

*Е.Ю. Прохач, д-р техн. наук, директор Харківської філії
ДП МО України "Воєнконверс-43" - "Екоцентр-43",
Л.Л. Михальська, канд. техн. наук, заступник директора,
Н.П. Попов, канд. техн. наук, ст. науковий співробітник*

ОСОБЛИВОСТІ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ ПРИ ЗАГОРЯННІ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН НА ВІДКРИТІЙ МІСЦЕВОСТІ

Запропоновано метод розрахунків розсіювання викидів під час пожежі на об'єктах виробництва, зберігання та транспортування токсичних речовин. Показано, що розрахунки розсіювання викидів під час пожежі повинні передувати проведенню підготовчих організаційно-технічних заходів, що гарантують безпеку особового складу пожежних підрозділів під час гасіння пожежі.

Постановка проблеми. На даний час в народному господарстві і Збройних Силах України знаходяться та експлуатуються пожежонебезпечні об'єкти виробництва, зберігання та транспортування токсичних речовин. Характерним прикладом таких об'єктів є сховище пестицидів, розташоване окремо на відкритій місцевості. В практиці експлуатації подібних об'єктів відомі випадки їх загоряння.

Процес неорганізованого горіння є нестаціонарним. Для нього є характерною наявність пульсацій, що обумовлені, в основному, нерівномірним надходженням повітря в зону горіння, особливо в її центральну частину. Через це змінною буде і температура продуктів згоряння. Вказаний ефект призводить до зниження коефіцієнту надлишку повітря в окремих зонах горіння і росту концентрації продуктів неповного згоряння, які містять токсичні речовини, що не розклалися, та нові не менш токсичні речовини, що утворилися при хімічних реакціях. Так при пожежі на складі пестицидів можливе утворення таких токсичних речовин, як хлор, фосген, діоксини і т.п. [1]. Отже при ліквідації пожежі в місцях розташування подібних об'єктів на особовий склад пожежних підрозділів крім звичайних факторів впливають токсичні речовини, що містяться в продуктах згоряння і атмосферному повітрі. У зв'язку з цим важливою та актуальною проблемою є оперативна оцінка вмісту токсичних речовин безпосередньо в зоні пожежі і навколишньому повітрі, розробка комплексу організаційно-технічних заходів, що гарантують безпеку пожежних та населення.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Методи розрахунків розсіювання продуктів згоряння при пожежі, що забезпечують необхідну точність результатів, на даний час відсутні через складнощі у

визначенні необхідних вихідних даних (швидкості горіння речовин, температури і швидкості руху продуктів горіння над зоною пожежі).

Теорія розсіяння шкідливих речовин в атмосфері (факелів димових труб, радіоактивних викидів і т.п.) в достатній мірі розроблена і доведена до створення практичних методик нормативного характеру [2]. Тому для оцінки закономірностей розсіяння продуктів згоряння при пожежі доцільно використати відомі методи розрахунків розсіяння в атмосфері викидів з труб промислових об'єктів. Одним з таких методів є метод, що базується на застосуванні статистичної теорії. В основу метода покладено рішення відомого рівняння Гауса виду

$$q(x,y,z,h)=\frac{M}{2\cdot\pi\cdot\sigma_y\cdot\sigma_z\cdot u}\cdot\exp\left(-\frac{y^2}{2\cdot\sigma_y^2}\right)\cdot\left[\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2\cdot\sigma_z^2}\right)+\exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2\cdot\sigma_z^2}\right)\right] \quad (1),$$

де $q(x,y,z,h)$ – концентрація продуктів горіння (домішок) в атмосферному повітрі; M – масові витрати продуктів горіння (або даної хімічної речовини) на виході з установки; h – висота підйому факела викидів; σ_x і σ_y – дисперсії координат домішок; x,y,z – координати відповідно до напрямлення вітру, горизонталі та вертикалі.

При цьому припускається, що концентрація домішок в атмосфері за осями z і y змінюється за нормальним законом з відхиленнями σ_z^2 та σ_y^2 . Методи розрахунків, що базуються на статистичній теорії, [3] відрізняються способами визначення σ_z^2 та σ_y^2 . В роботі [4] наведена удосконалена статистична модель, розроблена Інститутом експериментальної метеорології. Дисперсії координат домішок σ_z^2 та σ_y^2 визначають в [4] за результатами вимірів пульсацій температури повітря T' і швидкості вітру u' та використовують параметри подібності атмосферних процесів – динамічну швидкість u_* , масштаб температури T_* , масштаб турбулентності L , виражені через зазначені пульсаційні характеристики. За результатами експериментів одержані апроксимаційні формули для низки характерних діапазонів стійкості атмосфери і значення відповідних констант.

