою технологією виготовлення і проведення будівельно-монтажних робіт, погіршеного контролю якості зварних швів з підвищеною концентрацією напруги;
- велика кількість переходів трубопроводів з підземного положення в надземне, що є місцями підвищеної корозійної активності та концентрації напруги;
- складне просторове прокладання надземних трубопроводів обв'язки компресорних агрегатів з великою кількістю жорстких і ковзаючих опор, в поєднанні зі значними змінними температурними та газодинамічними (вібраційними) навантаженнями з боку нагнітача.

Для аналізу аварійності КС необхідно виявити елементи технологічного устаткування, які найбільш схильні до аварій [7].

Найбільш тяжкі наслідки пов'язані з руйнуванням елементів компресорних установок і наступним витіканням газу. Безпосередніми причинами відмов і вибухів компресорних установок, як показує практика, можуть бути:

- надмірне підвищення температури стиснутого повітря та перегрівання частин компресорної установки;
- вологість засмоктаного газу;
- розряди статичної електрики;
- швидке підвищення тиску газу в компресорній установці вище від допустимого;
- неправильний монтаж компресорної установки;
- неправильна експлуатація компресорної установки і незадовільний догляд за нею.

Відповідно до того принципу, що і для усього комплексу устаткування і агрегатів КС, виконано статистичний аналіз основних причин відмов технологічних трубопроводів (рис. 1).

Як бачимо, найбільша кількість аварій (37 %) припадає на підземні трубопроводи, зокрема на трубопроводи обв'язки.

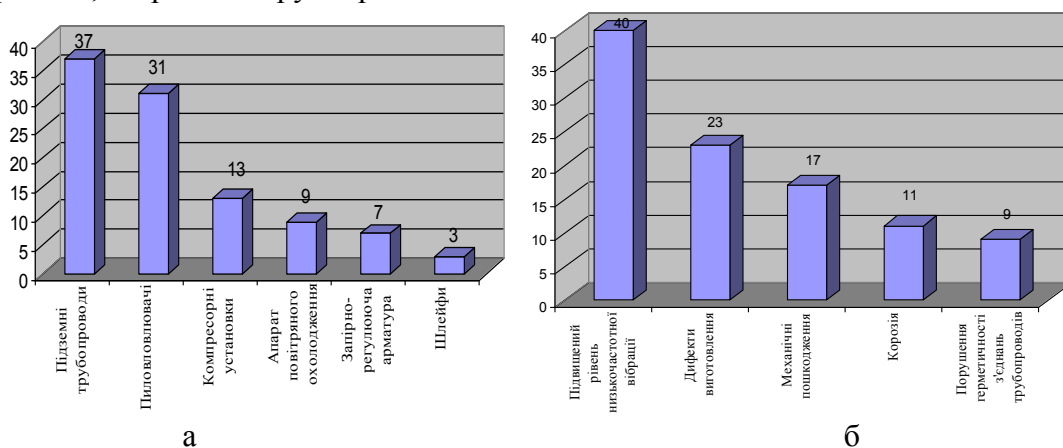


Рис. 1. Розподіл дефектів вузлів технологічного обладнання (а) та технологічних трубопроводів (б)

Найбільш потенційно небезпечним елементом на КС є технологічна обв'язка ГПА, яка являє собою складну просторово-стрижневу конструкцію з багаторазовими вигинами й великою кількістю твердих і ковзаючих опор, що зазнає змінних навантажень з боку нагнітача. Просторові вигини труб на територіях КС є також на численних переходах надземних ділянок у підземні.

Основна частина відмов, пов'язаних з розгерметизацією трубопроводів-гітар на КС, відбуваються в результаті підвищеної вібрації. Джерелом виникнення вібрації трубопроводів є вимушені коливання, що виникають внаслідок пульсації потоку робочого середовища, а також механічної дії на конструкцію від вібрації компресорів.

Основною причиною виникнення вібрацій більшість фахівців на сьогодні вважають наявність неврівноважених сил інерції вхідних і обертально-рухомих мас [56, 57].

Основними чинниками, що спричиняють руйнування газопроводів, є поверхневі ушкодження і дефекти, запобігти яким неможливо в повному обсязі. Причини виникнення дефектів можна класифікувати на:

1. Експлуатаційні:

- корозійні (загальна корозія - втрата металу до 80 % від товщини стінки труби);
- стрес-корозійні;

2. Механічні ушкодження.

3. Будівельні:

- дефекти поверхні (подряпина, задирка тощо);
- дефекти зварних швів;
- дефекти геометрії (кривизна труб і овальність).

4. Металургійні (наприклад, розшарування).

Найбільш небезпечний сценарій небезпек, пов'язаний із займанням газу у разі виникнення іскр у момент розриву або протягом декількох перших секунд (затримка загорання може складати від декількох десятих секунди до декількох секунд) [58]. Тобто відбувається займання газоповітряного потоку (з концентрацією 5-15 %) з дуже високою мірою турбулізації і неоднорідною структурою.

