

Д.М. Деревинський, канд. техн. наук, нач. каф., ІДУ ЦЗ НУЦЗУ

ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА ОБ'ЄКТІВ З НАЯВНІСТЮ ГАЗОВОГО ГОРЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА ТА НАГРІТИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОВЕРХОНЬ У ЗАМКНЕНОМУ ПРОСТОРІ

(представлено д-ром техн. наук Ларіним О.М.)

Проаналізовано особливості пожежної небезпеки газокомпресорних станцій з наявністю газоперекачувальних агрегатів з газотурбінним приводом. Показано різницю в значеннях температури самозаймання турбінної оливи при визначенні її стандартним методом і за допомогою термогравіметричних досліджень. Вказано можливі причини такої різниці і сформульовані основні проблемні питання визначення пожежної небезпеки об'єктів з наявністю газового горючого середовища і нагрітих технологічних поверхонь в замкнутому просторі.

Ключові слова: пожежна небезпека, газоперекачувальний агрегат, турбінна олива, природний газ, температура самозаймання.

Постановка проблеми. Відповідно до [1] об'єкти транспорту газу віднесено до об'єктів підвищеної небезпеки. Дані про пожежі та аварії на об'єктах транспорту газу обмежені внаслідок того, що ці об'єкти мають стратегічне значення й інформація про надзвичайні ситуації на них не призначена для розповсюдження, проте відомо, що тільки на магістральних трубопроводах у Російській Федерації з 1992 по 2001 роки відбулося 545 аварій. Середньорічний рівень аварійності у цій країні складає 50-60 аварій на рік. Технічні бази газового комплексу України та Росії, що сформовані майже одночасно, дуже схожі і мають однакові проблеми з питань забезпечення їх протипожежного захисту.

Особливу пожежовибухонебезпеку являють собою газоперекачувальні агрегати (ГПА), як основне обладнання компресорних станцій (КС) [2, 3]. Вартість тільки одного газоперекачувального агрегату перевищує 10 млн. грн.

Окрім прямих збитків, пов'язаних з руйнуванням ГПА, будівель та споруд КС, тяжких екологічних наслідків, в результаті пожежі є побічні втрати через зниження продуктивності газопроводу і, як наслідок, припинення подавання газу окремим споживачам. Основне місце в системі протипожежного захисту сучасних КС займає протипожежний захист ГПА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пожежна небезпека різних ГПА неоднакова. Найбільшою пожежною небезпекою характеризуються ГПА з газотурбінним приводом. Менш пожежонебезпечними є ГПА з газомоторним та електроприводами [3, 4].

Пожежна небезпека ГПА з газотурбінним приводом обумовлена пожежонебезпечними властивостями природного газу (метану), що перекачується нагнітачами під високим тиском та частково використовується в якості паливного газу, а також турбінної оливи, зосередженої в маслоагрегатах двигуна та нагнітача, яка застосовується в системах змашування, охолодження і ущільнення ГПА [2, 3, 5, 6]. Одним із обов'язкових показників пожежовибухонебезпеки природного газу є температура його самоспалахування, що за довідниковими даними для метану дорівнює 573°C . Пожежна небезпека природного газу може бути вище, ніж чистого метану. Це пов'язане з тим, що попутні вуглеводні, які містяться в домішках (до 5%), важчі за метан та мають більш низькі значення температури самоспалахування.

Для турбінної оливи ТП-22, що використовується в технологічному процесі газоперекачки, температура спалаху дорівнює 186°C [3], а температура самозаймання за даними [5] становить 372°C .

Постановка завдання та його вирішення. Аналіз виникнення пожеж на компресорних станціях, де наявні ГПА з газотурбінним приводом, показав, що основною причиною пожеж є загоряння турбінної оливи при її контакті з гарячими поверхнями камер згоряння газових турбін або трубопроводів [3].

Аварійна ситуація може скластися внаслідок утворення тріщин на горілках камер згоряння та в направляючих лопатках осьових компресорів, пошкодження упорних підшипників, порушення герметичності у з'єднаннях масляних трубопроводів і т.д. Крім того, можливе просочування ізоляції оливою, що за умов гарної акумуляції теплоти під кожухом може призвести до спалахування. Велика ймовірність порушення герметичності в маслопроводах газотурбінної установки є наслідком підвищеного рівня вібрації установок та наявності значної кількості з'єднувальних вузлів. В результаті вібрації відбувається послаблення кріплення трубопроводів різного призначення. Особливо це стосується трубопроводів, що безпосередньо приєднані до двигуна.