Запропонований в [4] методичний підхід до розрахунків розсіяння домішок має обмеження. По-перше, виміри пульсацій температури повітря і швидкості вітру, необхідні для визначення параметрів u_* , T_* і L , пов'язані із значними труднощами через те, що на даний час відсутні промислові зразки вимірювальних приладів з необхідними характеристиками. По-друге, надані в табличному виді результати обробки даних експериментів мають ступеневий характер, що ускладнює застосування ЕОМ.

Постановка задачі та її розв'язання. Зауважимо, що саме за

результатами прогнозування вмісту токсичних речовин в атмосфері під час пожежі повинні застосовуватися відповідні засоби колективного та індивідуального захисту, що гарантують безпеку пожежних та населення. Таким чином метою дослідження, матеріали якого наведені в статті, є виявлення закономірностей розсіяння продуктів горіння в атмосфері під час пожежі на об'єктах, що містять токсичні речовини, як вихідної бази даних для розробки заходів, що гарантують безпеку гасіння пожежі. Для подолання зазначених вище труднощів щодо розрахунків розсіяння домішок нами запропоновано використати градієнтний метод, тобто знаходити комплексні параметри u^* , T^* і L не через значення пульсацій, а через різниці температур повітря ΔT і швидкості вітру Δu на двох рівнях вимірів. В цьому випадку розрахункові залежності приймають вид

$$u = \frac{\chi}{\sigma_u} \cdot \frac{\Delta u}{\ln(z_2/z_1)}, \quad L = -\frac{\sigma_T}{\sigma_u^2} \cdot \frac{\Delta u^2}{\Delta T} \cdot \frac{\bar{T}}{g \cdot \ln(z_2/z_1)}, \quad (2)$$

де Z_1 і Z_2 – висоти, на яких проводяться виміри параметрів атмосфери (звичайно $Z_1 = 0,5\text{м}$ і $Z_2 = 2\text{м}$); χ – стала Кармана ($\chi = 0,4$); σ_T і σ_u – відомі універсальні функції, що залежать від параметра стійкості атмосфери $\bar{z}/L$.

Для одержання неперервних графічних залежностей для розрахунків на ЕОМ надамо екстраполяційні залежності σ_z від параметра стійкості у вигляді

$$\begin{aligned} \sigma_z &= 1,1 \cdot (u \cdot t)^{3/2} \cdot |L|^{-1/2} && \text{при } \bar{z}/L < -3,3; \\ \sigma_z &= [0,36 + 0,6 \cdot (\bar{z}/L)^{3/4}] \cdot u \cdot t && \text{при } -3,3 \leq \bar{z}/L \leq 0,0; \\ \sigma_z &= [0,36 + 2,0 \cdot (\bar{z}/L)^{1/2}] \cdot (u \cdot t \cdot L)^{1/2} && \text{при } \bar{z}/L > 0,0. \end{aligned} \quad (3)$$

Для розрахунків дисперсій координат в поперечному напрямі σ_y скористуємося формулою А.В. Найденова [5]

$$\sigma_y^2 = \begin{cases} 1,56 \cdot (u \cdot t)^2 + 1,44 \cdot \left(\frac{u \cdot t}{|L|}\right)^3, & L < 0, \\ 1,56 \cdot (u \cdot t)^2 \cdot [1 + 0,24 \cdot \frac{u \cdot t}{L}]^{-1}, & L > 0 \end{cases} \quad (4)$$

Розрахунки висоти підйому хмари продуктів згорання проводитимемо за апробованою на практиці формулою виду [2]

$$h = h_u + \frac{1,5 \cdot W_0 \cdot R_0}{u} \cdot \left(2,5 + \frac{3,3 \cdot g \cdot R_0 \cdot \delta T}{T_0 \cdot u^2}\right), \quad (5)$$

де h_u - висота джерела викидів; R_0 – радіус джерела викидів; δT – перегрів газів; T_0 – температура навколишнього повітря на висоті, що дорівнює висоті полум'я; T_r – температура продуктів горіння; W_0 - вихідна швидкість газів.