Зовнішніми фізичними наслідками, що спричинені аварійними розривами газопроводів, є:

- утворення первинної ударної хвилі стискування внаслідок розширення в атмосфері природного газу, викинутого з об'єму «миттєво» зруйнованої частини трубопроводу, а також вторинних хвиль стискування, які утворюються при займанні газового «шлейфу» і розширенні продуктів горіння;

– утворення і розлітання уламків (фрагментів) зруйнованої ділянки трубопроводу;

- термічна дія пожежі на людину і довкілля при займанні витікаючого газу;
- токсична дія транспортованих складових продукту на живі організми.

КС є найнебезпечнішою складовою газотранспортних підприємств. Водночас на КС основний ризик виникнення вибухів і пожеж пов'язаний з експлуатацією ГПА [59]. Небезпека виникнення пожеж на КС визначається, передусім, фізико-хімічними властивостями природного газу, який за недотримання певних вимог безпеки вибухає, запалюється і призводить до техногенної аварії, пов'язаної з поширенням пожежі. У Болгарії в районі КС Странджа, яка розташована в 800 метрах від кордону з Туреччиною, стався потужний вибух, що спричинило виникнення пожежі [60].

Як показує статистика і досвід експлуатації КС [61, 62], серед основних причин виникнення пожеж на КС можна виділити:

- займання масла в компресорному цеху під час розриву маслопроводів і його потрапляння на гарячі поверхні газоперекачувального агрегату;
- руйнування об'язувальних газопроводів компресорного цеху;
- потрапляння сторонніх предметів у порожнину нагнітача;
- потрапляння займистих речовин через нещільність у запірній арматурі;
- порушення технологічного процесу, недотримання правил пожежної безпеки персоналом (людський чинник).

При експлуатації КС [63] може статися вибух, основними причинами якого є:

- неправильний монтаж, незадовільне обслуговування і експлуатація;
- перегрівання стінок компресора внаслідок значного підвищення температури стисненого повітря;
- порушення роботи системи змащування, низька якість мастильних речовин, загорання і вибух парів змащувальних речовин, самоспалахування газоповітряної суміші;
- перевищення допустимого тиску;

- засмоктування забрудненого повітря;
- накопичення нагару, відкладання оксидів заліза на холодних частинах системи;
- несправність контрольного манометра, запобіжних клапанів та інших приладів безпеки;
- виникнення зарядів статичного струму на корпусі при інтенсивному витрачанні стисненого повітря.

Найбільш поширеною причиною відмов компресорів є підвищення розрахункового тиску і температури, що призводить до зміни структури металу, порушення його механічної цілісності, а відтак і до вибуху [64]. Наприклад, 11 липня 2012 у Краснодонській дотискній КС в селі Копанка Балаклейського району Харківської області стався вибух на газокомпресорній станції. Аварія сталася, коли газівники почали планові роботи з обслуговування агрегату (при введенні машини в робочий режим після ремонту). Виник несанкціонований непередбачуваний витік газу в одному з циліндрів компресорного агрегату номер два цеху першого ступеня, після чого стався вибух [65]. Причини аварійних відмов устаткування на ГРС практично ті ж, що й на КС.

Розгерметизація устаткування усередині приміщень блока редукування й обліку витрати газу може призвести до їхньої загазованості й до вибуху газу усередині цих приміщень. Для запобігання позаштатним ситуаціям, підвищення ефективності роботи та рівня екологічної безпеки необхідно оптимізувати проведення моніторингових заходів та розробити способи зменшення технологічних викидів забруднюючих речовин у повітря.

Література

1. Організація експлуатації газопроводів – Правила технічної експлуатації магістральних газопроводів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: forsa.com.ua
2. Деревинський Д. М. Пожежна небезпека об'єктів з наявністю газового горючого середовища та нагрітих технологічних поверхонь у замкненому просторі / Д. М. Деревинський // Проблемы пожарной безопасности. Сборник научных трудов. – 2010. – Выпуск 27. – С. 60 – 65.
3. Микаэлян Э. А. Оценка надежности газотурбинного оборудования компрессорных станций газопроводов / Э. А. Микаэлян // Промышленный сервис. – 2011. – № 2. – С. 28–35.
4. Шмигирівський П. П. Науково-технічна нарада «Протипожежний захист ГПА та їх укриття на КС магістральних газопроводів» / П. П. Шмигирівський, О. В. Жук // Інформаційний огляд ДК «Укртрансгаз». – 2004.– № 2 (26). – С.15–17.
5. Ревазов А. М. Анализ аварийности на компрессорных станциях магистральных газопроводов / А. М. Ревазов, И. А. Леонович // Труды РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина. – 2014. – № 2 (275). – С. 26–33.
6. Фик А. С. Анализ повреждений технологических трубопроводов компрессорных станций / А. С. Фик, П. С. Кунина, А. В. Бунякин // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 4. – С. 118-123.
7. Mandryk, O. M., Pukish, A. V., & Mykhailiuk, Y. D. (2015). An assessment of the influence of the main oil industry technological processes on the environment. AGH Drilling, Oil, Gas, 32.