

КОМУНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО МІСТ MUNICIPAL ECONOMY OF CITIES

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК
СЕРІЯ: ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ

ТОМ 4 ВИПУСК 192'2025

Ідентифікатор медіа у Реєстрі суб'єктів медіа R30-01140 від 10.08.2023 р.

Наукове фахове видання категорії «Б» за спеціальностями 121, 122, 123, 124, 125, 126, 131, 132, 133, 191, 192, 193, 194, 261, 263, 273, 274, 275 (наказ МОН України № 1301 від 15.10.2019 р.), 141, 183 (наказ МОН України № 1643 від 28.12.2019 р.)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

СУХОНОС М.К.	відповідальний редактор, д.т.н., проректор з наукової роботи, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
БАБАЄВ В.М.	відповідальний секретар, д.держ.упр., голова Вченої ради ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ГОВОРОВ П.П.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
КОГАЛОВСЬКИЙ В.	к.т.н., Інженерний коледж «Самі Шамун», Ізраїль
ПЛЮГІН В.Є.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
АЛЕШ ДІТРИХ	PhD, Технічний університет в Ліберці

EDITORIAL BOARD

SUKHONOS M.	Editor-in-Chief, Dr. Sc., Vice-rector of the O.M. Beketov NUUE
BABAYEV V.	Executive Managing Editor, Dr.Sc., Chairman of the Academic Council of the O.M. Beketov NUUE
GOVOROV P.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
KAGALOVSKY V.	PhD, Engineering College “Sami Shamun”, Israel
PLUGIN V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
ALEŠ DITTRICH	PhD, Technical University of Libere, Czech Republic

КООРДИНАЦІЙНА РАДА

ЧУМАЧЕНКО І.В.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ШПАЧУК В.П.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ДАЛЕКА В.Х.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ДРЕВАЛЬ І.В.	д.арх., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ДУШКІН С.С.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
КОНДРАЩЕНКО О.В.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
МАЛЯРЕНКО В.А.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
МИХАЙЛИШИН О. Л.	д.арх., НУВГП
ОСИЧЕНКО Г.О.	д.арх., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ТОВБИЧ В.В.	д.арх., КНУБА
ФЕЙРУША С.Х.	к.т.н., Університет Салахаддін – Ербіль, Ірак
ХАРЧЕНКО В.Ф.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ЧЕЧЕЛЬНИЦЬКИЙ С.Г.	д.арх., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ЧУДНОВСЬКИЙ А.	к.т.н., Гамбурзький університет, Германія
ЮРКЕВИЧ І.	к.т.н., Астонський університет, Великобританія
ЯНКЕЛЕВИЧ М.	к.т.н., Парсонс, США

COORDINATION COUNCIL

CHUMACHENKO I.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
SHPACHUK V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
DALEKA V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
DREVAL I.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
DUSHKIN S.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
KONDRASHENKO O.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
MALYARENKO V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
MYHAYLISHYN O.	Dr.Sc., NUWEE
OSYCHENKO G.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
TOVBICH V.	Dr.Sc., KNUCA
FEIRUSHA S.	PhD, Salahaddin University – Erbil, Iraq
HARCHENKO V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
CHECHELNITSKY S.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
CHUDNOVSKIY A.	PhD, University of Hamburg, Germany
YURKEVICH I.	PhD, Aston University, United Kingdom
YANKELEVICH M.	PhD, PARSONS, USA

Адреса редакції / Editorial office address:

61002, м. Харків, вул. Чорноглазівська, 17 / 17, Chornoglazivska Street, Kharkiv, 61002

Тел./tel.: +38 (057) 707-33-21, e-mail: khg@kname.edu.ua

до липня 2025 року ISSN 2522-1817 (Онлайн), ISSN 2522-1809 (Друковане видання)

з липня 2025 року ISSN 3083-6743 (Онлайн), ISSN 3083-6727 (Друковане видання)

Затверджений до друку Науково-технічною Радою Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова (протокол № 2 від 1 жовтня 2025 року)

Абрамов Ю.О., Коломієць В.С., Собина В.О

Національний університет цивільного захисту України, Черкаси, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ КЛАСУ В РОЗПИЛЕНОЮ ВОДОЮ

Одержані аналітичні вирази для визначення основних показників гасіння пожеж класу В розпиленою водою – часу гасіння та коефіцієнта використання води. Для їх побудови використовуються часова характеристика пожежі та її параметри. Час гасіння пожежі класу В розпиленою водою визначається коренем трансцендентного рівняння. Для визначення коефіцієнта використання води використовуються температурні, часові та реологічні параметри пожежі.