Джерелом запалювання на ГПА можуть бути високотемпературні вихлопні гази, температура яких сягає 400°C , коротке замикання струмоведучих елементів, необережне поводження з вогнем [4, 6]. Температура нагрівання поверхонь може сягати понад 530°C .

Слід відмітити, що, за штатного режиму протікання технологічного процесу перекачування газу, високонагріті металеві поверхні мають бути теплоізовані і температура зовнішньої поверхні не

повинна перевищувати 70°C . Однак, у разі руйнування теплоізоляції, стінка вихлопної труби з температурою вище 400°C стає доступною для контакту, наприклад, з турбінною оливою, яка, у разі розгерметизації системи змащування або системи ущільнення нагнітача, може потрапити на цю поверхню [3, 4, 6].

Найбільш пожежонебезпечними зонами в укриттях ГПА з газотурбінним приводом є [4]:

- зона відведення вихлопних газів через вихлопну трубу;
- високотемпературна частка приводу турбокомпресора ГПА (боксы турбіни та вихлопу в контейнері);
- нагнітач;
- бак для оливи нагнітача;
- бак для оливи приводу турбокомпресора ГПА.

Кожна газотурбінна установка має індивідуальну масляну систему, що служить для змащування підшипників турбін, їх охолодження та ущільнення, і яка складається з великої кількості елементів. В цих системах нагріта олива циркулює під різним тиском від 0,03 до 0,5 МПа. Тиск оливи в системі ущільнення нагнітачів складає 5,5; 7,5 та навіть 10,0 МПа [3, 7, 8].

Через дуже значну кількість оливи пожежа розвивається настільки швидко, що через 10-15 хв. в зоні горіння відбувається обвалення перекриття. Як правило, в результаті пожежі виходять з ладу турбіна, автономний щит управління, вигоряють кабелі в зоні пожежі [3].

Пожежі, що виникають на ГПА, характеризуються високою швидкістю розповсюдження по площі та високою тепловою радіацією, яка складає пряму загрозу обслуговуючому персоналу та ускладнює використання первинних засобів пожежогасіння. Теоретично попередити розвиток пожежі можливо шляхом припинення подачі оливи в зону горіння. Однак, практично це неможливо, через те, що для змащування поверхонь турбіни, які труться, необхідна подача оливи до повної зупинки ротора. „Вибіг” ротора (обертання ротора після відключення турбіни) складає 15 хв. Протягом цього часу головний масляний насос, встановлений на валу ротора турбіни, продовжує подавати оливу [3].

За вимогами ГОСТ 12.1.004-91 [9], гранично припустимою безпечною температурою нагрівання технологічних поверхонь є температура, яка складає 80% від температури самозаймання горючої речовини. При проектуванні технологічного обладнання та автоматичних установок протипожежного захисту газокompресорних станцій, одним з основних параметрів, на який орієнтовано системи, є температура самозаймання турбінної оливи, яка становить 372°C .

У разі виникнення пожежі повинно бути забезпечене флегматизування внутрішнього простору контейнеру ГПА протягом часу, не-

обхідного для охолодження технологічних поверхонь до гранично припустимої безпечної температури. Також відомо, що температура окремих технологічних поверхонь, з якими можуть контактувати турбінна олива та її пари, може сягати 500⁰С.

Як показав досвід експлуатації газотурбінних двигунів, мають місце випадки самозаймання турбінної оливи за температур, нижче ніж 80% від температури самозаймання турбінної оливи.

За результатами термогравіметричних досліджень, що наведено в роботах [10, 11], було встановлено, що в замкненому просторі горючого газового середовища з вмістом турбінної оливи ТП-22, її парів та повітря, за температур 230–235 °С відбувається різке прискорення екзотермічної реакції та збільшення швидкості втрати маси оливи, що може бути пояснено досягненням мінімальної температури її самозаймання, яка виявилася понад 100⁰С нижчою за температуру самозаймання, визначену стандартним методом за ГОСТ 12.1.044-89 [12].

В роботі [13] було висунуто теоретичне припущення про те, що температура самозаймання горючих речовин, визначена цим методом, не в повній мірі характеризує пожежну небезпеку об'єктів з їх наявністю, що може призводити до помилкових технічних рішень при проектуванні систем протипожежного захисту таких об'єктів за вимогами ГОСТ 12.1.004-91 [9].

