

І.Ф. Дадашов¹, О.О. Ковальов¹, А. Я. Калиновський¹, О.С. Шевцова², Г.В. Морозова³

¹ Національний університет цивільного захисту України, Україна

² Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Україна

³ Український державний університет залізничного транспорту, Україна

РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЖЕКЦІЙНОГО АПАРАТУ ЗАСТОСОВУВАНОВОГО ПРИ ПОЖЕЖОГАСІННІ

Розроблено інженерну методику розрахунку геометричних параметрів ежектора ежекційного апарату для подачі гранульованого піноскла, що використовується при гасінні пожеж резервуарів для зберігання легкозаймистих горючих рідин з використанням гелеутворюючих вогнегасних і вогнезахисних складів. Отримані в результаті дані використані при доведенні дослідно-експериментального зразка.

Ключові слова: ежекційний апарат, осьові розміри, ежектор, продуктивність, конструкція, методика розрахунку.

Постановка проблеми

Організація гасіння горючих нафтопродуктів є однією з найскладніших в пожежогасінні, пожежі в резервуарах часто мають складний процес розвитку, вимагають залучення великих сил і засобів по боротьбі з вогнем і зазвичай носять затяжний характер, при цьому дані пожежі завдають значної економічної та екологічної шкоди і часто призводять до людських жертв. Найбільші труднощі представляє гасіння пожеж на резервуарах великих об'ємів, призначених для зберігання легкозаймистих горючих рідин (ЛГР) [1,2], ліквідація даних пожеж може займати тривалий час навіть при повному виконанні всіх нормативних вимог і правил [3].

При гасінні ЛГР потрібно не тільки забезпечити припинення горіння, але й створити умови, що забезпечують тривале недопущення повторного займання.

Наприклад, ЛГР можуть самозайматись від нагрітої стінки або конструкції резервуара. На відміну від гасіння більшості твердих горючих матеріалів створити такі умови тільки охолодженням поверхні рідини до температури навколишнього середовища практично неможливо, внаслідок того, що температури займання легкокип'ячих рідин переважно нижча за температуру навколишнього середовища, тому ЛГР легко повторно спалахують навіть від відносно слабких теплових джерел. Виходячи з умов проведення пожежогасіння, розробка нових і вдосконалення існуючих способів гасіння ЛГР проводиться виходячи з принципу ізоляції їх поверхні [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасним і високо-ефективним способом гасіння ЛГР в резервуарах є їх гасіння з використанням гелеутворюючих вогнегасних складів (ГВС), при цьому в якості легкого носія, що забезпечує плавучість шару вогнегасного гелю на поверхні горючої рідини використовується гранульоване піноскло.

Для організації подачі гранульованого піноскла на поверхню рідини, що горить було запропоновано використовувати повітряний ежекційний апарат подачі піноскла (ЕАПП) [5,6].

Виходячи з цілей і завдань, що стоять перед пожежно-рятувальними підрозділами під час гасіння ЛГР та умов проведення пожежогасіння з використанням ГВС, були визначені тактико-технічні вимоги, що пред'являються до конструкції ЕАПП.

Після чого була розроблена його конструкція (рис. 1) і методика розрахунку основних конструктивно-технологічних параметрів, яка враховувала: об'ємну витрату енергоносія; вагову витрату енергоносія; діаметр робочого сопла подачі енергоносія в ежектор; діаметр камери змішування; довжину вільного струменя, від зрізаного сопла до початку камери змішування; параметри гвинтового шнекового механізму. При цьому для теоретичного опису роботи ЕАПП, побудови повної математичної моделі його роботи і доведення дослідно-промислового зразка, необхідно розробити методику і провести розрахунок геометричних параметрів ежекційного вузла ЕАПП.

Метою даної статті є розробка інженерної методики розрахунку геометричних параметрів ежектора ЕАПП і доведення дослідно-експериментального зразка.