Ключові слова: пожежа класу В, розпилена вода, час гасіння, коефіцієнт використання води.

Постановка проблеми

Вода завдяки її унікальним властивостям є найбільш поширеною вогнегасною речовиною. Водою гасять більше 80% пожеж, а водою із змочувачем – 12%. Внаслідок того, що вода має високе значення питомої теплоємності та аномально високе значення теплоти випаровування, вона має надзвичайно високу охолоджуючу дію. Особливо велика охолоджуюча дія розпиленої води [1]. При випаровуванні розпиленої води її об'єм зростає в 1700 разів, що веде до розбавлення компонентів горючої системи негорючою водяною парою [2]. Системи пожежогасіння розпиленою водою можуть бути ефективно використані при гасінні всіх класів пожеж, але розширення номенклатури пожежного навантаження, інноваційні процеси в будівництві, промисловості тощо обумовлюють постійне підвищення ефективності систем пожежогасіння. Однією із проблем при цьому є наукове обґрунтування технічного обліку систем пожежогасіння при постійній зміні умов їх використання. Це обумовлює необхідність в більш глибокому вивченні характеристик, параметрів та показників об'єкта управління таких систем, яким є пожежа в умовах її гасіння, зокрема, розпиленою водою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В [3] із використанням суцільноконусних симплексних форсунок з вихровою вставкою Х-типу визначились: розподіл числа крапель води – розподіл Розіна-Рамлера, їх середній діаметр (SMD), середня швидкість розпилення, а також масова щільність потоку розпиленої води. В [4] експериментально визначались перехідні масові швидкості горіння для дизпалива та гептану при різних режимах подачі розпиленої води. В [5]

вивчалися такі показники пожежі як вплив вітру на процес гасіння пожежі, витрати води, а також час гасіння пожежі. Ці показники визначались експериментальним шляхом. Витрати води при гасінні пожежі досліджувались також в [6]. Вплив температури розпиленої води на процес гасіння дизпалива та гептану визначався також експериментально в [7]. Цей вплив оцінювався за допомогою такого показника як час гасіння. В [8] та [9] одержані емпіричні залежності, які в першому наближенні описують вплив нахилу полум'я на характер горіння нафти. Одержані аналітичні залежності можуть бути використані лише для горіння нафти. Всі розглянуті дослідження є експериментальними і мають локальну орієнтацію. Теоретичні методи визначення характеристик пожеж при їх гасінні розпиленою водою пов'язані з використанням обчислювальної гідродинаміки (CFD). В [10] наведений приклад симуляції сценаріїв для одиничних (SPF) та для декількох (MPF) пожеж. В [11] із використанням CFD визначався вплив вітру на коефіцієнт втрат води під час гасіння гептану. Слід зазначити, що методи дослідження пожеж із використанням CFD потребують обґрунтування точності та достовірності одержаних результатів. В [12] аналітичним шляхом одержані динамічні характеристики пожеж класу В при їх гасінні розпиленою водою. Використання цих динамічних характеристик відкриває можливості для розробки аналітичних методів стосовно визначення показників якості систем пожежогасіння, до яких, зокрема, відносяться час гасіння пожежі та коефіцієнт використання води.

Мета та завдання дослідження

Метою роботи є одержання аналітичних залежностей для часу гасіння та коефіцієнта

використання води при гасінні пожеж класу В із використанням розпиленої води. Об'єктом дослідження є процес гасіння пожеж класу В розпиленою водою. Предметом дослідження є показники процесу гасіння пожеж класу В розпиленою водою.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виявити умови використання часової характеристики пожежі класу В при її гасінні розпиленою водою для реалізації опції по визначенню часу гасіння такої пожежі;
- надати аналітичну інтерпретацію алгоритмів визначення коефіцієнта використання води при гасінні пожеж класу В.

Виклад основного матеріалу

До найбільш важливих показників пожежі класу В при її гасінні розпиленою водою належать час гасіння t_T , s та коефіцієнт використання води γ .

Для визначення часу гасіння використовується часова характеристика $h_{41}(t)$ пожежі, яка має вигляд [12]

$$h_{41}(t) = K_4 I \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_4}\right) \right], \quad (1)$$

де K_4, τ_4 – коефіцієнт передачі, $K \cdot m^2 \cdot s \cdot kg^{-1}$ та постійна часу, s пожежі класу В відповідно; I – інтенсивність подачі розпиленої води, $kg(m^2 \cdot s)^{-1}$.

Час гасіння t_T визначається згідно (1) виразом

$$t_T = -\tau_4 \ln \left[1 - (T_N - T_T)(K_4 I)^{-1} \right], \quad (2)$$

де T_N, T_T – початкова температура полум'я пожежі та температура гасіння пожежі відповідно, K .

