

ВПЛИВ ВОДЯНИХ СТРУМЕНІВ ВІЯЛОВОГО ТИПУ НА ТЕПЛОВИЙ ЗАХИСТ ПІД ЧАС ПОЖЕЖ

О. Гаврилко О. А., Білінський Б. О., 2017

У статті описано такі методи захисту від теплового випромінювання на пожежі, як використання теплозахисних костюмів, тепловідбивних екранів та водяних завіс. Наведено тактико-технічні характеристики стволів та насадків, які використовують для захисту пожежників-рятувальників від теплового випромінювання. Показано, що найефективнішим захистом від теплового потоку є створення краплинно-водяної захисної завіси. Розглянуто пристрої, які використовують для формування водяних завіс підрозділи пожежно-рятувальної служби в Україні та за кордоном для захисту від дії теплового потоку пожеж на відкритому просторі. У статті наведено результати досліджень впливу водяних струменів віялового типу на тепловий захист пожежника-рятувальника під час пожеж. Розглянуті причини трансформації водяних струменів у повітрі. Мізерно малі збурювання на поверхні струменя при виході із насадки ствола створюють поперечні коливання, що під дією сил поверхневого натягу і в'язких сил будуть збільшуватися. Причиною процесів трансформації водяних струменів у повітрі є порушення стійкості руху струменя в результаті дії сил інерції і гнучких сил.

Ключові слова: струмені віялового типу, краплинна частина струменю, поверхневий натяг, сили в'язкості, стійкість струменю, пожежні стволи, водяні завіси

О. Havrylko, B. Bilinsky
Lviv Polytechnic National University,
Department of Building Construction and Bridges

INFLUENCE OF WATER TYPE WATER TORQUES ON FIRE FIGHT PROTECTION

© Havrylko O., Bilinsky B., 2017

The article deals with the following methods of protection of personnel from thermal radiation during fire, such as the use of heat-shielding suits, heat-reflective screens and water curtains. The tactical and technical characteristics of trunks and nozzles used to protect heat rescue firefighters from the thermal radiation are given. It is shown that the most effective method for protection against heat flux is the creation of a drip-water protective curtain. The devices used for the formation of water curtains of the unit of the fire and rescue service in Ukraine and abroad are considered for the protection of firefighters from the dangerous effect of the heat flux of developed fires in the open space. This paper is the results of investigations of the influence of fan-type water jets on the thermal protection of the firefighter-rescuer. The reasons of the transformation of water jets in the air are considered. Negligible small perturbations on the surface of the jet, when exiting the trunk attachment, create transverse vibrations that, under the action of the forces of surface tension and viscous forces, increase. The dependence for a compact vertical jet is determined, taking into account the perturbation of the surface of the jet and the destruction of compactness by the action of the surface tension.

Key words: jet type jets, droplet jet, surface tension, viscosity strength, jet resistance, fire barrels, water curtains.

Постановка проблеми. Під час аварійно-рятувальних робіт підрозділами пожежно-рятувальної служби пожежники-рятувальники працюють в умовах високих теплових навантажень. Від рівня їхнього захисту, в умовах ліквідації надзвичайних ситуацій, безпосередньо залежить ефективність виконання завдань, життя та здоров'я населення. Одним з елементів пожежогасіння та теплового захисту пожежника-рятувальника під час пожеж є використання водяних струменів віялового типу. Застосування компактних та розпилених струменів води виявилось неефективним. З огляду на це виникла необхідність у дослідженні впливу водяних струменів віялового типу на тепловий захист пожежника-рятувальника під час пожеж.