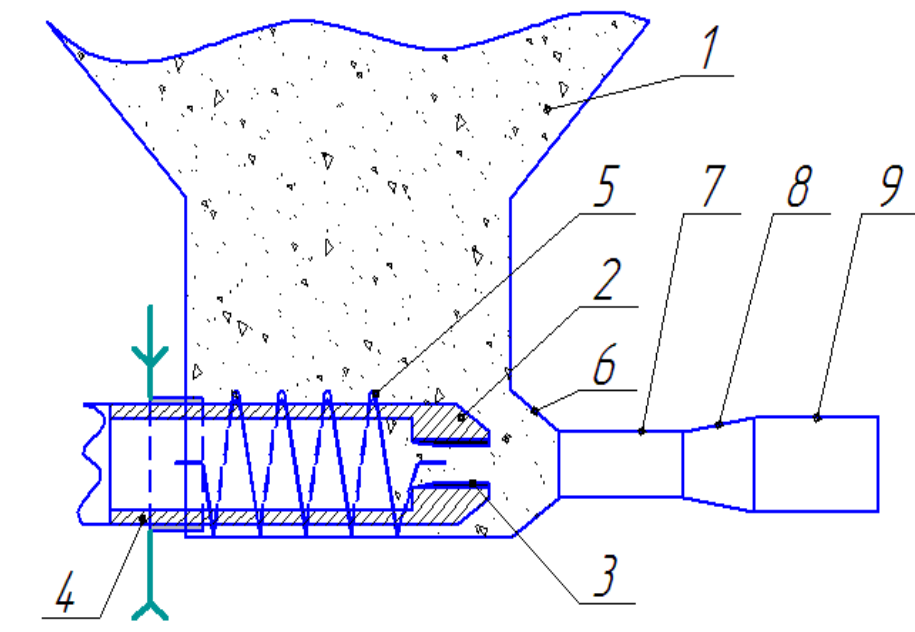


Рис. 1. Конструктивна схема ЕАПП

- 1 – витратний бункер піноскла;
- 2 – порожнистий шнековий дозатор-живильник;
- 3 – робоче сопло шнекового дозатора-живильника;
- 4 – привідна частина шнекового дозатора-живильника;
- 5 – живильник пружинного типу, що обертається;
- 6 – конфузор;
- 7 – камера змішування (розгінна трубка);
- 8 – дифузор;
- 9 – фланець підключення рукавної лінії матеріалопроводу

Виклад основного матеріалу

З урахуванням номінального режиму роботи і специфіки конструкції ЕАПП, що розробляється, за робочим соплом відбувається розширення робочого потоку (енергоносія) від тиску робочого потоку P_p до тиску потоку, що ежектується P_n в приймальній камері, [7-10]. З урахуванням специфіки застосування, конструкція ЕАПП передбачає малорозмірну дифузорну частину, тому площу перетину вхідного сопла (F_p) можна визначити за швидкістю в трубопроводі

$$F_p = \frac{G_p \cdot v_p}{V_p} \quad (1)$$

де v_p – питомий об'єм стиснутого повітря; V_p – початкова швидкість робочого потоку; G_p – масова витрата робочого потоку через сопло, кг/с.

Визначити площу критичного перерізу сопла ЕАПП (F_{PK}) доцільно з рівняння витрати

$$F_{PK} = \frac{G_p}{\rho_{PK} \cdot V_{PK}} = \frac{G_p \cdot V_{PK}}{\kappa_p \cdot \Pi_{PK} \cdot P_p} \quad (2)$$

де G_p – масова витрата робочого потоку через сопло, кг/с; ρ_{PK} – щільність робочого потоку; V_{PK} – критична швидкість робочого потоку, м/с; P_p – тиск робочого потоку; Π_{PK} – відносний тиск робочого потоку в критичному перетині; κ_p – показник адиабати робочого потоку.

Розмір вихідного перетину робочого сопла (F_{P1}) найбільш доцільно буде визначити через критичний перетин.

$$F_{P1} = \frac{F_{PK}}{q_{P1}} \quad (3)$$

де F_{PK} – площа перерізу робочого потоку в критичному перетині; q_{P1} – приведена масова швидкість потоку при відносному тиску на зрізі робочого сопла.