Внаслідок того, що при $t \geq (3 \div 4)\tau_4$ має місце

$$K_4 I \rightarrow T_N - T_0, \quad (3)$$

де T_0 – температура навколишнього середовища, K , для t_T можна записати

$$t_T < 0,1\tau_4. \quad (4)$$

Співвідношення (4) має місце для вуглеводневих рідин, для яких [13]

$$(T_N - T_T)T_N^{-1} \leq 0,1. \quad (5)$$

За умови (5) час гасіння t_T пожежі класу В при її гасінні розпиленою водою визначається коренем трансцендентного рівняння

$$h_{41}(t)(K_4 I)^{-1} - 0,1 = 0. \quad (6)$$

При $\tau_4 = 10,0$ с час гасіння пожежі класу В розпиленою водою складає 1,05 с для обраних умов гасіння. Однією із умов є

$$I(t) = I \cdot 1(t), \quad (7)$$

де $1(t)$ – функція Хевісайда.

Такий підхід є традиційним, зокрема, при використанні модельних вогнищ пожежі [14]. Але при такому підході не враховується вплив ділянки доставки розпиленої води до пожежі. Цей вплив приводить до того, що умова (7) не виконується і вона трансформується до вигляду

$$I(t) = I \cdot 1(t - \tau_n), \quad (8)$$

де τ_n – час запізнення ділянки доставки розпиленої води до пожежі, s . Величина цього параметра може складати декілька секунд [15]. Для визначення часу гасіння t_T пожежі із врахуванням впливу ділянки доставки розпиленої води до пожежі трансцендентне рівняння (6) необхідно трансформувати до вигляду

$$h_1(t)(K_4 I)^{-1} - 0,1 = 0, \quad (9)$$

де

$$h_1(t) = K_4 I \left[1 - \exp\left(-\frac{t - \tau_n}{\tau_4}\right) \right] 1(t - \tau_n). \quad (10)$$

При $\tau_4 = 10,0$ с та $\tau_n = 0,4$ с корінь трансцендентного рівняння (9), тобто величина t_T , дорівнює 1,45 с, що в 1,4 рази перевищує результат, одержаний за допомогою рівняння (6).

Слід зазначити, що врахування впливу ділянки доставки розпиленої води до пожежі обумовлює трансформацію умови (4) до вигляду

$$t_T < 0,1\tau_4 + \tau_n. \quad (11)$$

Коефіцієнт використання води γ входить в якості мультиплікативної складової до коефіцієнта передачі K_4 пожежі класу В при її гасінні

розпиленою водою [12]. Для визначення цього показника запишемо згідно із (1) вираз для постійної часу τ_4

$$\tau_4 = -t \left[\ln \left[1 - h_{41}(t)(K_4 I)^{-1} \right] \right]^{-1}. \quad (12)$$

Якщо виконується умова

$$\theta_i (K_4 I)^{-1} < 1,0, \quad (13)$$

де $\theta_i = h_{41}(t_i)$, то при врахуванні, що [16]

$$\begin{aligned} \ln \left[1 - \theta_i (K_4 I)^{-1} \right] = \\ = -\theta_i (K_4 I)^{-1} \left[1 + 0,5 \theta_i (K_4 I)^{-1} \right], \end{aligned} \quad (14)$$

для моментів часу t_1 та t_2 буде мати місце співвідношення

$$\begin{aligned} t_1 \theta_2 \left[1 + 0,5 \theta_2 (K_4 I)^{-1} \right] = \\ = t_2 \theta_1 \left[1 + 0,5 \theta_1 (K_4 I)^{-1} \right]. \end{aligned} \quad (15)$$

Із цього співвідношення витікає вираз для параметра K_4

$$K_4 = (t_2 \theta_1^2 - t_1 \theta_2^2) [2I(t_1 \theta_2 - t_2 \theta_1)]^{-1}, \quad (16)$$

а після його підстановки до (12), витікає вираз для параметра τ_4

$$\begin{aligned} \tau_4 = (t_2 \theta_1^2 - t_1 \theta_2^2)^2 [2\theta_1 \theta_2 (\theta_1 - \theta_2) \times \\ \times (t_1 \theta_2 - t_2 \theta_1)]^{-1}. \end{aligned} \quad (17)$$

За умови повного випаровування крапель води в полум'ї пожежі для параметрів K_4 та τ_4 можна записати [12].

$$K_4 \tau_4^{-1} = 1,5r(H\rho_p c_p)^{-1} \gamma, \quad (18)$$

де r - теплота випаровування води, Дж·кг⁻¹; H - висота полум'я, м; ρ_p - щільність полум'я, кг·м⁻³; c_p - теплоємність полум'я, Дж(кг·К)⁻¹.