За результатами досліджень щодо визначення пожежної небезпеки ГПА, які проводились, за допомогою як стандартизованих, так і не стандартизованих методів дослідження пожежонебезпечних властивостей речовин, матеріалів та середовищ було встановлено:

що температура 298⁰С, яка дорівнює 80% від температури самозаймання оливи ТП-22 (372⁰С), визначеної за ГОСТ 12.1.044-89 [12], і на яку орієнтовано системи протипожежного захисту ГПА, не є гранично припустимою безпечною температурою; у замкненому просторі горючого газового середовища з вмістом оливи ТП-22, її парів та повітря за температур 230–235⁰С, які на 142-137⁰С нижчі за стандартну температуру самозаймання, відбувається різке прискорення екзотермічної реакції та збільшення швидкості втрати маси оливи, що пояснено її займаням;

під час експлуатації турбінної оливи ТП-22 в системах змащення та охолодження ГПА, значення температури її самозаймання знижується, що може бути наслідком випаровування легких фракцій та змінення її структурно-групового складу.

Температури самозаймання важких фракцій оливи мають значення, які понад 100 °С є меншими, ніж стандартна температура самозаймання оливи. Таким чином зниження стандартної температури самозаймання під час експлуатації турбінної оливи ТП-22 в системах

змащення та охолодження ГПА в роботі [13] пояснюється зміною її структурно-групового складу та молекулярно-масового розподілу. Різниця у температурах самозаймання для оливи та її тяжких фракцій перевищує 100°C . Така залежність температури самозаймання речовини від довжини вуглецевого ланцюга узгоджується із даними, наведеними у роботі Монахова В.Т. [14].

Висновки. Отримані результати пояснюють зафіксовані факти виникнення горіння за відсутності джерел запалювання в замкненому газовому середовищі з наявністю нагрітої турбінної оливи ТП-22 та її парів за температур, нижчих температури її самозаймання і можуть бути використані під час розроблення окремих технічних рішень при реалізації концептуального підходу до стратегії забезпечення проти-пожежного захисту ГПА.

Переважна більшість речовин і матеріалів, що застосовуються у виробництві, мають складну структуру і за певних умов (наприклад, наявність високих температур в замкненому просторі) такі речовини змінюють свій хімічний склад та структуру. Внаслідок таких змін змінюються і їх фізико-хімічні властивості, зокрема, значення температури самозаймання. Стандартизовані ж методи визначення пожежонебезпечних властивостей речовин та матеріалів орієнтовані на дослідження свіжих речовин та матеріалів, тобто тих, що не були в експлуатації та не підпадали під дію високих температур. На практиці ж ми маємо справу з речовинами та матеріалами, які використовуються в технологічних процесах визначений проміжок часу та у жорстких умовах, як то високі температури та тиск.

Виходячи з вищенаведеного слід зазначити, що при визначенні пожежної небезпеки об'єктів з наявністю газових горючих середовищ та нагрітих технологічних поверхонь у замкненому просторі встановлені на сьогоднішній день чинними стандартами нормативні значення вогнегасних концентрацій газових вогнегасних речовини відносяться тільки до горючих речовин, які не змінюють свій хімічний склад у діапазоні температур, за яких вони експлуатуються. В інших випадках потрібно враховувати пожежонебезпечні властивості продуктів, на які вона може перетворюватись. Ігнорування цих встановлених фактів може призвести до помилкових технічних рішень при виборі систем протипожежного захисту об'єктів.