Вихідний перетин камери змішання (F_3) визначаємо через критичний перетин стиснутого потоку

$$F_3 = \frac{F_{CK}}{q_{P3}} \quad (4)$$

де F_{CK} – площа перерізу камери змішування; q_{P3} – приведена масова швидкість потоку при відносному тиску на зрізі камери змішання.

Площа поперечного перерізу камери змішування (F_{CK}) дорівнює

$$F_{CK} = \frac{G_C \cdot V_{CK}}{\kappa_C \cdot \Pi_C \cdot P_C} = \frac{G_P \cdot (1 + u_T) \cdot V_{CK}}{\kappa_C \cdot \Pi_C \cdot P_C} \quad (5)$$

де G_C – масова витрата змішаного потоку; V_{CK} – критична швидкість стиснутого потоку, м/с; G_P – масова витрата робочого потоку через сопло, кг/с; κ_C – показник адиабати стиснутого потоку; Π_C – відносний тиск в камері змішування; P_C – тиск змішаного потоку; u_T – коефіцієнт ежекції по твердому тілу.

Розв'язуючи спільно вирази, наведені вище (3) і (5) отримаємо таку залежність:

$$\frac{F_3}{F_{PK}} = \frac{\kappa_P \cdot \Pi_P \cdot F_P \cdot V_{CK}}{\kappa_C \cdot \Pi_{CK} \cdot P_C \cdot q_{C3} \cdot V_{PK}} \cdot (1 + u_T) \quad (6)$$

де F_3 – вихідний перетин камери змішування; F_{PK} – площа перерізу робочого потоку в критичному перетині; κ_P – показник адиабати робочого потоку; Π_P – відносний тиск робочого потоку; κ_C – показник адиабати стиснутого потоку; Π_{CK} – відносний тиск стиснутого потоку в критичному перетині; F_P – площа перерізу робочого потоку (площа вхідного перерізу сопла); V_{CK} – критична швидкість стиснутого потоку, м/с; V_{PK} – критична швидкість робочого потоку, м/с; P_C – тиск змішаного потоку; q_{C3} – приведена масова швидкість потоку при відносному тиску на зрізі камери змішування.

Одержана залежність для бездіфузорних ежекторних установок, де величину тиску змішаного потоку (P_C) припустимо прирівнювати до величини тиску стиснутого потоку (P_3), при цьому рівняння (6) набуде вигляду:

$$\frac{F_3}{F_{PK}} = \frac{\kappa_P \cdot \Pi_P \cdot P_P \cdot V_{CK}}{\kappa_C \cdot \Pi_C \cdot P_C \cdot V_{PK} \cdot V_{HK}} \cdot (1 + u_T) \quad (7)$$

де F_3 – вихідний перетин камери змішування; F_{PK} – площа перерізу робочого потоку в критичному

перетині; κ_P – показник адиабати робочого потоку; Π_P – відносний тиск робочого потоку; P_P – тиск робочого потоку; V_{CK} – критична швидкість стиснутого потоку, м/с; κ_C – показник адиабати стиснутого потоку; Π_C – відносний тиск в камері змішування; P_C – тиск змішаного потоку; V_{PK} – критична швидкість робочого потоку, м/с; u_T – коефіцієнт ежекції по твердому тілу; V_{HK} – критична швидкість потоку, що ежектується, м/с.

