

Ю.В. Луценко, канд. техн. наук, доцент, нач. кафедри, НУЦЗУ,
Є.А. Яровий, викладач, НУЦЗУ

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРИПИНЕННЯ ГОРІННЯ НАФТОПРОДУКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СІТЧАТИХ ЕЛЕМЕНТІВ

(представлено д-ром техн. наук Басмановим О.Є.)

Наведено результати дослідження умов самозагасання полум'я при використанні металевих сіток у якості вогнегасного елемента пасивних засобів пожежогасіння.

Ключові слова : нафтопродукти, самогасання, металева сітка

Постановка проблеми. Технологічні процеси і апарати хімічної та нафтохімічної промисловості характеризуються високою пожежною небезпекою. Аналіз гасіння пожеж на НПЗ показує, що кожна четверта пожежа супроводжується вибухом з наступним горінням. Пожежі швидко набувають великих розмірів і, як правило, не можуть бути ліквідовані першими пожежними підрозділами. Таким чином проблема полягає в тому, щоб запобігти інтенсивному поширенню полум'я на початковій стадії пожежі [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням підвищення ефективності гасіння пожеж у резервуарах та резервуарних парках присвячено велику кількість робіт. Одним з напрямків удосконалення пожежогасіння на об'єктах зберігання нафтопродуктів є створення пасивних засобів гасіння, які унеможливають протікання процесу горіння за рахунок обмеження масообміну, тобто дифузії кисню у реакційну зону. У роботах [2,3] для обмеження потрапляння кисню у реакційну зону пропонується використання пакетів металевих елементів прямокутного перетину, які пропонується занурити на глибину, розраховану виходячи з параметрів та геометричних характеристик каналу.

Постановка задачі та її вирішення. Задачею проведених досліджень було визначення умов самогасання полум'я під сіткою. Для її розв'язання потрібно було вирішити ряд питань, що пов'язані з конструктивними та технологічними факторами. При проведенні експериментів визначалися:

- розмір вічок сітки для кожної з досліджуваних рідин, при якому відбувається стабільне припинення горіння;
- температурний діапазон рідин, при якому відбувалося припинення горіння;
- висоту розміщення сітки над дзеркалом рідини;
- співвідношення площі вільного перерізу сітки та площі поверхні горіння рідини.

При виконанні досліджень зроблено припущення, що найбіль-

ший вплив на час припинення реакції горіння чинять: розмір вічок сітки δ , температура горючої рідини T , висота розміщення сітки над поверхнею горіння h , та співвідношення площі горіння та площі перерізу сітки S_r/S_{Π} .

Програмою досліджень було передбачено визначення залежності впливу зазначених факторів на час τ припинення реакції горіння. Зміна часу самозгасання полум'я від вищеперелічених факторів можна представити багатофакторною функціональною залежністю виду:

$$\tau = F(\delta, T, h, S_r/S_{\Pi}) \quad (1)$$

Для апроксимації функціональної багатофакторної залежності приймається поліном другого ступеню. Оптимальний ступінь поліному апроксимуючої математичної моделі обирається виходячи з вимог усунення “шуму” експерименту. Полем експериментів є матриця комбінаційних квадратів, кожен з яких відображає одночасно певні рівні варіювання незалежних змінних.

При складанні матриці комбінаційних квадратів експерименту кількість варіантів кожного з факторів у дослідях приймається рівним п'яти. Для зручності та спрощення розрахунків у поліном другого ступеню вводяться нові змінні:

$$h \rightarrow X1, f \rightarrow X2, S_r/S_{\Pi} \rightarrow X3, T \rightarrow X4 \quad (2)$$

Рівні варіювання факторів в експериментах представлені у вигляді:

$$X1 = \frac{h - h_c}{\Delta h}; X2 = \frac{f - f_c}{\Delta f}; X3 = \frac{S_r/S_{\Pi} - (S_r/S_{\Pi})_c}{\Delta S_r/S_{\Pi}}; X4 = \frac{T - T_c}{\Delta T} \quad (3)$$

де, відповідно, поточні та середні значення меж параметрів: h, h_c - висоти сітки над поверхнею горіння; f, f_c - розміру сіток; T, T_c - температури рідкого пального; $S_r/S_{\Pi}, (S_r/S_{\Pi})_c$ - співвідношення площини поверхні горіння і вільного перерізу сітки; $\Delta h, \Delta f, \Delta S_r/S_{\Pi}, \Delta T$ - інтервали варіювання незалежних змінних.