Якщо взяти до уваги, що

$$\begin{aligned} \theta_1 = T_N - T(t_1) = T_N - T_1; \\ \theta_2 = T_N - T(t_2) = T_N - T_2, \end{aligned} \quad (19)$$

де $T(t_i)$ - температура полум'я в момент часу t_i , то після об'єднання (16)-(19) будемо мати вираз для коефіцієнта використання γ води у вигляді

$$\begin{aligned} \gamma = \rho_p c_p H (T_N - T_1)(T_N - T_2)(T_2 - T_1) \times \\ \times \left[1,5rI \left[t_2 (T_N - T_1)^2 - t_1 (T_N - T_2)^2 \right] \right]^{-1}. \end{aligned} \quad (20)$$

Цей вираз є формалізацією алгоритму визначення коефіцієнта використання води при гасінні пожежі класу В, який зводиться до одержання інформації стосовно висоти полум'я H та температурних параметрів T_N і T_T . Параметри I та t_i задаються апіорі.

Можливий інший підхід для визначення показника γ . Зокрема, при повному випаровуванні крапель води, а також за умови, що

$$\begin{aligned} T_N - T_T = K_4 I \left[1 - \exp \left(-\frac{t_T}{\tau_4} \right) \right] = \\ = K_4 \tau_4^{-1} I t_T, \end{aligned} \quad (21)$$

після об'єднання із (18), можна записати вираз

$$\gamma = (T_N - T_T) \rho_p c_p H (1,5rI t_T)^{-1}. \quad (22)$$

Алгоритм визначення коефіцієнта використання γ води при гасінні пожежі класу В в цьому випадку зводиться до одержання інформації стосовно температурних параметрів T_N і T_T , висоти H полум'я та часу гасіння t_T пожежі. Параметр I задається апіорі.

Для підвищення точності визначення показника γ можна використовувати обидва вирази, тобто (20) та (22).

Слід зазначити, що вирази (20) та (22) відкривають можливість в визначенні часу гасіння t_T пожежі класу В при її гасінні розпиленою водою без знаходження кореня трансцендентного рівняння (9). Покажемо це.

Із (20) та (22) витікає тотожність

$$\begin{aligned} (T_N - T_1)(T_N - T_2)(T_2 - T_1) \times \\ \times \left[t_2 (T_N - T_1)^2 - t_1 (T_N - T_2)^2 \right]^{-1} = \\ = (T_N - T_T) t_T^{-1}. \end{aligned} \quad (23)$$

Якщо покласти, що $t_2 = t_T$, то буде мати місце

$$T_2 = T_T, \quad (24)$$

внаслідок чого із (23) витікає вираз для часу гасіння t_T пожежі класу В при її гасінні розпиленою водою

$$t_T = (T_N - T_T)(T_N - T_1)^{-1} t_1. \quad (25)$$

Цей вираз формалізує алгоритм визначення часу гасіння t_T , який зводиться до використання інформації стосовно температурних параметрів T_N , T_1 , T_T при апріорі заданому часі t_1 . Врахування впливу ділянки доставки розпиленої води до пожежі здійснюється за допомогою адитивної складової t_{Π} у виразі (25).

Слід відмітити, що вираз (25) відкриває можливість для реалізації опції контролю системи управління пожежогасіння по величині часу гасіння. Реалізація такої опції зводиться до порівняння часу гасіння, який визначається експериментально, із часом гасіння, який визначається за допомогою виразу (25).

Висновки

1. Показано, що особливістю вуглеводних рідин при їх гасінні розпиленою водою є те, що відношення різниці початкової температури полум'я та температури гасіння до початкової температури полум'я не перевищує 10%. Ця обставина дозволяє сформулювати трансцендентне рівняння, корінь якого визначає оцінку для часу гасіння пожежі класу В при її гасінні розпиленою водою. В якості складової такого трансцендентного рівняння виступає часова характеристика пожежі класу В. Умовою для побудови такого трансцендентного рівняння є забезпечення зміни інтенсивності подачі розпиленої води до осередку горіння рідини у відповідності із законом, який описується функцією Хевісайда. Відмічається, що такий підхід не враховує впливу ділянки доставки розпиленої води до осередку горіння рідини, який обумовлює запізнення цієї доставки. Наведено трансцендентне рівняння для визначення часу гасіння пожежі класу В розпиленою водою із врахуванням запізнюючого впливу ділянки її доставки до осередку горіння рідини.

