

О.Є. Басманов, д-р техн. наук, професор, гол. наук. співр., НУЦЗУ,  
Г.О. Кулакова, курсант, НУЦЗУ

## ОЦІНКА ШВИДКОСТІ ВИСХІДНИХ ПОТОКІВ НАД РОЗЛИВОМ ГОРЮЧОЇ РІДИНИ, ЩО ГОРИТЬ

Пожежі нафтопродуктів в резервуарних парках є одними з найскладніших внаслідок загрози каскадного розповсюдження пожежі на сусідні резервуари, яке здатне призвести до значних матеріальних збитків і загибелі людей. Існує три основних типи пожежі в резервуарному парку: пожежа в резервуарі, пожежа в обвалуванні резервуара, одночасне горіння нафтопродукту в резервуарі і обвалуванні.

В роботі [1] побудовано модель теплового впливу пожежі нафтопродукту в резервуарі на сусідній резервуар. В [2] запропоновано модель теплового впливу пожежі в обвалуванні на резервуар. Особливістю пожежі в обвалуванні є передача тепла від осередку горіння до резервуара не лише шляхом випромінювання, а й за рахунок конвекції. Врахування конвекційної складової потребує, зокрема, оцінки швидкості висхідних потоків розливом, що горить.

Розглянемо процес горіння розливу горючої рідини (рис. 1): в зону горіння надходять пари горючої рідини, що випаровуються з її поверхні, і повітря, а продукти горіння здіймаються вгору.

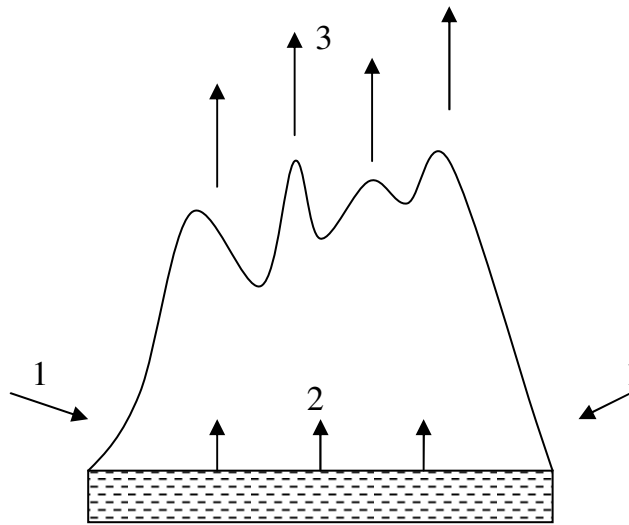
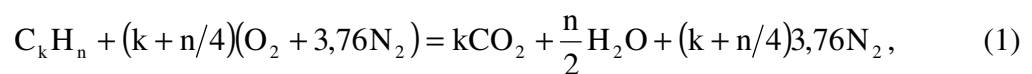


Рис. 1. Схема горіння горючої рідини з вільної поверхні: 1 – повітря; 2 – пари горючої рідини; 3 – продукти горіння

Розглянемо витрати газу в об'ємі, в якому відбувається горіння. Будемо описувати нафтопродукт умовною хімічною формулою  $C_kH_n$ , а процес горіння рівнянням



де враховано молекулярний склад повітря у вигляді  $(O_2 + 3,76N_2)$ . Аналіз рівняння показує, що в реакції приймає участь  $4,76(k + n/4)$  молей кисню, азоту і парів горючої рідини, внаслідок чого утворюється  $[k + n/2 + 3,76(k + n/4)]$  молей

азоту і продуктів горіння. В реакцію вступають гази з температурою  $T_1$ , а продукти горіння мають температуру  $T_2$ . Крім того, будемо вважати всі ці гази ідеальними і такими, що задовольняють співвідношенню

$$\frac{pV}{T} = \text{const},$$

де  $p$  – тиск;  $V$  – об’єм газу;  $T$  – температура. Приймаючи тиск в зоні горіння таким, що приблизно дорівнює атмосферному тиску, отримуємо надлишковий об’єм продуктів горіння [3]:

$$\Delta V = 22,4\eta S \frac{[k + n/2 + 3,76(k + n/4)] \frac{T_2}{T_0} - 4,76 \cdot 22,4(k + n/4) \frac{T_1}{T_0}}{12k + n} \Delta t. \quad (2)$$

Середня швидкість цих потоків над областю горіння складає

$$u_0 = \frac{\Delta Q}{S} = 22,4\eta \frac{[k + n/2 + 3,76(k + n/4)] \frac{T_2}{T_0} - 4,76 \cdot 22,4(k + n/4) \frac{T_1}{T_0}}{12k + n}. \quad (3)$$

Швидкість висхідних потоків безпосередньо над областю горіння

$$u_0 = 22,4\eta \frac{[1 + \alpha/2 + 3,76(1 + \alpha/4)] \frac{T_\Phi}{T_0} - 4,76(1 + \alpha/4) \frac{T_{\text{кип}}}{T_0}}{12 + \alpha}. \quad (4)$$

Таким чином, залежність (4) дозволяє оцінити швидкість висхідних конвекційних потоків над осередком горіння горючої рідини. Оцінка базується на аналізі надлишкового об’єму газу, який утворюється за рахунок хімічної реакції горіння, а також теплового розширення продуктів горіння.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамов Ю.А. Моделирование нагрева резервуара под действием излучения пожара / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов // Вісник міжнародного слов’янського університету. – Харків: ТОВ ПКФ „Яна”, 2004. – Т. 7. – №2. – С. 7-9.
2. Улинец Э.М. Математическая модель теплового воздействия пожара разлива нефтепродукта на резервуар / Э.М. Улинец // Проблемы пожарной безопасности. – 2008. – Вып. 24. – С. 27-31.
3. Басманов О.Є. Оцінка швидкості висхідних потоків над осередком горіння горючої рідини [Текст] / О.Є. Басманов, Г.О. Кулакова // Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація: збірник наукових праць. – Черкаси: ЧПБ НУЦЗ України, 2017. – № 1. – С. 5-10.