Кожне обладнання чи технічний пристрій має мати чітко визначені параметри захисту та детальні рекомендації із застосування. Для прикладу, сьогодні у літературних джерелах відсутня інформація щодо захисних властивостей таких насадок, як РВ-12 чи НРТ. Отже, мета цієї статті: визначити вплив водяних струменів віялового типу на тепловий захист пожежника-рятувальника під час пожеж.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для захисту пожежників від теплового потоку під час ліквідації аварій та пожеж використовують такі методи: захисний одяг, тепловідбивні костюми, стаціонарні та пересувні захисні екрани, щити, водяні завіси та пожежні стволи з насадками РВ-12 чи НРТ. Захисні екрани є ефективними з погляду ослаблення теплового потоку. Однак їх використання ускладнює роботу пожежного під час повномасштабних оперативних дій з гасіння пожежі. Зокрема, під час застосування цих екранів ствольщик не може повноцінно маневрувати зі стволом, не може швидко змінювати свою позицію. Найдоцільнішим для захисту від теплового випромінювання є використання водяних захисних завіс, які можуть бути суцільними та розпиленими. Для формування суцільної водяної завіси використовують насадки РВ-12, які працюють у поєднанні зі стволом РС-70 (рис. 1) [4, 5].



Рис. 1. Загальний вигляд ствола РС-70 з насадкою РВ-12

Насадка РВ-12 є найрозповсюдженішим пристроєм для отримання суцільної водяної завіси, яка безпосередньо служить для захисту особового складу від теплового випромінювання та продуктів горіння (дим, іскри) (канд. техн. наук, В. І. Желяк, ЛДУБЖД).

Таблиця 1

Тактико-технічні характеристики насадки РВ-12

Показник	Значення
Робочий тиск МПа, (кгс/см ²)	0,4-0,6 (4-6)
Радіус завіси, м	7,5
Витрата води, л/с	12
Площа завіси, м ²	180

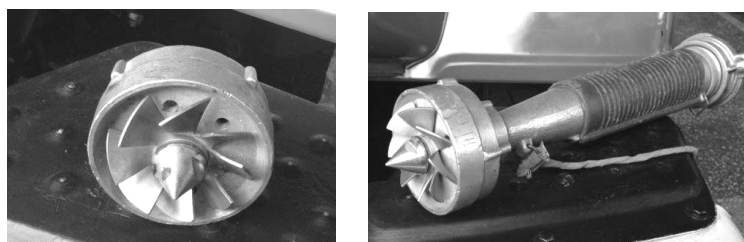


Рис. 2. Вигляд насадки НРТ

Крім суцільних водяних завіс, для захисту особового складу використовують розпилені завіси. Генеруються вони насадками НРТ-5, 10 та 20 (рис. 2) [3].

Насадки НРТ, як і насадки РВ-12, працюють у поєднанні з переносними пожежними стволами РС-70 [6]. Основні характеристики насадок типу НРТ наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Тактико-технічні характеристики насадок типу НРТ

Показник	НРТ-5	НРТ-10	НРТ-20
Робочий тиск, МПа, (кгс/см)	0,4-0,6 (4-6)		
Витрата води, л/с	5	10	20
Дальність подачі водяного струменя води, м	20	25	35
Діаметр вихідного отвору насадки, мм	7,5	9,9	12

Схожою за принципом дії є пожежна насадка англійської компанії “Delta Fire HYDROSHIELD” (рис. 3).



Рис. 3. Насадка розпилювач компанії Delta Fire HYDROSHIELD

Постановка завдання. Мета роботи – дослідити вплив водяних струменів віялового типу на тепловий захист пожежника-рятувальника під час пожеж.

Виклад основного матеріалу досліджень. Як показали досліди, віяловий струмінь, так само як і круглий, що витікає з циліндричного насадка на стволі в атмосферу, має три характерні частини: компакту, роздроблену і краплинну (рис. 4).

Нерозривність або суцільність потоку забезпечується тільки в компактній частині струменя. У роздробленій частині струменя відбувається його розрив на великі водяні фрагменти, суцільність струменя порушується і струмінь розширюється. У краплинній частині струменя водяний потік складається з безлічі крапель і струмінь вже представляє краплинно-водяний факел. Таку характерну трансформацію струменя розглядають у гідравліці [1].