При циліндричній камері змішування вхідний і вихідний поперечні перерізи камери змішування рівні, тому правомірні такі залежності площ потоків

$$\begin{aligned} F_{H2} &= F_3 - F_{P2} = F_3 - F_{P1}, \\ \frac{F_{H2}}{F_{P2}} &= \frac{F_{H2}}{F_{P1}} = \frac{F_3 - F_{P1}}{F_{P1}} = \frac{F_3}{F_{P1}} - 1, \\ \frac{F_{P2}}{F_3} &= \frac{F_{P1}}{F_3}, \\ \frac{F_{H2}}{F_3} &= \frac{F_3 - F_{P1}}{F_3} = 1 - \frac{F_{P1}}{F_3}, \\ \frac{F_{PK}}{F_{H2}} &= \frac{1}{F_3 / F_{PK} - F_{P1} / F_{PK}}, \end{aligned} \quad (8)$$

де: F_{H2} – площа потоку, що ежектується в перерізі 2-2 м²; F_{P2} – площа робочого потоку в перерізі 2-2 м²; F_{P1} – площа робочого потоку в перерізі 1-1; F_3 – площа змішаного потоку в перерізі 3-3 м².

Наведені залежності дозволяють розрахувати ежектор ЕАПП в поперечному перерізі.

Теоретичним підґрунтям, використаним для визначення методики розрахунку довжини камери змішування ежектора, служить теорія вільного струменя, що протікає в безмежному просторі і стикається із середовищем, швидкість якого дорівнює нулю. Дана теорія досить докладно розглянута в роботах [11-15].

Виходячи з теорії вільного струменя, значення відстані від зрізу сопла до камери змішування ЕАПП буде приблизно дорівнювати кінцевому перетину вільного струменя, що в свою чергу буде дорівнювати вхідному перетину камери змішування. Також при визначенні відстані від зрізу сопла до камери змішування ЕАПП враховувалася надкритична швидкість робочого струменя.

З огляду на те, що в даному випадку камера змішування, виходячи з конструктивних міркувань, має на початку та в кінці відповідно конфузорну і дифузорну частини з незначною конусністю, то робимо припущення і вважаємо камеру змішування

циліндричною, тобто довжина ділянки змішування (l_c) дорівнює довжині ділянки розгону (l_p) [16-195].

Для доведення дослідно-експериментального зразка та проведення випробувань ЕАПП необхідно досить обгрунтовано прийняти довжину камери змішування, де б забезпечувалось в поперечному перерізі вирівнювання поля швидкостей до входу потоку суміші в матеріальний трубопровід.

На основі викладеного вище довжина камери змішування визначається:

$$l_{KC} = l_C + l_P, \quad (9)$$

де l_c – довжина ділянки змішування; l_p – довжина ділянки розгону.

Довжина ділянки змішування визначається залежністю:

$$l_C = \frac{R_p - r_p}{\text{tg } \alpha / 2}, \quad (10)$$

де R_p , r_p – радіуси розгінної трубки та робочого сопла відповідно; α – кут між твірною факела струменя та віссю робочого потоку. При витіканні з сопла в нерухомий потік, $\alpha = 23^\circ$ [16].

Довжина ділянки розгону розглядається як турбулентний газовий потік в трубі постійного перетину. С урахуванням втрат на тертя об стінки розгінної камери відношення швидкісних втрат по її довжині виражається формулою [18]:

$$\frac{1}{\beta_1^2} - \frac{1}{\beta_2^2} - \ln \frac{\beta_2^2}{\beta_1^2} = \frac{2\kappa}{\kappa + 1} f \frac{x_2}{d}, \quad (11)$$

де β_1 – значення коефіцієнта швидкості на початку труби при $x = 0$; β_2 – значення коефіцієнта швидкості в довільному перерізі труби на відстані $x = x_2$ від початку; f – коефіцієнт тертя; d – діаметр труби.

З урахуванням [16-17, 20-23] та значеннями коефіцієнтів ежекції при граничних режимах роботи ежекційних установок, рівняння (11) набуде вигляду:

$$\frac{1}{(\varphi_1 \lambda_{P2})^2} - \frac{1}{\lambda_{C3}^2} - \ln \frac{(\varphi_1 \lambda_{P2})^2}{\lambda_{C3}^2} = \frac{2\kappa_C}{\kappa_C + 1} f \frac{l_{KC}}{d_{KC}}, \quad (12)$$

