

АНАЛІЗ УМОВ САМОЗГАСАННЯ ПОЛУМ'Я РІДКИХ ВУГЛЕВОДНІВ У НАПІВЗАМКНЕНИХ ОБ'ЄМАХ

канд. техн. наук Ю.В. Луценко,
канд. физ.-мат. наук А.Я. Шаршанов, О.В. Бабенко
(представлено докт. техн. наук В.М. Комяк)

На основі теоретичних відомостей запропоновано напрямок подальших досліджень питання використання явища samozгасання полум'я рідких вуглеводнів у напівзамкнених об'ємах з використанням вогнегасних сіток.

Високий рівень пожежної небезпеки нафтопереробних та хімічних підприємств обумовлений характером технологічних процесів, наявністю апаратів, що містять пожежо- та вибухонебезпечні речовини, які застосовують та отримують у процесі виробництва. Режим експлуатації обладнання в умовах необхідної безперервності технологічного процесу, циклічні навантаження, дія вібрацій, робота в агресивних середовищах можуть призвести до розгерметизації внаслідок порушень ущільнень та руйнування окремих вузлів технологічного обладнання.

Як правило, неповне або повне руйнування вузлів технологічного обладнання супроводжується витоками та викидами нафтопродуктів або інших горючих та легкозаймистих рідин з подальшим їх загорянням [1].

Локальне загоряння, при наявності умов для розповсюдження полум'я отримує подальший розвиток і може перерости у велику пожежу. За невеликий час горючі та легкозаймисті рідини (ГР та ЛЗР) здатні розтікатися на значні площі. Оскільки швидкість розповсюдження полум'я по поверхні розливу для більшості горючих та легкозаймистих рідин становить 0,25 – 2,4 м/с, то за декілька секунд полум'я може охопити всю поверхню розливу.

Таким чином, при аварійних викидах рідких вуглеводнів з технологічних систем транспортування, переробки та зберігання створюються умови для виникнення великомасштабних пожеж.

Необхідний рівень пожежної безпеки технологічного обладнання, у якому обертаються ЛЗР та ГР досягається комплексом технологічних та технічних засобів, у тому числі і використанням активних засобів боротьби з пожежами. Але в умовах швидкого розповсюдження пожежі цих засобів недостатньо. Це у деякій мірі пов'язано з технічною недосконалістю засобів виявлення та гасіння пожеж, застарілими підходами до прийняття проектних рішень по забезпеченню пожежної безпеки таких об'єктів [2].

З іншого боку в неповній мірі застосовуються технічні засоби

пасивного протипожежного захисту, які спрямовані на локалізацію та ліквідацію полум'я ГР та ЛЗР, які розлилися.

Технічні засоби пасивного протипожежного захисту є, між тим, найбільш ефективними у питанні забезпечення надійної безпеки технічних та технологічних систем. Серед них найбільш поширені : проведення технологічних процесів в інертному середовищі, застосування запобіжних мембран, застосування клапанів та вогнеперешкоджувачів.

Менш поширено у системах запобігання розповсюдженню пожежі використання ефекту самозгасання полум'я. Цей ефект, при його використанні у сукупності з рештою технічних та технологічних заходів надійно захищає від руйнування технологічне обладнання при надмірному тиску, або при вибуху горючої суміші у ємнісному апараті з подальшим викидом ГР та ЛЗР та продовженням їх горіння. У разі спрацьовування запобіжних засобів при підвищеному тиску в об'ємі апарату утворюється середовище та умови, які сприяють припиненню реакції горіння. Однією з умов утворення цього середовища, згідно з теорією дифузійного горіння, є обмеження масообміну, тобто конвективної дифузії кисню у реакційну зону. У напівзамкнених об'ємах обмеження доступу кисню досягається за рахунок підвищення тиску негорючих газів, наприклад продуктів згорання, і їх витоку крізь отвори. Внаслідок цього швидкісний потік газів перешкоджає проникненню кисню в зону реакції.

Таким чином обмеженню дифузійної конвекції кисню може сприяти порушення масообміну шляхом уповільнення відтоку продуктів згорання і зменшення концентрації кисню у горючій суміші. У практиці пожежогасіння відомо багато прикладів, коли горіння припинялося до введення вогнегасних речовин. Тому необхідно більш докладно розглянути механізм самозгасання полум'я у напівзамкнених об'ємах. Розрахункова модель такого пристрою показано на рис. 1.

Для вирішення питання про гасіння пожежі при розливі ГР та ЛЗР виникає потреба в розробці технічного пристрою, який моделює напівзамкнений об'єм з наявністю ГР та ЛЗР. Горіння рідкого палива у напівзамкненому об'ємі є складним специфічним процесом, який супроводжується зміною складу та параметрів газового середовища.

Стан газового середовища при горінні у напівзамкненому об'ємі ємності можна охарактеризувати за допомогою середньооб'ємних термодинамічних параметрів, які пов'язані між собою рівняннями, що витікають з умови існування локальної рівноваги системи.

Середньооб'ємними параметрами стану газового середовища у напівзамкненому об'ємі є середньооб'ємна температура T_c , густина ρ_c , концентрації компонентів газової суміші (O_2 , CO , CO_2 та ін.).

Згідно з розрахунковою схемою, ємність з об'ємом V має отвори з

сумарною площею S_c , які з'єднують внутрішній об'єм з навколишнім середовищем. Газообмін у напівзамкненому об'ємі пов'язаний з енергетичним станом газового середовища. Оскільки газ, що виділяється при горінні, не виконує роботи при розширенні, то таке газове середовище можна розглядати як відкриту термодинамічну систему.

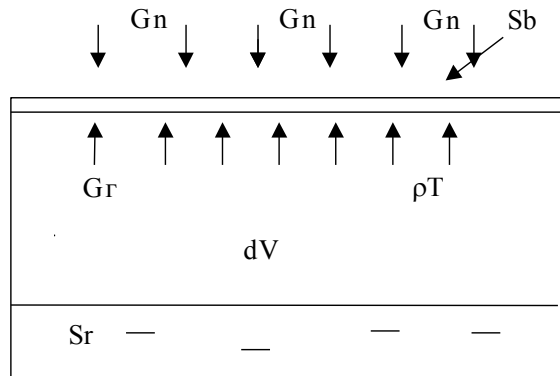


Рисунок 1 – Модель напівзамкненого об'єму

Кінетична енергія наявного руху цієї системи дуже мала порівняно з її внутрішньою енергією. Зміна внутрішньої енергії обумовлюється надходженням теплоти, яка виділяється внаслідок горіння, відводом теплоти крізь елементи конструкції напівзамкненого об'єму та взаємодією цієї системи із навколишнім середовищем шляхом масообміну. Потоки газів, що проходять крізь поверхню даної термодинамічної системи, характеризуються тим, що їх кінетична енергія дуже мала порівняно з питомою ентальпією газів. До того ж можна знехтувати питомою потенційною енергією газів у цих потоках.

$$V (d \rho / d \tau) = G_n + \psi - G_r ; \text{ при } V = \text{const} ; \quad (1)$$

$$d / d \tau (\rho X_{1.2} V) = G_n X_{1.2} - G_r X_{1.2} n_1 - \eta_1 \psi L_1 ; \quad (2)$$

$$d / d \tau (\rho X_{2.2} V) = n_1 \psi L_2 - G_r X_{1.2} n_2 ; \quad (3)$$

$$(1 / (k-1)) d / d \tau (\rho V) = \eta \psi Q_H - Q_w + G_n C_{pH} T + \Psi_{in} - G_r m c_{pm} T_m ; \quad (4)$$

$$d / d \tau (\rho X_{3.3} V) = X_{3.1} G_n - X_{3n3} G_r ; \quad (5)$$

$$T_m = P_m / \rho_m R_m . \quad (6)$$

Термодинамічний стан газового середовища буде стійким, якщо тиск суміші продуктів згорання, парів палива у напівзамкненому об'ємі буде меншим за атмосферний або незначно більший за нього.

Основні рівняння, якими можливо описати умови горіння у напівзамкненому об'ємі, витікають із законів фізики : закону збереження маси (1) (матеріального балансу у реакційній зоні – балансу кисню (2), продуктів згоряння (3), інертних газів(5)), першого закону термодинаміки (закону збереження енергії (4)). На підставі зазначених залежностей можливо скласти систему рівнянь, що описують термодинаміку процесу газообміну при горінні палива у напівзамкненому об'ємі. Виконавши детальний аналіз параметрів газообміну, які входять до складу рівнянь, при певних допущеннях, обмеженнях та спрощеннях можливо розв'язати цю систему рівнянь відносно часу, протягом якого відбувається уповільнення реакції горіння. При проведенні розрахунків необхідно враховувати початкові умови, що відносяться до параметрів стану системи до пожежі (7).

При $t = 0$:

$$\begin{aligned} P_m &= P_{0m}; & \rho_m &= \rho_{0m}; \\ T_m &= T_{0m}; & X_1 &= X_{01}; \\ X_2 &= X_{02}; & X_3 &= X_{03}. \end{aligned} \quad (7)$$

Описаний ефект представляє практичний інтерес у питанні боротьби з пожежами, які відбуваються при виитоках перегрітої горючої рідини, що самоспалахує. Слід відзначити, що при горінні перегрітої рідини, яка знаходиться під сіткою, висота полум'я в декілька разів менша за висоту полум'я вільного горіння.

Це в значній мірі знижує теплове навантаження на справне технологічне обладнання, тим самим запобігає подальшому його руйнуванню та виитокам горючих рідин. А це, у свою чергу, буде стримувати розповсюдження пожежі та сприяти її ліквідації.

Таким чином застосування вогнегасних сіток для захисту технологічного обладнання від теплового навантаження та обмеження розтікання горючих рідин створює умови для гасіння полум'я рідких вуглеводнів без введення в осередок горіння вогнегасних речовин.

ЛІТЕРАТУРА

1 Баратов А.Н., Иванов Е.Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. – М.: Химия, 1979. – 284 с.

2 Розловский А.И. Научные основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами. – М.: Химия, 1972. – 386 с.