Причиною такої трансформації водяних струменів у повітрі є порушення стійкості руху струменя в результаті дії сил інерції і гравітаційних сил. Мізерно малі збурювання на поверхні струменя при виході із насадки ствола створюють поперечні коливання, що під дією сил поверхневого натягу і в'язких сил будуть збільшуватися. Цей факт і його фізичну інтерпретацію встановив ще Рельє. У вільних водяних струменах, що витікають в атмосферу, діють обидва фактори, а в досвідах Сміта і Мооса встановлено, що для циліндричних струменів довжина безперервної ділянки пропорційна швидкості витікання [2]. Швидкість витікання V_0 пов'язана з напором у насадку H_0 відомим у гідравліці співвідношенням

$$V_0 = f \sqrt{2gH_0}, \quad (1)$$

де f – емпіричний коефіцієнт швидкості.



Рис. 4. Ствол пожежний захисної дії

Отже, довжина компактного струменя повинна бути пропорційної $H_0^{1/2}$. Це співвідношення трохи відхиляється від формули Фрімана:

$$H_K = H \cdot \left(1 - a \cdot \frac{H_0}{d}\right) \quad (2)$$

і формули Люгера

$$H_K = \frac{H}{1 + b \cdot H_0} \quad (3)$$

для круглих струменів (a і b – емпіричні коефіцієнти).

Розгляньмо вільний струмінь, що витікає вертикально вгору по осі Z з щільного насадка з кутом розкриття α . В аналізі розмірностей будемо враховувати різну роль декартових координат, яка полягає в тому, що вертикальна координата Z співпадає з дією сили ваги. Тому у формулах розмірності записуватимемо розмірність об'єму як $L_z L_x L_y$, зокрема поперечний розмір щілини δ має розмірність L_x , розмірність вертикальної швидкості буде $L_z T^{-1}$.

Визначимо залежність H_K для компактного вертикального струменя, враховуючи збурювання поверхні струменя і руйнування компактності дією поверхневого натягу. Значення H_K може залежати від розміру щілини δ , щільності рідини ρ , поверхневого натягу σ і початкової швидкості струменя V_0 . Початковий напір H_0 і прискорення сили ваги враховуються відповідно до залежності (1) через V_0 . Нехай $H_K = \text{const} \cdot r^i \cdot d^j \cdot s^k \cdot V^l$ (4)

Дорівнюємо показники ступенів при розмірностях $H^K [L_z]$, $r [ML_z^{-1}L_x^{-2}]$, $d [L_x]$, $s [MT^{-2}]$, $V [L_zT^{-1}]$, і одержимо систему рівнянь для визначення показників ступенів у (4) відповідно при L_z, M, T, L_x

$$\left. \begin{aligned} 1 &= -i + l \\ i + k &= 0 \\ -2k - l &= 0 \\ -2i + j &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

з якої випливає, що $i = 1$, $j = 2$, $k = -1$, $l = 2$.

Отже, метод розмірності при обліку фактору поверхневого натягу дає формулу

$$H_K = \text{const} \cdot r \cdot d^2 \cdot s^{-1} \cdot V^2, \quad (6)$$

або

$$\frac{H_K}{d} = \text{const} \cdot \frac{r \cdot d}{s} \cdot V^2 = \text{const} \cdot \text{We}, \quad (7)$$

де $\text{We} = \frac{r \cdot d}{s} \cdot V^2$ – число Вебера, що визначає дію сил поверхневого натягу.

Якщо враховувати дію на струмінь, втрату компактності течії та руйнування сил в'язкості, то слід записати

$$H_K = \text{const} \cdot r^i d^j m^k V^l, \quad (8)$$

де μ – динамічна в'язкість води.

У цьому випадку аналогічно попереднім методом розмірностей одержимо

$$H_K = \text{const} \cdot r \cdot d^2 \cdot m^{-1} \cdot V, \quad (9)$$

або

$$\frac{H_K}{d} = \text{const} \cdot \frac{r \cdot d \cdot V}{m} = \text{const} \cdot \text{Re}, \quad (10)$$

де $\text{Re} = \frac{r \cdot d \cdot V}{m}$ – число Рейнольдса, що визначає дію сил в'язкості.