де φ_1 – коефіцієнт втрати швидкості в перерізі зрізу сопла (виходячи з [19] $\varphi_1 = 0,95$); λ_{P2} – наведена ізоентропна швидкість робочого потоку в перерізі 2-2; λ_{C3} – наведена ізоентропна швидкість стисненого потоку в перерізі 3-3; κ_C – показник адіабати стисненого потоку;

f – коефіцієнт тертя; d_{KC} – діаметр камери змішування; l_{KC} – довжина камери змішування;

Відношення l_{KC} / d_{KC} характеризує вирівнювання швидкості суміші при її русі по перетину камери змішування. Результати проведених нами експериментальних досліджень показали, що найбільш ефективні режими роботи ЕАПП будуть при співвідношенні $l_{KC} / d_{KC} 6 - 10$.

В шорсткуватих трубах, величина коефіцієнта тертя (f) для нестиснутого середовища, що транспортується при значних швидкостях потоку не залежить від числа Рейнольдса та визначається за формулою:

$$f = \frac{1}{\left(1,74 + \lg \frac{1}{\xi}\right)^2}, \quad (13)$$

де $\xi = \frac{2h}{d_{KC}}$ – відносна шорсткість внутрішньої поверхні камери змішування; h – висота виступів шорсткості, для розгінної трубки – задається класом обробки поверхні при виготовленні [20].

З рівняння (12), вирішивши його щодо l_3 , отримаємо:

$$l_{KC} = \frac{1}{\frac{(\varphi_1 \lambda_{P2})^2}{\lambda_{C3}^2} - \ln \frac{(\varphi_1 \lambda_{P2})^2}{\lambda_{C3}^2}} \cdot \frac{2\kappa_C}{\kappa_C + 1} f \cdot d_{KC} \quad (14)$$

де φ_1 – коефіцієнт втрати швидкості в перерізі зрізу сопла; λ_{P2} – наведена ізоентропна швидкість робочого потоку в перерізі 2-2; λ_{C3} – наведена ізоентропна швидкість стисненого потоку в перерізі 3-3; d_{KC} – діаметр камери змішування; κ_C – показник адіабати стисненого потоку;

З використанням розробленої методики розрахунку геометричних параметрів ежекційного вузла ЕАПП, були розраховані осьові розміри ежектора, згідно з якими був виготовлений експериментальний дослідно-промисловий зразок (рис. 2) з наступними конструктивними параметрами: площа вхідного перетину робочого сопла – 720 мм²; площа вихідного перетину робочого сопла – 380 мм²; площа поперечного перерізу камери змішування – 1550 мм²; довжина камери змішування – 425 мм; площа вихідного перетину камери змішування – 1800 мм².



Рис. 2. Дослідно-експериментальний зразок ЕАПП

Проведений в статті розрахунок геометричних параметрів ежектора ЕАПП базується на експериментальних даних, отриманих авторами, а також враховує фізико-механічні властивості матеріалу, що транспортується. Подальше дослідження конструкції та схем роботи ЕАПП включають проведення експериментальних досліджень продуктивності та максимальної дальності подачі гранульованого піноскла.

З огляду на застосування ЕАПП для цілей пожежогасіння, науковий та практичний інтерес також викликає пропорційний склад та поведінка двофазного повітря-матеріального потоку «повітря-піноскло» при його русі по рукавним матеріалопроводам, а також при його подачі на поверхню ЛГР, що горить. З огляду на це, доцільне проведення подальших аналітичних та експериментальних досліджень.

Висновки

1. Для організації подачі гранульованого піноскла на поверхню рідини, що горить було запропоновано використовувати повітряний ЕАПП;
2. Розроблено інженерну методу розрахунку геометричних параметрів ежектора ЕАПП. Отримані в результаті дані використані при доведенні дослідно-експериментального зразка ЕАПП;
3. Недостатня вивченість механіки процесів, що відбуваються при русі гранульованого піноскла в системі матеріалопроводів викликає необхідність проведення додаткових аналітичних і експериментальних досліджень ЕАПП. Що дозволить ефективніше вирішувати питання гасіння резервуарів ЛГР в досить складних умовах при виконанні робіт з пожежогасіння у важкодоступних місцях.