2. Показано, що коефіцієнт використання води при гасінні пожежі класу В розпиленою водою є мультипликативною складовою її коефіцієнта передачі. Крім того, відмічається, що відношення коефіцієнта передачі пожежі класу В при її гасінні розпиленою водою до її постійної часу пропорційно величині коефіцієнта використання води. За умови, що величина, часової характеристики пожежі класу В при її гасінні розпиленою водою для двох апріорі заданих моментів часу не перевищує добутку

коефіцієнта передачі пожежі та інтенсивність подачі розпиленої води, одержані аналітичні вирази для параметрів часової характеристики такої пожежі. Ці вирази використовуються для одержання виразів для визначення коефіцієнта використання води при гасінні пожежі класу В розпиленою водою, які, в свою чергу, формалізують два алгоритми визначення цього показника. Згідно із одним алгоритмом визначення коефіцієнта використання води зводиться до одержання інформації стосовно температурних параметрів пожежі, висоти її полум'я та часу гасіння пожежі. Апріорі задається інтенсивність подачі розпиленої води. Згідно із другим алгоритмом визначення коефіцієнта використання води зводиться до одержання інформації стосовно висоти полум'я та температурних параметрів пожежі в апріорі задані моменти часу. Апріорі також задається інтенсивність подачі розпиленої води. Наукова новизна полягає в тому, що вперше одержані аналітичні залежності для основних показників процесу гасіння пожежі класу В розпиленою водою – часу гасіння та коефіцієнту використання води. Практична значимість одержаних результатів дослідження полягає в тому, що ці результати є основою для створення систем контролю систем пожежогасіння.

Література

1. Тарахно О.В. Шаршанов А.Я. Фізико – хімічні основи використання води в пожежній справі. Харків. 2004. 252 с.
2. Abramov, Y., Basmanov O., Krivtsova V., Salamov J. Modeling of spilling and extinguishing of burning fuel on horizontal surface // *Naukovyi Visnyk NHU*. 2019. Vol. 4. P. 86–90. Doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-4/16>
3. Shrigondeka H., Chowdhury A., Prabhu S.V. Characterization of solid-cone simplex mist nozzles // *Fire Safety Journal*. 2020. Vol. 111. P. 102936. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102936>
4. Shrigondeka H., Chowdhury A., Prabhu S.V. Performance by Various Water Mist Nozzles in Extinguishing Liquid Pool Fires // *Fire Technology*. 2021. Vol. 57(5). P. 2553–2581. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01130-0>
5. Jeong C.S., Lee C.Y. Experimental investigation on spray characteristics of twin-fluid nozzle for water mist and its heptane pool fire extinguishing performance // *Process Safety and Environmental Protection*. 2021 Vol. 148. P. 724–736. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.01.037>
6. Wang J., He Y., Tao B. Inhibition effect of water mist with single and double nozzles on n-heptane pool fire // *Fire Science and Technology*. 2021. Vol. 40(5). P. 696–700. Available online: <https://www.xfkj.com.cn/EN/Y2021/V40/I5/696>
7. Liu T., Yin X., Liu Y., Tang Y., Huang A., Dong X., Liu Y. Influence of Water Mist Temperature Approach on Fire Extinguishing Effect of Different Pool Fires. // *Processes*. 2022. Vol. 10(8). P. 1549. Doi: <https://doi.org/10.3390/pr10081549>
8. Lv D., Tan W., Zhu G., Liu L. Gasoline fire extinguishing by 0.7 MPa water mist with multicomponent additives driven by CO₂ // *Process Safety and Environmental Protection*. 2019

Vol. 129. P. 168-175. Doi:

9. Sun X., Huang H., Zhao J., Song G. Experimental Study of the Effect of Slope on the Spread and Burning Characteristics of a Continuous Oil Spill Fire // *Fire*. 2022. Vol. 5(4). P. 112. Doi: <https://doi.org/10.3390/fire5040112>
10. Dasgotra A., Rangarajan G., Tauseef S.M. CFD-based study and analysis on the effectiveness of water mist in interacting pool fire suppression. *Process Safety and Environmental Protection*. 2021. Vol. 152. P. 614-629. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.06.033>
11. Yao Y., Li Y.Z., Ingason H., Cheng X., Zhang H. Theoretical and numerical study on influence of wind on mass loss rates of heptane pool fires at different scales // *Fire Safety Journal*. 2021. Vol. 120. P. 103048. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103048>
12. Kolomiiets, V., Abramov, Y., Basmanov, O., Sobyna, V., Sokolov, D. (2023). Determining the dynamic characteristics of a class B fire in the case of extinguishing by water spray. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(10) (126), 50–57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292767>
13. Абрамов, Ю.О., Коломієць В.С., Собина В.О. Визначення параметрів гасіння пожежі класу В при використанні розпиленої води / *Ком. госп. міст.* – Вип. 184. – Т.3. – 2024. – С. 179–184 <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-3-184-179-184>
14. Котов А.Г. Пожежогашіння та системи безпеки Київ. 2010. 276 с.
15. Абрамов, Ю.О., Коломієць В.С., Собина В.О. Моделі руху вогнегасної речовини в повітряному просторі / *Ком. госп. міст.* – Вип. 180. – Т.6. – 2023. – С. 143–147 <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-143-147>
16. Dwight H.B. *Tables of Integrals and Other Mathematical Data*. New York. 1961. 228 p.