У дійсності на рух рідини будуть діяти і сила поверхневого натягу, і сила в'язкості, залежності вигляду $H_K/d = f(V)$ по формулах (7) і (9) є асимптотичними, тобто $H_K/d = f(We, Re)$. Фактично величина H_K/d залежатиме від V у ступені більшою за 1 та меншою за 2. Якщо врахувати, що швидкість на виході з насадка пов'язана з напором співвідношенням (1), то формулу (7) можна подати у вигляді [3]

$$H_K = \text{const} \cdot \frac{r \cdot d}{s} \cdot H_0, \quad (11)$$

а формулу (10) – у вигляді

$$H_K = \text{const} \cdot \frac{r \cdot d}{m} \cdot H_0^{1/2}. \quad (12)$$

Однак одержати за цим способом теоретичну залежність з урахуванням одночасної дії сили поверхневого натягу і сили в'язкості на стійкість струменя на його межі “вода-повітря” неможливо, і необхідно використати експериментальні дані з урахуванням формул (11) і (12), що пропонується у вигляді

$$\frac{H_K}{d} = C_1 \cdot Re + C_2 \cdot We, \quad (13)$$

або у вигляді

$$\frac{H_K}{d} = C_3 \cdot \frac{r}{m} H_0^{1/2} + C_4 \cdot \frac{r}{s} H_0, \quad (14)$$

де C_1, C_2, C_3, C_4 – коефіцієнти, що визначають внесок діючих сил.

Висновок. У результаті проведених досліджень і розрахунків одержати за цим способом теоретичну залежність з урахуванням одночасної дії сили поверхневого натягу і сили в'язкості на стійкість струменя на його межі “вода-повітря” неможливо, тому необхідно провести і внести корективи за результатами експериментальних даних.

1. Чугаев Р. Р. Гидравлика / Чугаев Р. Р. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с. 2. Курганов А. М. Справочник по гидравлическим расчетам / Курганов А. М., Федоров Н. Ф. – Л.: Стройиздат, 1978. – С. 179–183. 3. Шеренков И. А. Верные свободные водяные струи для теплозащиты при пожарах: Научный сборник строительства / Шеренков И. А., Дендаренко Ю. Ю. – Вып. 18. – Харьков: ХДТУБА-ХОТВ АБУ, 2002. – С. 293–297. 4. Иванников В. П. Справочник руководителя тушения пожара / В. П. Иванников, П. П. Ключ. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с. 5. Иванов А. Ф. Пожарная техника. Пожарно-техническое оборудование / А. Ф. Иванов. – М.: Стройиздат, 1988. – С. 50–51. 6. В. І. Желяк, М. А. Наливайко, О. В. Лазаренко, С. Я. Кінтер. Методи захисту пожежників від теплового випромінювання вогнища пожежі. – Л.: ЛДУБЖД. – 6 с.

References

1. Chugayev R. R. Hydraulics – L.: Energoizdat. Leningr. department, 1982. – 672 p. 2. Kurganov A. M., Fedorov N. F. Handbook for hydraulic calculations. – L.: Stroyizdat. Leningr otd-nie, 1978. – P. 179–183. 3. Sherenkov IA, Dendarenko Yu.Yu. Reel free water jets for heat protection during fires. Scientific collection of construction. – Extract 18. – Kharkiv: KhTTUBA-KOTVABU, 2002. – P. 293–297. 4. Ivannikov V. P. Handbook of the fire extinguishing director / VPP Ivanivnikov, P. P. Klus. – M.: Stroyizdat, 1987. – 288 p. 5. Ivanov AF Fire-fighting equipment. Fire-fighting equipment / AF Ivanov. – Moscow: Stroyizdat, 1988. – P. 50–51. 6. V. I. Zhelyak, Ph.D., M. A. Nalyvaiko, O. V. Lazarenko, Ph.D., S. Ya. Kinter, L.: LDUZHD, – Methods of protection of firefighters From the thermal radiation of the fire center. – 6 p.