Література

1. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. [Текст] – К.: МВС, затверджений наказом № 340 від 26.04.2018.
2. Дадашов, И.Ф. Моделирование изолирующих свойств гелеобразного слоя по отношению к парам горючих жидкостей [Текст] / И.Ф. Дадашов, А.А. Киреев, А.Я. Шаршанов, А.А. Чернуха // Проблемы пожарной безопасности. – 2016. – Вып. 40. – С. 78 – 83.
3. Дадашов, И.Ф. Повышение эффективности тушения горючих жидкостей в резервуарах путем использования гелеобразующих средств [Текст] / И.Ф. Дадашов, А.А. Киреев // Proceedings of Azerbaijan state marine academy. 2016. – №2. – С.72-76.
4. Довідник керівника гасіння пожежі. [Текст] – К.: ДСНС. – 2015. – 358 с.
5. Дадашов, И.Ф. Обоснование конструкции и методики расчёта конструктивно-технологических параметров эжекционного аппарата применяемого при пожаротушении [Текст] / И.Ф. Дадашов, А.А. Ковалёв // Збірник наукових праць НТУ ХПИ (Механіко-технологічні системи та комплекси). – 2017. Вип. №44 (1266). – С. 122-129
6. Дадашов, И.Ф. Выбор лёгкого силикатного носителя для гелевого огнетушащего слоя при пожаротушении [Текст] / И.Ф. Дадашов, Л.А. Михеенко, А.А. Киреев, // Керамика: наука и жизнь. – 2016. – №2 (31). – С.44-51.
7. Седач, В.В. Расчёт и выбор основных параметров малогабаритного эжектора [Текст] / В.В. Седач, И.И. Морокко. // Наукові праці ДонНТУ. – 2008. – № 16 (142). – С. 245-249
8. Коган, П.А. Определение оптимальных геометрических характеристик газоструйных аппаратов [Текст] / П.А. Коган, И.А. Шамис, А.Н. Якишин // Теплоэнергетика. – 1986. – № 9. – С. 69-73
9. Кузьмин, В.А. Методики расчета эжекторов, применяемых в промышленности и энергетике [Текст] / В.А. Кузьмин, В.И. Панченко, В.А. Сыченко, Р.Р. Бикбулатов // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. - Днепропетровск: НППВК "Триакон". – 2012. – Вып. 2(10). – С. 92 - 95.
10. Шумелинский, М.Г. Эжекторные холодильные установки [Текст] / М. Г. Шумелинский. – М.: Госторгизда, 1989. – 160с.
11. Келлер, С.Ю. Инжекторы [Текст] / С.Ю. Келлер – М.: Машиз, 1976. – 208с.
12. Соколов, Е.Я. К расчету эжекционных установок для пневмотранспорта [Текст] / Е.Я. Соколов // Теплоэнергетика. – 1984. – № 8. – С. 37-40.
13. Абрамович, Г.Н. Турбулентное смешение газовых струй [Текст] / Г.Н. Абрамович – М.: Наука, 1974 – 287с.
14. Берман, Л.Д. Экспериментальное исследование водоструйного эжектора [Текст] / Л.Д. Берман, Г.Н. Ефимочкин // Теплоэнергетика. – 1968. – № 9. – С. 9-14.
15. Берман, Л.Д. Расчетные зависимости для водоструйных эжекторов [Текст] / Л.Д. Берман, Г.Н. Ефимочкин // Теплоэнергетика. – 1964. – № 7. – С. 44-48.
16. Коган, П.А. Определение оптимальных геометрических характеристик газоструйных аппаратов [Текст] / П.А. Коган, И.А. Шамис, А.Н. Якишин // Теплоэнергетика. – 1986. – № 9. – С. 69
17. Уваров, В.А. Разработка, исследование, методика расчета конструктивно-технологических параметров противоточных струйных мельниц [Текст] : дис...канд. техн. наук: 05.02.13: защищена 21.06.96: утв. 11.10.96 / Уваров Валерий Анатольевич. – Белгород.: Изд-во БГТУ, 1996. – 754с.
18. Берман, Л.Д. К выбору рационального профиля проточной части струйного аппарата [Текст] / Л.Д. Берман // Изв. ВТИ. – 1976. – № 3. – С. 13-18.
19. Берман, Л.Д. Влияние длины камеры смешения на режим работы и экономичность водоструйного эжектора [Текст] / Л.Д. Берман, Г.Н. Ефимочкин // Теплоэнергетика. – 1978. – № 12. – С. 66 -71.
20. Справочник конструктора машиностроителя [Текст] / В.Н. Анурьев. – 8-е изд, т.2. –М.: Машиз, 2001. –900с.
21. Катаев, Ф.Е. Инженерная методика расчета коэффициента эжекции эжекторной торкрет-установки [Текст] / Ф.Е. Катаев, В.С. Севостьянов // Интерстроймех – 2008. т.1 – с. 404 - 407.
23. Путилов, М.И. Расчет оптимального расстояния сопла от камеры смешения в струйных аппаратах [Текст] / М.И. Путилов // Теплоэнергетика. – 1967. – № 7. – С. 70 - 74.

