

- ведомственной комиссии по радиационному контролю природной среды при Госкомгидромете СССР, 1989 г. – 25с.
9. Єременко В.Г. Основи дозиметрії та радіаційної безпеки. Навчальний посібник.- Х: ХІТВ, 2006. - 156с.
  10. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навч. посібник / Львів, 2010.- 384 с.
  11. Коваль А. А. Методика определения уровня наблюдаемости измеренных параметров при аттестации рабочих мест по условиям труда. IV Региональная НПК с международным участием «Безопасность жизнедеятельности: наука, образование, практика», СахГУ. – 2013. – С.132 –135.
  12. Вишневецький О. Л., Попов І. І. Мінка С. В. Шляхи вдосконалення методики вимірювання потужності еквівалентної дози дозиметром МКС-05 «ТЕРРА» при радіометричному контролі поверхні ґрунту Вестник ХНАДУ: сборник научных трудов. – Харьков, 2016. – № 72. – С. 50–57.
  13. JCGM 100:2008 GUM 1995 зі змінами, оцінювання даних вимірювання – Керівництво щодо виразу невизначеності вимірювань (www.bipm.org).
  14. Коваль О. А., Мінка С. В. Шляхи вдосконалення методики вимірювання потужності еквівалентної дози при радіометричному контролі. // Науковий вісник будівництва. - Х.: ХНУБА. – 2017. – Т. 87. - №1 - С. 250-257.
  15. Engelfried J., Cherenkov Light Imaging - Fundamentals and recent Developments, Ceres, 2010. - vol. 639. - no. 2. - pp. 1–6.
  16. Zwierz M., Perez-Delgado C. A., and Kok P., General Optimality of the Heisenberg Limit for Quantum Metrology, Phys. Rev. Lett., 2010. - vol. 105. - no. 18. - p. 4.
  17. Towers C. E., Towers D. P., and Falaggis K., Extended range metrology: an age old problem, Measurement, 2011, vol. 8082. - pp. 1–9.

*Рецензент: д-р техн. наук Ю.А. Петренко*

УДК 614.843

**Хілько Ю.В., Мелешенко Р.Г.**

*Національний університет цивільного захисту України*

### **ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВОГНЕГАСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКИДУ ПОРОШКОВИХ СУМІШЕЙ З КОНТЕЙНЕРІВ**

**Вступ.** Одним з ефективних методів ліквідації масштабних пожеж на початковій стадії є метання вогнегасних засобів залпом, або пострілом. Для досягнення цієї мети в Україні використовують установки, які реалізовані на серії машин типу «Імпульс-1», «Імпульс-2м», «Імпульс-штурм» які проводять гасіння пожежі пострілом порошкової речовини.

Але головною проблемою таких установок являється малий радіус застосування (номінальний радіус дії - 50 метрів), вони не в змозі забезпечити дальність падіння і необхідну вогнегасну концентрацію порошку в зоні горіння на віддалених відстанях (більше 100 м). Виникають великі труднощі у вирішенні питань доставки і застосування високодисперсних порошкових сумішей, оскільки порошки конвективними

потоками відносяться від осередку пожежі, не проникаючи в полум'я.

**Мета і завдання.** Результати досліджень в області порошкового пожежогасіння [1, 4] показують, що вогнегасна здатність порошків значною мірою залежить від способу їх подавання на осередок пожежі. Таким чином, при застосуванні в контейнерах вогнегасних сумішей і при дослідженні їх вогнегасної ефективності необхідно забезпечити такі умови, при яких уся маса порошкового складу максимально використовуватиметься для припинення горіння. Для цього необхідно визначити найбільш ефективний спосіб подання вогнегасного порошкового складу з контейнера, проаналізувати процес зміни параметрів пожежогасіння.

**Результати досліджень.** Вогнегасна ефективність контейнера з порошковим

складом може бути оцінена за мінімальною величиною питомої витрати порошкового складу, що бере участь в гасінні. Інтенсивність викиду порошкового складу з внутрішньої порожнини контейнера визначатиметься як кількість вогнегасного порошку, яка викидається в одиницю часу на одиницю розрахункового параметра пожежі з внутрішньої порожнини контейнера.

Загальна витрата ВПС в контейнері визначається на основі розрахунку загальної кількості вогнегасного порошкового складу  $G$  в контейнері із заданою масою ВПС, який витрачається під час гасіння пожежі на одиницю розрахункового параметра пожежі,  $\text{кг}/(\text{м}^2, \text{м}^3)$

$$G = \frac{M}{P_{\text{пож}}} \quad (1)$$

де  $m$  – маса вогнегасного порошкового складу,  $\text{кг}$ ;  $P_{\text{пож}}$  – розрахунковий параметр пожежі ( $\text{м}^2, \text{м}^3$ ). Питома витрата  $g$  – є кількість вогнегасного порошку, яка витрачається в одиницю часу на гасіння розрахункового параметра пожежі ( $\text{кг}/\text{с}$ )

$$g = \frac{M}{T_{\text{пож}}} \quad (2)$$

З формул (1, 2) виходить визначення інтенсивності викиду порошкового складу з контейнера

$$I = \frac{G}{T_{\text{пож}}}; I = \frac{g}{t_{\text{пож}}} \quad (3)$$

Досягши максимальної інтенсивності подання викиду порошку в осередок пожежі час гасіння зменшується і для зростання інтенсивності вимагається збільшувати витрату –  $G$ . Отже, для підвищення вогнегасної ефективності контейнера з порошковою сумішшю необхідно передбачати максимальну інтенсивність викиду порошку з внутрішньої порожнини в зону горіння за мінімальний проміжок часу зі збільшенням  $G$ . Такий ефект можна забезпечити при високошвидкісному методі метання порошкового складу в контейнерах із застосуванням СУПКМ.

Для вогнегасного складу існує критична інтенсивність подання –  $I_{\text{кр}}$ , при якому і нижче якої гасіння не буде досягнуто.

Проведення розрахунків витрати вогнегасного порошкового складу при викиді з контейнера дозволяє отримати залежність загальної витрати  $G$  від інтенсивності викиду вогнегасного складу, (рис. 1.)

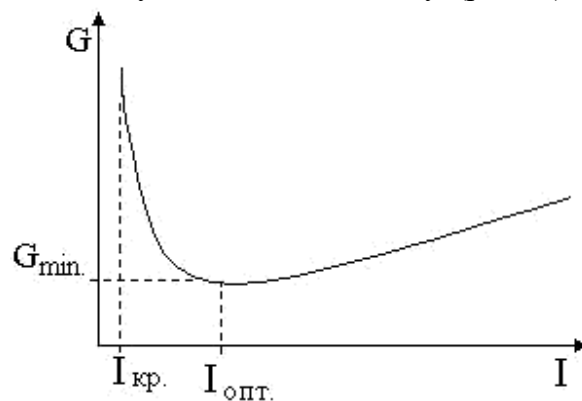


Рис. 1. Графік залежності загальної витрати і інтенсивності викиду вогнегасного речовини в осередку пожежі

Для різноманітних вогнегасних засобів, характер зміни питомої витрати –  $g$  від інтенсивності подачі зберігає аналогічну залежність, що дозволяє говорити про існування оптимальної інтенсивності подачі  $I_{\text{опт}}$  і оптимальному часу гасіння  $\tau_{\text{опт}}$ , при якому витрати вогнегасного складу  $G$ , що викидається з контейнера в зону горіння, для гасіння буде мінімальним.

Таким чином, отримуємо оптимальну інтенсивність подачі за мінімальний час гасіння з мінімальною витратою, яка може прийнята як перший рівень розрахунку нормативних показників гасіння з використанням порошкових составів в контейнерах. Для визначення оптимальних параметрів гасіння з використанням ВПС в контейнерах на початковому етапі можливо використання розрахункового способу, заснованого на основі аналізу процесу гасіння осередку пожежі

$$I_{\text{внс}} = \frac{m_{\text{внс}}}{P_{\text{гас}} \cdot T_{\text{гас}}} \quad (4)$$

де  $m_{\text{внс}}$  – маса ВПС, викинутого на гасіння з одного контейнера,  $\text{кг}$ ;  $T_{\text{гас}}$  – час, витрачений на гасіння,  $\text{с}$ ;  $P_{\text{гас}}$  – величина параметра пожежі,  $\text{м}, \text{м}^2, \text{м}^3$ .

**Ефективність дії порошкових складів при гасінні пожежі.** Ефективність гасіння з ВПС в контейнері залежить від ін-

тенсивності викиду ВПС з внутрішньої порожнини контейнера, часу гасіння і коефіцієнта використання порошку  $K_{\text{вик.пор}}$

$$K_{\text{вик.пор}} = \frac{I_{\text{теор}}}{I_{\text{факт}}} \quad (5)$$

Коефіцієнтом використання порошку являється відношення теоретичної інтенсивності викиду вогнегасного речовини до фактичного значення інтенсивності

Фактична інтенсивність викиду і загальна витрата вогнегасного складу можуть служити показниками ефективності гасіння порошковими складами в контейнерах.

До числа методів викиду ВПС з контейнера відноситься вибуховий метод викиду вогнегасних порошоків з внутрішньої порожнини контейнерів.

Виконання цього методу досягається конструктивним виконанням контейнера з багатосекційною внутрішньою порожниною (рис. 2).

Внутрішня порожнина розділена на секції і заповнена порошковим складом. По центру порожнини розташований спонукальний пристрій, наприклад, пороховий заряд для отримання надмірного тиску у внутрішній порожнині контейнера і викиду порошкового складу з контейнера.

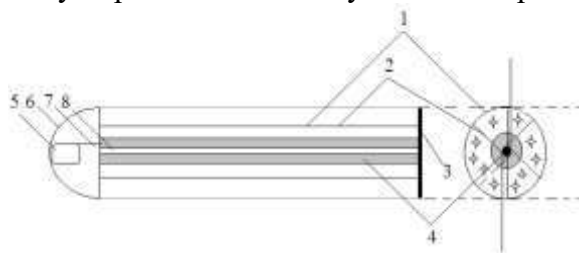


Рис. 2. Модель контейнеру з порошковою вогнегасною речовиною

1 – корпус; 2 – розділювач секції; 3 – задня торцева частина контейнеру; 4 – спонукальний пристрій; 5 – механізм приведення в дію спонукального пристрою; 6 – лобова частина; 7 – запальник механізму; 8 – центральна вісь

Під час виходу з корпусу контейнера газопорошковий потік утворює вибухову хвилю; викид продуктів вибуху, утворення розпорошеної нерівномірної суміші продуктів вибуху і порошку з переважанням твердої дисперсної фази. Продукти вибуху чинять тиск на газодисперсну по-

рошкову суміш. При вибуху частина продуктів вибуху обволікає газодисперсну порошкову суміш і посилює передній ударний фронт продуктів вибуху, за яким насувається газопорошковий потік, що розширюється. При цьому флегматизація процесу горіння у осередку пожежі додатково до вогнегасної дії порошкових складів досягається: 1) відривом фронту полум'я від горючого навантаження; 2) дробленням фронту полум'я на окремі ділянки, що не підтримують горіння; 3) розбавленням зони горіння інертними продуктами вибуху. Досягнувши поверхні осередку пожежі, потік розділяється на дві частини. Велика частина потоку, відбиваючись від поверхні, що горить, створює низову хмару, яка забезпечує екранування горючої речовини від теплового потоку зони горіння, ізолює його і запобігає можливості подальшого поширення горіння по усій площі покриття. Інша, менша частина потоку, на високій швидкості проникає в глибину поверхні, що горить, руйнуючи конденсовану зону, де відбувається горіння твердих речовин.

Оскільки на пожежі в основному є присутнім дифузійне горіння [2, 4], то залежність концентрації вогнегасного порошкового складу, розміщеного в контейнері, від різних чинників при дифузійному горінні після викиду порошку з контейнера можна виразити

$$C_{PV} = \frac{\beta \cdot d \cdot PS^{SR2} \cdot \rho_{RS}}{12 \cdot \varepsilon} \quad (6)$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт дифузії часток порошкового складу в газовому середовищі зони підготовки до горіння,  $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $d_{PS^{SR}}$  – середній діаметр частки порошкового складу, м;  $\beta$  – мінімальне значення константи гетерогенної рекомбінації, при якій спостерігається гасіння полум'я,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\rho_{PS}$  – щільність частки порошкового вогнегасного складу,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ .

**Висновки.** Метод викиду вогнегасних порошкових складів з внутрішньої порожнини контейнера під дією надмірного тиску є якісно новим, перспективним напрямом проведення наукових досліджень і

практичного застосування при рішенні завдань розробки перспективних методів і технічних засобів пожежогасіння.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Абдурагимов И.М. Физико химические основы развития и тушения пожаров / Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е.: учебное пособие, Москва, 1980. - 255 с.
2. Баратов А.Н. Горение – Пожар – Взрыв – Безопасность / Баратов А.Н. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. - 364 с.
3. Заявка на изобретение (РФ) 2003120520. Способ доставки огнетушащего вещества в очаг пожара перемещением его в окружающем воздухе / И.В. Холодков. 2004.
4. Брушлинский Н.Н., Корольченко А.Я. Моделирование пожаров и взрывов. М.: Пожнаука, 2000. - 482 с.
5. Огнетушащие порошковые средства: Сборник научных трудов. М.:ВНИИПО, 1983. - 131 с.
6. Хілько Ю.В. Установка для дослідження газової детонаційної системи метання / Ю.В. Хілько, О.В. Сакун, К.В. Коритченко // Збірник наукових праць ЦНДІ ОБТ ЗСУ. – К.: ЦНДІ ОБТ ЗСУ, 2014. – №1 (52). – С. 306-313. Режим доступу: [http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol37/Ppb\\_2015\\_37\\_21.pdf](http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol37/Ppb_2015_37_21.pdf).
7. Царев А.М. Ствольные установки пожаротушения контейнерного метания огнетушащих веществ / А.М. Царев // Экология и промышленность России. – 2012. - № 6. - С. 4 - 9.

*Рецензент: д-р техн. наук О.М. Ларін*

УДК 504.5:658.345[477.63]

**Amelina L. V.**

*Dnipropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan*

### **SIMULATION OF AIR POLLUTION IN WORKPLACES USING CODE «ACCAM-2»**

**Introduction.** Along the Toliatti-Odessa ammonia pipeline there are several pumping stations which support the correct pressure in the pipeline. From the point view of industrial safety these pump stations are the chemically dangerous objects [5]. According to the Law of Ukraine for high-risk objects, a PLAS (Emergency Response Plan) document must be developed for such industrial object. Prediction of air pollution in workplaces after unplanned toxic chemical emission is the basis of this document. Therefore, the actual task is to estimate the level of contamination in working areas of the pump station in the case of unplanned ammonia release at the pump station territory.

**Review of literature sources.** To solve the problem of chemical contamination zones formation in the case of unplanned ammonia emissions analytical models or Gaussian plume are widely used [2, 3, 9, 10]. These models have significant lacks because they cannot be used when we model toxic chemi-

cal dispersion among buildings. For this purpose it is necessary to use numerical models [1, 4, 6-8] which are based on Fluid Dynamics equations. In Ukraine, there is a certain deficit of such models [1, 7, 8].

**The purpose** of this paper is to develop a code which is based on numerical model for computing the chemical contamination of air on the territory of the ammonia pump station for unplanned ammonia release.

**Mathematical model.** To simulate the ammonia dispersion 2D mass transport model is used [1, 3, 4, 7, 8]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \sigma C = \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \sum Q_i(t) \delta(x - x_i) \delta(y - y_i), \quad (1)$$

where  $C$  is mean concentration;  $u, v$  are the wind velocity components;  $\sigma$  is the parameter taking into account the process of pollutant chemical decay or washout;  $\mu = (\mu_x, \mu_y)$  are the diffusion coefficients;  $Q$  is intensity of point source emission;  $\delta(r - r_i)$  are Dirak