У кожному з дослідів визначалися час від моменту спалахування горючої рідини до припинення реакції горіння і об'ємна концентрація кисню у напівзамкненому об'ємі модельного осередку пожежі. Результати спостережень оброблені за допомогою ПЕОМ.

У ході експериментів визначалися умови згасання полум'я при горінні рідин в залежності від геометричних параметрів дослідної моделі та стану горючої рідини. На основі аналізу умов уповільнення та припинення дифузійного горіння у якості параметрів, що впливають на гальмування горіння рідини у моделі напівзамкненого об'єму прийнято розмір вічка сітки (співвідношення загальної площі вічок

до площі сітки), відстань від сітки до поверхні дзеркала горючої рідини, температура горючої рідини.

Від вибору того чи іншого значення зазначених параметрів залежить не тільки час самозгасання але й місткість та пропускна спроможність моделі експериментальної установки. Тому при дослідженнях поряд з визначенням умов самозгасання горючих рідин, визначалися конструктивні параметри експериментальної установки.

При проведенні досліджень кожному незалежному параметру надавалося п'ять значень з відповідним кроком рівня діапазону варіювання. В усіх дослідях діапазони та рівні варіювання, за винятком температури рідини, для кожного параметру приймалися однаковими. Температурні діапазони і їх рівні варіювання бралися у відповідності до температури кипіння дослідної рідини. Для встановлення якісного та кількісного зв'язку щодо впливу дослідних параметрів на час самозгасання горючої рідини у чотирьохфакторному експерименті, був взятий поліном другого ступеню, який має вигляд

$$F(X_1, X_2, X_3, X_4) = a_{11} \cdot X_1^2 + a_{22} \cdot X_2^2 + a_{33} \cdot X_3^2 + a_{44} \cdot X_4^2 + a_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + a_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + a_{14} \cdot X_1 \cdot X_4 + a_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + a_{24} \cdot X_2 \cdot X_4 + a_{34} \cdot X_3 \cdot X_4 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + a_4 \cdot X_4 \quad (4)$$

Для оцінки можливості відтворення результатів, у кожному експерименті проводилося не менш трьох повторень дослідів при фіксованих значеннях параметрів. Отримані дані результатів дослідів по кожній горючій рідині оброблялися на персональному комп'ютері. При проведенні обробки даних експерименту оцінювалася розбіжність результатів, одержаних у ході дослідів, з розрахунковими даними, одержаними за допомогою апроксимаційної математичної моделі. При цьому розраховувалися:

- середньоквадратична помилка

$$e = \frac{\sum_i^N (y_i - F(X_{1_i}, X_{2_i}, X_{3_i}, X_{4_i}))^2}{N} \quad (5)$$

- середня абсолютна помилка

$$h = \frac{\sum_i^N |y_i - F(X_{1_i}, X_{2_i}, X_{3_i}, X_{4_i})|}{N} \quad (6)$$

- середня відносна помилка

$$h\% = \frac{\sum_i^N \left| \frac{y_i - F(X_{1_i}, X_{2_i}, X_{3_i}, X_{4_i})}{y_i} \right| \cdot 100}{N} \quad (7)$$

Після обробки одержаних дослідних даних щодо умов самоз-

гасання досліджених горючих рідин на лабораторній установці отримані апроксимуючі математичні залежності для обчислення часу самозгасання.

Для бензину

$$\begin{aligned} \tau = & 7.318X1^2 - 0.361X2^2 - 1.117X3^2 - 0.006X4^2 + 0.349X1X2 + \\ & + 29.222X1X3 - 0.918X1X4 - 0.803X2X3 - 0.04X2X4 - 0.129X3X4 - \\ & - 41.478X1 + 34.23X2 + 40.335X3 + 2.79X4 - 824644 \end{aligned} \quad (8)$$

помилки обчислень відповідно становлять: середньоквадратична $e=0.476$, середня абсолютна $h=0.496$ та середня відносна помилка $h\%=11.694$.