References

1. Ministry of the Interior (2017). *Statute of actions in emergency situations of management bodies and units of the operational and rescue service of civil protection* (Order No. 340 April 26, 2018) Kiev, Ukraine. Government Printing Office
2. Dadashov, I.F., Kireev, A.A., Sharshanov, A.Ya., Chernukha, A.A. (2016) Simulation of the insulating properties of the gel layer with respect to vapors of flammable liquids. *Fire safety problems*. 40, 78 - 83.
3. Dadashov, I.F. & Kireev, A.A.(2016) Improving the efficiency of extinguishing flammable liquids in tanks through the use of gelling agents. *Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy №2*. 72-76.
4. Ukrainian Research Institute of Civil Protection (2015). *Firefighting guide's guide*. Kiev, Ukraine. Government Printing Office
5. Dadashov, I.F. & Kovalev, A.A. (2017) Substantiation of the design and methodology for calculating the structural and technological parameters of the ejection apparatus used in fire suppression *Collection of scientific works of NTU KhPI (Mechanical-technological systems and complexes)*, 44 (1266), 122-129
6. Dadashov, I.F., Mikheenko, L.A., Kireyev, A.A. (2016) Selection of a lightweight silicate carrier for a fire extinguishing gel layer during fire extinguishing. *Ceramics: science and life*. 2 (31), 44-51.
7. Sedach, V.V. & Morocco, I.I. (2008) Calculation and selection of the main parameters of a compact ejector *Science of DonNTU*, 16 (142), 245-249
8. Kogan, P.A., Shamis, I.A., Yakishin, A.N. (1986) Determination of the optimal geometric characteristics of gas-jet apparatus. *Power system*, 9, 69-73
9. Kuzmin, V.A., Panchenko, V.I., Sychenkov, V.A., Bikbulatov, R.R. (2012) Methods for calculating ejectors used in industry and energy. *Modern science: research, ideas, results, technology*. 2 (10). 92 – 95.