References

1. Tarakhno O.V. *Fizyko-khimichni osnovy vykorystannia vody v pozhezhnii sluzhbi*/ O.V. Tarakhno, A.Ia. Sharshanov. – Kh.: ATsZU, 2004 – 252 s.
2. Abramov, Y., Basmanov O., Krivtsova V., Salamov J. Modeling of spilling and extinguishing of burning fuel on horizontal surface // *Naukovyi Visnyk NHU*. 2019. Vol. 4. P. 86–90. Doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-4/16>
3. Shrigondeka H., Chowdhury A., Prabhu S.V. Characterization of solid-cone simplex mist nozzles // *Fire Safety Journal*. 2020. Vol. 111. P. 102936. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102936>
4. Shrigondeka H., Chowdhury A., Prabhu S.V. Performance by Various Water Mist Nozzles in Extinguishing Liquid Pool Fires // *Fire Technology*. 2021. Vol. 57(5). P. 2553–2581. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01130-0>
5. Jeong C.S., Lee C.Y. Experimental investigation on spray characteristics of twin-fluid nozzle for water mist and its heptane pool fire extinguishing performance// *Process Safety and Environmental Protection*. 2021. Vol. 148. P. 724-736. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.01.037>
6. Wang J., He Y., Tao B. Inhibition effect of water mist with single and double nozzles on n-heptane pool fire // *Fire Science and Technology*. 2021. Vol. 40(5). P. 696–700. Available online: <https://www.xfkj.com.cn/EN/Y2021/V40/I5/696>
7. Liu T., Yin X., Liu Y., Tang Y., Huang A., Dong X., Liu Y. Influence of Water Mist Temperature Approach on Fire Extinguishing Effect of Different Pool Fires. // *Processes*. 2022. Vol. 10(8). P. 1549. Doi: <https://doi.org/10.3390/pr10081549>

<https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.07.002>

8. Lv D., Tan W., Zhu G., Liu L. Gasoline fire extinguishing by 0.7 MPa water mist with multicomponent additives driven by CO₂ // *Process Safety and Environmental Protection*. 2019. Vol. 129. P. 168-175. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.07.002>
9. Sun X., Huang H., Zhao J., Song G. Experimental Study of the Effect of Slope on the Spread and Burning Characteristics of a Continuous Oil Spill Fire // *Fire*. 2022. Vol. 5(4). P. 112. Doi: <https://doi.org/10.3390/fire5040112>
10. Dasgotra A., Rangarajan G., Tauseef S.M. CFD-based study and analysis on the effectiveness of water mist in interacting pool fire suppression. *Process Safety and Environmental Protection*. 2021. Vol. 152. P. 614-629. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2021.06.033>
11. Yao Y., Li Y.Z., Ingason H., Cheng X., Zhang H. Theoretical and numerical study on influence of wind on mass loss rates of heptane pool fires at different scales // *Fire Safety Journal*. 2021. Vol. 120. P. 103048. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103048>
12. Kolomiiets, V., Abramov, Y., Basmanov, O., Sobyna, V., & Sokolov, D. (2023). Determining the dynamic characteristics of a class B fire in the case of extinguishing by water spray. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(10) (126), 50–57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292767>
13. Abramov, Yu.O., Kolomiiets V.S., Sobyna V.O. Vyznachennia parametriv hasinnia pozhezhi klasu B pry vykorystanni rozpylenoi vody / *Ком. госп. міст.* – Вип. 184. – Т.3. – 2024. – С. 179–184 <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-3-184-179-184>
14. Kotov A.H. *Pozhezhohasinnia ta systemy bezpeky* Kyiv. 2010. 276 s.
15. Abramov, Yu.O., Kolomiiets V.S., Sobyna V.O. Modeli rukhu vohnehasnoi rehovyny v povitriannomu prostori / *Ком. госп. міст.* – Вип. 180. – Т.6. – 2023. – С. 143–147 <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-143-147>
16. Dwight H.B. *Tables of Integrals and Other Mathematical Data*. New York. 1961. 228 p.