Для адекватної оцінки пожежної небезпеки подібних об'єктів слід застосовувати комплекс фізико-хімічних і розрахункових методів, які враховують змінення пожежонебезпечних властивостей горючих речовин під час їх експлуатації, а також критично переглянути правомірність застосування, розроблених понад 40 років тому методів визначення їх пожежонебезпечних властивостей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки : постанова Кабінету Міністрів України від 11 липня 2002 р. № 956 // Офіц. вісн. України. – 2002. – № 29. – С. 23.
2. Тагиев Р.М. Основные аспекты единой технической политики в области противопожарной защиты объектов ОАО «Газпром» / Р.М. Тагиев // Средства спасения. Противопожарная защита. Каталог. - М., 2004. – С. 26-29.
3. Пустынников С.С. Противопожарная защита компрессорных станций магистральных газопроводов / С.С. Пустынников // Обзорная информация. Серия: Техника безопасности и охрана труда. Выпуск 4. – М.: ВНИИЭгазпром, 1985. – 36 с.
4. Технические требования по реконструкции установок пожаротушения для газоперекачивающих агрегатов, размещенных в индивидуальных укрытиях емк. от 3000 до 7000 м³ .Утв. Нач. ВНИИПО МВД РФ 06.07.2000. – М., 2000. – 20 с.
5. Цапко Ю.В. Оцінка ефективності застосування діоксиду вуглецю в системах протипожежного захисту газоперекачувальних агрегатів / Ю.В. Цапко, А.В. Антонов, В.П. Орел // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2002. – № 2(6). – С. 102-108.
6. Оказать научно-техническую помощь в противопожарной защите автоматическими установками порошкового пожаротушения модульного типа (УПМ) газоперекачивающих агрегатов ГТН-25, ГТН-16, ГТН-6, ГПУ-10, ГПА-Ц-16, СТД-4000, ЭГПА-12,5 и передвижной электростанции ПАЭС-2500: Отчет о НИР / КФ ВНИИПО МВД СССР. – № ГР 01.8.80_048593; Инв. № 0288.0 054820 ВНИИ-Центр. – К., 1987. – 605 с.
7. Мороз А.П. Газоперекачивающие агрегаты и обслуживание компрессорных станций / А.П. Мороз, И.И. Мальцуров, К.Г. Арустамов и др. – М.: Недра, 1979. – 229 с.
8. Ревзин Б.С., Ларионов И.Д. Газотурбинные установки с нагнетателями для транспорта газа: Справочное пособие./ Б.С. Ревзин, И.Д. Ларионов – М.: Недра, 1991. – 303 с.
9. Пожарная безопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ – [Введ. 01.07.92] – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 78 с.
10. Деревинський Д.М. Дослідження умов флегматизування діоксидом вуглецю замкненого газового середовища з наявністю нагрітої турбінної оливи ТП-22 та її парів / Д.М. Деревинський, А.В. Антонов, А.В. Гамера, В.П. Орел // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2004. № 1(9). – С. 55-64.
11. Деревинский Д.Н. Исследование пожароопасных свойств и условий флегматизации диоксидом углерода газовой горючей сре-

ды системы “Турбинное масло ТП-22 – пары масла – нагревающаяся поверхность” / Д.Н. Деревинский, А.В. Антонов, В.П. Орел // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сборник тезисов докладов III Международной научно-практической конференции. В 3 т. Т. 1. – Минск., 2005. – С. 240-243.

12. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения : ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ – [Взамен ГОСТ 12.1.044-84; Введ. 01.01.1991] – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 143 с.

13. Антонов А.В. Дослідження пожежонебезпечних властивостей системи „турбінна олива ТП-22 – пари оливи - повітря” / А.В. Антонов, Д.М. Деревинський // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2005. № 2(12). – С.38-42.

14. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. – 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1979. – 424 с.
nuczu.edu.ua

Д.Н. Деревинский

Пожарная опасность объектов с наличием газовой горючей среды и нагретых технологических поверхностей в замкнутом пространстве.

Проанализировано особенности пожарной опасности газокomppressorных станций с наличием газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом. Показана разница в значениях температуры самовоспламенения турбинного масла при определении её стандартным методом и при помощи термогравиметрических исследований. Указаны возможные причины такой разницы и сформулированы основные проблемные вопросы определения пожарной опасности объектов с наличием газовой горючей среды и нагретых технологических поверхностей в замкнутом пространстве.

Ключевые слова: пожарная опасность, газоперекачивающий агрегат, турбинное масло, природный газ, температура самовоспламенения.

D.M. Derevynskyu

Fire risk objects to the presence of combustible gas and hot environment of technological surfaces in an enclosed space.

The features of fire hazard gas compressor stations with the presence of gas-pumping units with gas turbine. It is shown the difference in the values of self-ignition temperature of turbine oil in determining its standard method and with the help of thermogravimetric studies. Possible causes of this difference and the main problematic issues determining fire danger objects to the presence of combustible gas and hot environment of technological surfaces in an enclosed space.

Keywords: fire danger, gas compressor unit, turbine oil, natural gas, the autoignition temperature.