Розрахункові формули для визначення висоти центру ваги факелу мають вид [5]:

$$\bar{z} - h = b \cdot u^{3/2} \cdot t^{3/2} \cdot |L|^{-1/2}, \quad \bar{z} - h = b \cdot u \cdot t, \\ \text{при } \bar{z}/L < -3,3; \quad \text{при } -3,3 < \bar{z}/L < -0,1. \quad (6)$$

Табличні значення коефіцієнта b в формулах (6) подамо у вигляді апроксимаційної залежності виду

$$b = 0,051 \left(\frac{\bar{z}}{L} \right)^2 + 0,4 \text{ при } -3,3 \leq \frac{\bar{z}}{L} \leq 0 \text{ і } b = 0,4 - \left(\frac{\bar{z}}{L} \right)^{1/2} \text{ при } \bar{z}/L \geq 0. \quad (7)$$

На основі одержаної системи рівнянь розроблена програма розрахунків на ЕОМ параметрів розсіювання викидів в атмосфері.

Порівняння результатів розрахунків з експериментальними даними свідчить, що запропонований метод дозволяє проводити розрахунки параметрів розсіювання викидів при різних метеорологічних умовах з достатньою для практики точністю та з використанням досить простих вимірювальних приладів.

Одержані результати дають підстави для наступних висновків:

- концентрація продуктів горіння в повітрі має максимум на деякій відстані від джерела;
- концентрація домішок залежить від швидкості вітру: існує небезпечна швидкість вітру, за якої концентрація токсичних речовин максимальна;
- максимальна концентрація продуктів горіння при нестійкому стані атмосфери ($\Delta T > 0$) майже на порядок перевищує концентрацію при стійкому стані атмосфери ($\Delta T < 0$). Це означає, що тушіння пожежі в нічний час значно небезпечніше, ніж у денний;
- при розсіянні продуктів горіння утворюється зона с підвищеною концентрацією токсичних продуктів.

Дослідження процесів розсіювання продуктів згоряння розчинів та пари гептилу на військових станціях нейтралізації свідчать про те, що навіть при незначних концентраціях гептилу (6,2 – 8,8 %) у розчинах, що спалювалися, в продуктах згоряння були присутні несиметричний диметилгідразин, нітрозодиметиламін, тетраметилтетразен, поліхлоровані біфеніли. Їх концентрація в зоні горіння в декілька разів перевищувала гранично допустимі значення.

Наявність токсичних продуктів в повітрі під час пожежі на об'єктах, де зберігаються або використовуються токсичні речовини, вимагає прийняття додаткових, іноді принципово інших заходів, що забезпечують збереження здоров'я пожежних. Необхідно заздалегідь визначитися з типами індивідуальних засобів захисту пожежних, розрахувати розміри небезпечної зони та прокласти маршрути руху пожежних підрозділів, що забезпечують скорочення часу перебування пожежних в небезпечній зоні. Проведенню цих та інших організаційно-технічних заходів повинні передувати розрахунки розсіювання викидів під час пожежі.

Висновки.

1. Запропоновано удосконалений метод розрахунків розсіювання викидів під час пожежі на об'єктах виробництва, зберігання та транспортування токсичних речовин. Метод відрізняється від існуючого тим, що дозволяє знаходити комплексні параметри процесу розсіювання не через значення пульсацій, а через різниці температур повітря і швидкості вітру на двох рівнях вимірів, що забезпечує суттєве спрощення процесу одержання експериментальних даних. Застосування безперервних залежностей спростило використання ЕОМ для проведення розрахунків.

2. Показано, що наявність токсичних продуктів в повітрі під час пожежі на об'єктах, де зберігаються або використовуються токсичні речовини, вимагає прийняття додаткових заходів, що забезпечують збереження здоров'я пожежних та захист населення. Організаційно-технічні заходи повинні розроблятися заздалегідь на основі розрахунків параметрів розсіювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Прохач Е.Ю., Михальська Л.Л., Ромась С.В. Аналіз викидів при пожежі на складах зберігання пестицидів // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. Вып.17.- Харьков: Фолио, 2005.- С. 157-163.
2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – М.: Госкомгидромет, 1987. – 94 с.
3. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1975.- 448 с.
4. Бызова Н.Л., Гаргер Е.К., Иванов В.Н. Экспериментальное исследование атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 280 с.
5. Найденов А.В. Высота теплового подъема дымовой струи от наземного источника // Труды ИЭМ. – 1987. – Вып.10 (131). – С. 90-98.

Стаття надійшла до редакції 19.03.2009 р.