Рецензент: д.т.н., професор, головний науковий співробітник наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру О.Є. Басманов, Національний університет цивільного захисту України, Україна

Автор: АБРАМОВ Юрій Олексійович
доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник науково-дослідного центру Національний університет цивільного захисту України
E-mail - abramov121146@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7901-3768>

Автор: СОБИНА Віталій Олександрович
кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри організації та технічного забезпечення аварійно – рятувальних робіт Національний університет цивільного захисту України
E mail - sobol_84@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6908-8037>

Автор: КОЛОМІЄЦЬ Валерій Станіславович

старший викладач кафедри організації та
технічного забезпечення аварійно-рятувальних
робіт
Національний університет цивільного захисту
України

E-mail - kolomiets_valerii@nuczu.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4058-4026>

DETERMINATION OF FIRE EXTINGUISHING INDICATORS CLASS B BY SPRAYED WATER

Y. Abramov, V. Kolomiets, V. Sobyna,

National University of Civil Defense of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

It is noted that a specific feature of hydrocarbon liquids during suppression with water spray is that the ratio of the difference between the initial flame temperature and the extinction temperature to the initial flame temperature does not exceed 10%. This observation makes it possible to formulate a transcendental equation, the root of which provides an estimate for the extinguishing time of Class B fires when suppressed with water spray. The temporal characteristic of a Class B fire serves as a component of this transcendental equation. A prerequisite for constructing such an equation is that the variation of spray water supply intensity to the burning liquid surface complies with a law described by the Heaviside function. It is emphasized that this approach does not account for the influence of the water delivery path to the burning liquid surface, which causes a delay in water supply. A transcendental equation is presented for determining the extinguishing time of Class B fires with water spray, taking into account the delay caused by the water delivery path.

It is shown that the water utilization coefficient during the suppression of Class B fires with water spray is a multiplicative component of its transfer coefficient. Furthermore, it is noted that the ratio of the transfer coefficient of a Class B fire during water spray suppression to its time constant is proportional to the value of the water utilization coefficient. Provided that the temporal characteristic of a Class B fire suppressed with water spray at two a priori defined time points does not exceed the product of the fire transfer coefficient and the spray water supply intensity, analytical expressions for the parameters of the temporal characteristic are obtained. These expressions are then applied to derive formulas for determining the water utilization coefficient in the suppression of Class B fires with water spray. In turn, these formulas formalize two algorithms for evaluating this coefficient. According to the first algorithm, determining the water utilization coefficient requires information on the fire's temperature parameters, flame height, and extinguishing time, with the spray water supply intensity specified a priori. According to the second algorithm, determining the water utilization coefficient requires information on flame height and the fire's temperature parameters at a priori defined time points, with the spray water supply intensity also specified in advance.

Key words: Class B fire, sprayed water, extinguishing time, water utilisation factor