Для гасу

$$\begin{aligned} \tau = & -66.098X1^2 + 0.027X2^2 - 0.106X3^2 + 0.000744X4^2 - \\ & - 1.69X1X2 + 4.571X1X3 - 0.534X1X4 + 0.405X2X3 + \\ & + 0.015X2X4 + 0.018X3X4 + 133.269X1 - 3.558X2 - \\ & - 19.821X3 - 0.723X4 + 104.674 \end{aligned} \quad (9)$$

похибки обчислень становлять: $e = 0.058$, $h = 0.194$, $h\% = 8.198$; графічні.

Для дизельного палива

$$\begin{aligned} \tau = & 968.457X1^2 - 0.707X2^2 + 0.064X3^2 + 0.004X4^2 - \\ & - 0.69X1X2 + 0.764X1X3 + 2.259X1X4 + 0.254X2X3 - \\ & - 0.019X2X4 - 0.211X3X4 - 521.938X1 + 61.762X2 - \\ & - 0.183X3 + 0.266X4 - 1279 \end{aligned} \quad (10)$$

похибки обчислень становлять: $e = 0.187$, $h = 0.337$, $h\% = 12.561$; графічні.

Для нафти

$$\begin{aligned} \tau = & -11.943X1^2 - 0.025X2^2 - 0.193X3^2 + 0.000723X4^2 - \\ & - 0.672X1X2 - 6.811X1X3 + 0.059X1X4 + 0.026X2X3 - \\ & - 0.003X2X4 - 0.003X3X4 + 67.173X1 + 2.295X2 + \\ & + 1.137X3 + 0.037X4 - 54.82 \end{aligned} \quad (11)$$

помилки обчислень становлять: $e = 0.702$, $h = 0.653$, $h\% = 19.377$.

Для мазуту

$$\begin{aligned} \tau = & 729.097X1^2 - 0.381X2^2 + 0.946X3^2 - 0.002X4^2 + \\ & + 6.782X1X2 - 18.239X1X3 + 0.046X1X4 - 0.304X2X3 - \\ & - 0.024X2X4 - 0.112X3X4 - 501.2X1 + 36.049X2 + \\ & + 26.918X3 + 1.793X4 - 886.831 \end{aligned} \quad (12)$$

помилки обчислень становлять: $e = 5.616$, $h = 1.544$, $h\% = 30.499$.

Висновок. Результати досліджень дозволяють визначити чинники, що впливають на протікання процесу горіння рідких вуглеводнів у напівзакритому об'ємі та свідчать, що можливість запалювання і подальшого протікання горіння рідких вуглеводнів в напівзамкненому об'ємі визначаються стехіометрією горючої суміші, а також процесами тепло- та масообміну.

ЛІТЕРАТУРА

1. Требнев В.В. Тактическая подготовка должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре / В.В.Требнев, А.В.Требнев, А.В.Подгрушный, В.А.Грачев // М., МЧС РФ, Академия ГПС, 2004, 288с.

2. Потякин В.И. Устройства для самотушения горящих при проливе гидкостей / В.И.Потякин, В.И.Еремин, И.М.Гребене // Пожарная техника. Расчет проектирования. Сб.науч.трудов.М. ВНИИПО, 1989.

3. Патент на изобретение №225804. Приоритет изобретения от 08.01.2003.

4. Луценко Ю.В. Аналіз умов само загасання полум'я рідких вуглеводнів у напівзамкнених об'ємах / Ю.В.Луценко, А.Я.Шаршанов, О.В.Бабенко // Проблемы пожарной безопасности. Сб.науч.тр. АПБ Украины. Вип.10.- Харьков: Фолио, 2001. – С.109-113.

5. Бабенко О.В. Експериментальна лабораторна установка для визначення вогнегасних властивостей сітчастих конструкцій / Бабенко О.В., Мельниченко А.О. // Проблемы пожарной безопасности. Сб.наук.пр. УЦЗ України. Вип.20.- Харків: Фолио, 2006. – С.12-17.
nuczu.edu.ua

Луценко Ю.В. , Яровой Е.А.

Исследование условий прекращения горения нефтепродуктов с использованием сетчатых элементов

Приведены результаты исследований самозатухания пламени при использовании металлических сеток в качестве огнезащитного элемента пассивных средств пожаротушения.

Ключевые слова: нефтепродукты, самопотухание, металлическая сетка.

Lutsenko U.V., Yarovoy E.A.

Study of termination of the use of burning нефтепродуктов mesh elements

The results of studies self-extinguishing flame when using metal meshes as a flame retardant element Passive fire-fighting equipment.

Keywords: oil, flame retardancy, metal mesh