10. Shumelishsky, M.G. (1989). Ejector refrigeration units, *Textbook for Higher Educational Institutions. Moscow-Gostorgizdat. 160.*
11. Keller, S.Yu. (1979) Injectors, *Textbook for Higher Educational Institutions. Moscow-Mashgiz. 208 p.*
12. Sokolov, E.Ya. (1984) Calculation of ejection installations for pneumatic conveying. *Power Engineering, 8, 37-40.*
13. Abramovich, G.N. (1974) Turbulent mixing of gas jets, *Textbook for Higher Educational Institutions. Moscow-Science, 287.*
14. Berman, L.D. & Efimochkin, G.N. (1968) Experimental study of a water jet ejector. *Power system. 9. 9-14.*
15. Berman, L.D. & Efimochkin, G.N. (1968) Calculated dependencies for water jet ejectors. *Power system. 7. 44-48.*
16. Uvarov, V.A. (1996) Development and research of the method of calculation of structural and technological parameters of counterflow jet mills. *Dissertation candidate tech sciences. defended 21.06.96 approved 11.10.96. Belgorod Publishing house BSTU. 754.*
17. Berman, L.D. (1976) To the choice of a rational profile of the flow part of the jet apparatus. *Bulletin of the All-Russian Thermal Engineering Institute, 3, 13-18.*
18. Berman, L.D. & Efimochkin, G.N. (1978) The influence of the length of the mixing chamber on the mode of operation and cost-effectiveness of a water-jet ejector. *Power system. 2. 66-71.*
19. Anurev, V.N. (2001) Handbook of engineering constructor *8th ed, p2. Moscow-Mashgiz. 900.*
20. Kataev, F.E. & Sevostyanov, V.S. (2001) Engineering methodology for calculating the ejection coefficient of an ejector gunite. *Interstroymekh 1, 404-407.*
21. Putilov, M.I. (1967) Calculation of the optimal distance of the nozzle from the mixing chamber in jet devices, *Power system, 7, 70 - 74.*

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Ларін, Національний університет цивільного захисту України, Україна.

Автор: ДАДАШОВ Ільгар Фірдовси огли
кандидат технічних наук, доцент
Національний університет цивільного захисту
України
E-mail – mralexkovalev@gmail.com

Автор: КОВАЛЬОВ Олександр Олександрович
кандидат технічних наук
Національний університет цивільного захисту
України
E-mail – mralexkovalev@gmail.com

Автор: КАЛИНОВСЬКИЙ Андрій Якович
кандидат технічних наук, доцент
Національний університет цивільного захисту
України
E-mail – mralexkovalev@gmail.com

Автор: ШЕВЦОВА Ольга Сергіївна
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
E-mail – mralexkovalev@gmail.com

Автор: МОРОЗОВА Галина Вікторівна
кандидат технічних наук, доцент.
Український державний університет залізничного транспорту
E-mail – mralexkovalev@gmail.com

CALCULATION OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE EJECTION DEVICE THAT ARE USED TO EXTINGUISH THE FIRE

I.F. Dadashov¹, O.O. Kovalov¹, A. Ya. Kalinovsky¹, O.S. Shevtsova², G.V. Morozova³

¹National university of civil defense of Ukraine, Ukraine

²Dnipro University of Technology, Ukraine

³ Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine

For effective use of the technology of extinguishing hot storage tanks of flammable combustible liquids using gel-forming fire extinguishing and flame retardants, the formation of a non-combustible floating layer of granulated foam glass has been proposed, by feeding it to the surface of a burning liquid using an air ejector of an air foamglass type. An engineering method has been developed for calculating the geometric parameters of an air-foamglass type air ejector for supplying granulated foam glass.

Using the developed method of calculating the geometric parameters, the axial dimensions of the ejector were calculated, according to which an experimental prototype was made with the following design parameters: the input nozzle section area - 720 mm²; the area of the outlet section of the working nozzle - 380 mm²; cross-sectional area of the mixing chamber - 1550 mm²; length of the mixing chamber - 425 mm; the area of the output section of the mixing chamber is 1800 mm².

The calculation of the geometric parameters of an air-foam glass air-jet ejector made in the article is based on experimental data obtained by the authors, and also takes into account the physical and mechanical properties of the transported material. Further studies of the design and operation of the air-foamglass-type airplanes imply experimental studies of the performance and maximum range of the supply of granulated foamglass.

Considering the use of air-foam glass for fire extinguishing, scientific and practical interest is also caused by the proportional composition and behavior of the air-foam glass two-phase air-material flow as it moves along the tubular material lines, as well as when flammable combustible fluid, which requires further analytical and experimental studies.

Keywords: *ejection apparatus, the axial dimensions of the ejector, performance, design, method of calculation.*