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

О.В. Афанасьєв	307	О.Г. Доценко	350	Б.І. Меренко	22	С.В. Свічинський	464
Ю.О. Абрамов	375	О. Дашковська	369	О.Г. Мельникова	82	А.О. Соловійов	478
Д.В. Абрамов	449	Є.М. Дроботова	424	С.В. Мельник	82	А.А. Тітов	250
Д.В. Бредіхін	9	S.M. Yesaulov	62	Т.К. Макарова	91	А.Г. Тіщенко	313
В.М. Бредіхін	9	С.О. Ємельяненко	361	А.О. Мозговий	192	О.М. Тесленко	350
O.F. Babicheva	62	А.О. Завражний	75	Ю.В. Максим'юк	208	О.С. Твердохліб	350
Л.Л. Багмут	82	М.І. Захарченко	82	К.А. Мамонов	272	О.І. Толмачов	424
С.А. Бушманов	150	А.К. Зінченко	113	М.Ю. Михальова	299	Т.О. Тугайбей	442
А.С. Борисенко	159	Д.С. Залужний	324	В.В. Малишева	381	О.С. Удовиченко	185
М.І. Барбаш	208	С.А. Ільченко	166	О.В. Макарічев	464	С.М. Урдзік	243
О.О. Булдаков	228	М.Ю. Іващенко	392	В.М. Мосьпан	464	Ю.В. Фурсов	150
І.Ю. Бурвіков	313	І.М. Кадікова	2	І.Б. Некрасов	16	В.О. Фролов	313
Л.В. Балло	343	О.Б. Костенко	9	М.В. Новожилова	29	Д.Д. Хайнус	267
А. Беспалова	369	В.Б. Кропивницька	22	О.І. Наливайко	45	О.О. Холодова	442
К.В. Данова	381	М.Ю. Карпенко	29	Є.О. Нелін	272	С.Ц. Цимбалістий	350
О.М. Борисенко	392	І.І. Капцов	45	І.А. Остапенко	392	Г.В. Чернишов	9
А.О. Боцман	424	Н.І. Капцова	45	О.А. Проскурін	82	І.В. Чумаченко	16
Н. М. Братерська	424	І.І. Крейзер	124	М.А. Полигенька	91	О.І. Чуб	29
Д.Л. Бурко	434	Н.І. Криворучко	133	Н.О. Псурцева	236	Є.С. Чабан	133
М.О. Бугайова	442	О.В. Кабусь	218	Г.П. Почанін	243	Т.М. Чайка	292
І.С. Бугайов	442	О.О. Калмиков	228	О.С. Петраковська	299	V.M. Shavkun	62
М.Ю. Блінова	478	О.Ю. Кулаков	236	Ю.М. Палеха	307	І.С. Шелкова	243
Н.С. Вергунова	144	Z.V. Kornilova	258	А.Ю. Паламар	307	Е.С. Штерндок	313
М.А. Вотінов	150	О.В. Князь	267	П.В. Попруга	318	К. Шевченко	369
В.В. Виноградов	218	В.С. Ковальчук	279	Д.М. Поплавський	318	В. Ю. Юрченко	82
В.П. В'юнковський	228	О.М. Канівець	279	О.Л. Пальченко	332		
Г.В. Ватуля	272	М.А. Кухар	285	М.А. Подригало	449		
Р.С. В'яткін	272	О.В. Кондращенко	307	О/ Protasenko	409		
К.Є. Вакулєнко	434	В.В. Касьянов	313	О.В. Ромашко	45		
Ю.Ю. Гусєва	16	Є.М. Косюк	324	О.І. Редько	124		
А.В. Гордієнко	54	О.М. Крикун	350	Т.Д. Рищенко	150		
М.Л. Глебова	54	В.К. Костенко	350	А.О. Руденко	159		
В.А. Голіус	103	Р.Р. Коваль	361	П.А. Резнік	228		
О.Ю. Гаврик	175	І.Р. Коваль	361	В.П. Рубан	243		
В.А. Гуркаленко	218	О. Книш	369	Н.В. Рашкевич	400		
О.Г. Гайдучок	250	В.С. Коломієць	375	І.І. Рушак	400		
М.О. Грек	267	Л.С. Колибельнікова	381	О.С. Рашкевич	400		
А. Грищенко	369	Н.О. Косенко	386	О.В. Смірнова	150		
А.С. Галкін	424	А.І. Коробко	449	А.Г. Сінякін	218		
О.О. Грекова	424	О.С. Колій	455	О.А. Сироватський	250		
П.Ф. Горбачов	464	О.І. Лугченко	236	Д.П. Сопов	267		
Д.О. Dumertsov	39	С.В. Лукашенко	250	І.І. Садовий	267		
Т.В. Дмитренко	75	Ю.С. Левашова	386	Д.В. Середа	343		
М.М. Демидова	91	С.М. Логвінков	392	В.О. Собина	375		
С.М. Данилов	103	С.Е. Лифенко	424	Л.О. Серіков	419		
К.В. Дмитрієв	208	Є.В. Любий	455	Г.О. Самчук	424		
І.М. Дем'яненко	228	Є.Є. Міроєвський	2	Н.А. Соколова	434		

НАУКОВЕ ВИДАННЯ КОМУНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО МІСТ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК Серія: «Інформаційні технології та інженерія». Том 4. Випуск 192

Технічний редактор О.М. Чумак

Дизайн обкладинки А.О. Богославець

З електронною версією статей НТЗ «Комунальне господарство міст» можна ознайомитися на сайті збірника:

<https://khgts.kname.edu.ua/index.php/khgts/uk/about> та в цифровому репозиторії ХНУМГ ім. О.М. Бекетова:

<http://eprints.kname.edu.ua>.



НТЗ «Комунальне господарство міст» включено до **Directory of Open Access Journals (DOAJ)** – міжнародного мультидисциплінарного каталогу журналів відкритого доступу.

Здано до склад. 08.06.2025 р.

Формат 60×84/8

Наклад 50 прим.

Ціна договірна

Підписано до друку 01.10.2025 р.

Папір офсетний

Зам. №

Гарнітура «Times New Roman»

Ум.-друк. арк. –

Обл.-вид. арк. –

Адреса редакції: 61002, місто Харків, вул. Черноглазівська, 17
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова