

*В.В. Ковалишин, д-р техн. наук, професор,
Я.Б. Кирилів, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
Б.М. Гусар, Т.М. Войтович, Вол.В. Ковалишин, А.О. Корнієнко
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності),
В.В. Чернецький (Управління ДСНС України в Івано-Франківській обл.)*

ПЕРСПЕКТИВИ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ВОДОПІННИМИ ВОГНЕГАСНИКАМИ

Розглядається перспектива гасіння пожеж водопінними вогнегасниками в різних експлуатаційних умовах. Зокрема перевірено ефективність гасіння водопінним вогнегасником ВВП-9(з) модельних вогнищ класів 4А та 144В з використанням водних розчинів на основі піноутворювачів «БАРС-S-1м» або «БАРС АFFF-1». Проведено теоретичні та експериментальні дослідження щодо впливу температури та кількості теплоти на експлуатаційні властивості водопінних вогнегасників, у тому числі на механічні та гідравлічні характеристики. Вартість водопінного вогнегасника, розраховуючи на одиницю площі гасіння, найнижча.

Ключові слова: водопінний вогнегасник, гасіння пожеж, вплив температури, тиск, запобіжний пристрій, час нагрівання, запас міцності.

*V. V. Kovalyshyn, Ya. B. Kyryliv, B.M. Gusar,
T.M. Voitovych, Vol.V. Kovalyshyn, A.O. Korniyenko, V.V. Chernetsky*

PROSPECTS OF FIRE EXTINGUISHING WITH WATER FIRE EXTINGUISHERS

The prospects of extinguishing fires with water-foam fire extinguishers under different operational conditions is considered. In particular, the efficiency of using fire extinguisher ВВП-9(з) for extinguishing standardized fires of classes 4A and 144B with water solutions based on foam blowers «БАРС-S-1m», «БАРС АFFF-1» has been tested. Theoretical and experimental studies on the influence of temperature and heat quantity on the performance properties of water-foam fire extinguishers, including mechanical and hydraulic characteristics. The cost of a water extinguisher, per unit of extinguishing area, is the lowest.

Key words: water-foam fire extinguisher, fire extinguishing, influence of temperature, pressure, safety device, heating time, safety factor.

Вступ. Боротьба з пожежами залишається актуальною проблемою державної ваги не тільки для України, а й для усього людства загалом. Питання ліквідації пожежі на початковій стадії, де б вона не виникла, в побуті чи на підприємстві, пов'язане з належною експлуатацією первинних засобів пожежогасіння загалом та вогнегасників зокрема [1].

У переважній більшості причинами пожеж є: необережне поводження з вогнем, порушення вимог протипожежного захисту при проектуванні, реконструкції та будівництві об'єктів народного господарства, порушення правил монтажу і експлуатації пожежонебезпечного устаткування, машин та обладнання, неправильне користування обігрівальними приладами чи печами, пустощі дітей з вогнем тощо. Немало пожеж виникає і від самоспалахування деяких речовин, іскор, статичної електрики тощо.

Часто до важких наслідків при пожежах призводить елементарна необізнаність у користуванні вогнегасниками, несвоєчасне їх перезарядження і, як наслідок, неправильна експлуатація.

Важливу роль відіграє правильний вибір типу вогнегасника та відповідно вогнегасної речовини [2].

В якості компонентів зарядів вогнегасників використовуються вогнегасні речовини.

Як правило сама хімічна речовина у якості заряду вогнегасника не використовується.

Вогнегасна ефективність вогнегасних речовин зумовлюється насамперед такими характеристиками, як: здатність до інгібування (сповільнення) реакцій горіння, охолоджувальна здатність (залежить від теплопровідності, теплоємності, теплоти фазового перетворення – плавлення або випаровування), ізолювальна здатність, а також поверхневий натяг, змочувальна та піноутворювальна здатність (для рідин). Суттєве значення має електропровідність вогнегасних речовин, коли йдеться про безпеку осіб, які безпосередньо застосовують засоби пожежогасіння за наявності електричного струму підвищеної напруги.

Щоб отримати піну, необхідно до одного об'єму рідини додати приблизно 2,85 об'єму газу. Вогнегасний ефект піни досягається завдяки:

- утворенню ізолювального шару, який запобігає проникненню горючих газів та парів в зону горіння (шар піни завтовшки 5 см знижує вихід парів вогненебезпечної рідини в 40-50 разів);
- вода, яка осідає під час руйнування піни, здійснює охолоджувальний ефект;
- пара води дещо знижує концентрацію реагуючих речовин в зоні горіння. Якщо це плівкоутворюючі піноутворювачі, то можна говорити про інгібування полум'я та утворення саморозтікаючої плівки по поверхні горючої речовини, та забезпечення доброго проникнення вогнегасної речовини в тверді горючі матеріали [3].

Густина повітряно-механічної піни коливається в межах від 0,10 до 0,17 г/см³.

Піноутворювачі для гасіння пожеж поділяються на два класи залежно від їх властивостей та умов застосування:

- піноутворювачі загального призначення;
- піноутворювачі спеціального призначення.

До складу піноутворювачів входять поверхнево активні речовини (ПАР), які зумовлюють зниження поверхневого натягу водних розчинів і можливість генерування піни, а також інші добавки. В свою чергу добавки покращують показники якості чи спеціальні властивості піноутворювачів (наприклад, підвищують морозостійкість).

За хімічним складом піноутворювачі поділяються на дві групи: піноутворювачі, виготовлені із синтетичної сировини, та піноутворювачі, виготовлені переважно із сировини природного походження (з добавками синтетичних ПАР та інших хімічних речовин чи без них).

На основі аналізу властивостей вогнегасних речовин можна запропонувати з економічної точки зору для дослідження найбільш раціональний тип вогнегасника, яким є водопінний вогнегасник. Рекомендовані місця розміщення водопінних вогнегасників: різні громадські приміщення, навчальні заклади, офіси, банки, магазини, лікарні, готелі, ресторани, театри і кінотеатри, залізничні пасажирські вагони, визначені робочі місця, пов'язані з горючими рідинами, і т. д. На підставі вище сказаного виникає необхідність дослідження водопінних вогнегасників [4] в різних умовах експлуатації, зокрема водопінного вогнегасника ВВП-9 з покращеними експлуатаційними вимогами.

Мета роботи. Дослідити теоретично та експериментально безпечність використання водопінних вогнегасників в різних умовах експлуатації та необхідність застосування запобіжних пристроїв.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводились з використанням водопінного вогнегасника ВВП-9 з зарядом водного розчину на основі піноутворювачів «БАРС-S-1м» і «БАРС АFFF-1» [5] та макетного вогнища площею 10 м², в яке входить ванна для легкозаймистих та горючих речовин заповнена бензином А-92. Також випробування проводились на модельних вогнищах класів 4А та 144В, згідно з [4]. Крім того, проводились дослідження щодо впливу сонячного випромінювання в теплий літній день в момент найбільшого сонячного випромінювання. Ще джерелом випромінювання було полум'я від горіння у деках дизельного палива та бензину (бензин – 0,5 л, дизельне паливо – 6 л+30 л води). Площа горіння становила 0,75 м². Вимірювання потужності теплового випромінювання проводили за допомогою датчиків теплового потоку.

Викладення основного матеріалу

Вимоги до піноутворювачів загального призначення в Україні встановлює Державний стандарт [3].

На особливу увагу в якості вогнегасних речовин для зарядів вогнегасників заслуговують піноутворювачі спеціального призначення.

Складові піноутворювачів спеціального призначення розробляються таким чином, щоб надати їм бажаних та необхідних властивостей. Це може бути підвищена стійкість піни до зневоднювання, зниження швидкості її руйнування під дією неполярних і (або) полярних рідин чи теплового випромінювання полум'я та нагрітих металевих конструкцій, підвищення морозостійкості, забезпечення придатності до застосування з морською водою, можливість утворення плівки на поверхні горючих (легкозаймистих) рідин тощо.

Як правило, піноутворювачі спеціального призначення мають більш високу вартість, ніж піноутворювачі загального призначення, але набагато вищу вогнегасну ефективність, що дає змогу швидше в часі загасити пожежу.

Враховавши всі властивості вогнегасних речовин, ТОВ «Науково-виробниче підприємство «Вогнеборець» розробило новий водопінний вогнегасник ВВП-9(з). Його характеристики говорять самі за себе: гасить пожежі у вигляді модельних вогнищ класу 4А та 144В. Зокрема вогнегасник гасить ванну для легкозаймистих речовин та горючих речовин площею 10 м² заповнену бензином А-92 (рис. 1).



Рисунок 1 – Горіння макетного вогнища

Характеристики переносного вогнегасника водопінного закачного ВВП-9 (з):

– придатний для гасіння пожеж класу А (твердих речовин), класу В (рідких речовин), а також гасіння пожеж в побутових умовах);

– призначений для використання з метою протипожежного захисту малих архітектурних форм, автозаправок, приміщень з використанням легко займистих речовин та горючих речовин, квартир житлових будинків та будинків індивідуальної забудови, громадських будинків та споруд, промислових і сільськогосподарських об'єктів, колісних транспортних засобів, гаражів, приміщень, в яких використовуються або складуються тверді горючі матеріали тощо;

– необхідне технічне діагностування – не рідше одного разу на рік або при зниженні тиску в корпусі вогнегасника;

- вогнегасна речовина: водний розчин на основі піноутворювачів «БАРС-S-1м» або «БАРС АFFF-1» (рис. 2);
- маса заряду вогнегасної речовини $9\pm 0,01$ кг;
- газ-витискувач: стисле повітря ГОСТ 17433 або азот газоподібний ГОСТ 9293;
- допускається експлуатація при температурі від -5 °С до $+50$ °С;
- запобігати дії сонячного проміння та нагрівальних приладів;
- гасіння починати з відстані 3 м;
- робочий тиск в корпусі: $1,4\pm 0,2$ МПа;



Рисунок 2 – Загашене макетне вогнище вогнегасником водопінним ВВП-9(з) із зарядом «БАРС АFFF-1» з добавками

- тривалість приведення в дію – до 5 с;
- тривалість викидання вогнегасної речовини – 20-30 сек;
- габаритні розміри: висота – 590 мм, діаметр – 180 мм.

При конструюванні водопінних вогнегасників передбачається наявність запобіжного клапана від надлишкового тиску в корпусі.

Нами були проведені дослідження щодо впливу високої температури на вогнегасник ВВП-9. Згідно з технічними умовами [6], які регламентують вимоги до переносних водопінних вогнегасників закачного типу ВВП-9(з), робочий тиск в корпусах цих вогнегасників передбачено $1,4\pm 0,2$ МПа. Отже максимальний робочий тиск становить 1,6 МПа.

Корпуси цих вогнегасників, що перебувають під робочим тиском, згідно з [4], повинні витримувати без руйнувань та видимих деформацій гідравлічні випробування внутрішнім випробувальним тиском ($P_v=1,3 P_{роб. макс.}$, але не менше 2,0 МПа), тиском, що циклічно змінюється ($P_v=1,3 P_{роб. макс.}$, але не менше 2,0 МПа), а також розривним тиском ($P_{розр.} \geq 2,7 P_{роб. макс.}$, але не менше 5,5 МПа), величини яких встановлюються для вогнегасників конкретного типу.

Для забезпечення подачі заряду водопінної вогнегасної речовини до осередку пожежі в якості газу-витискувача у вогнегасниках ВВП-9(з) використовується повітря або азот, які закачуються в їх корпуси. Відповідно до закону Шарля, тиск газу P в замкнутому просторі прямо пропорційний абсолютній температурі газу T .

Відповідно до закону Шарля, визначимо як змінюється тиск при нагріванні газу в корпусі вогнегасника, якщо врахувати, що

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \text{const} \quad (1)$$

де P_1 – тиск газу у вогнегаснику при температурі 0°C , Па;

P_2 – тиск газу при довільній температурі, Па;

T_1 – температура при 0°C ;

T_2 – температура газу, при якій визначається тиск $^\circ\text{C}$.

Тиск газу P_2 при довільній температурі T_2 визначається за формулою:

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot T_2}{T_1} \quad (2)$$

Визначаємо тиск газу при температурі 50°C :

$$P_2 = \frac{1,6 \cdot (50 + 273)}{273} = 1,89 \text{ МПа}$$

де $P_1=1,6 \text{ МПа}$ – робочий тиск газу, який наповнюється у вогнегасник при температурі 0°C .

Визначаємо тиск газу при температурі 100°C :

$$P_2 = \frac{1,6 \cdot (100 + 273)}{273} = 2,18 \text{ МПа}$$

Розривне зусилля вогнегасника становить $P_{\text{розр}}=5,5 \text{ МПа}$, а гідравлічний тиск випробувальний, який витримує вогнегасник $P_{\text{гідр}}=2,6 \text{ МПа}$, що дає підставу зробити висновок: корпус вогнегасника витримує підвищення температури до 100°C .

Проводились дослідження щодо нагрівання вогнегасника на сонці. Вогнегасник заповнений зарядом водопінної вогнегасної речовини витримувся на сонці в ясну сонячну погоду. Проводились дослідження на трьох вогнегасниках. Більше 70°C корпус вогнегасника на сонці не нагрівався, відповідно тиск в корпусі становив

$$P_2 = \frac{1,6 \cdot (70 + 273)}{273} = 2,01 \text{ МПа}$$

Також значний інтерес становило питання за який час вогнегасник на сонці нагріється до різних температур. Так звана сонячна постійна становить $1353 \text{ Вт} / \text{м}^2$, але це тепловий потік сонячного тепла, яке падає на землю з космосу. Величина прямої і розсіяної сонячної радіації на горизонтальну чи вертикальну поверхню при безхмарному небі на широті 52 пн. ш. опівдні дорівнює $800 \text{ Вт} / \text{м}^2$. Львів знаходиться на широті 49 пн. ш. і відповідно сонячна радіація на горизонтальну чи вертикальну поверхню при безхмарному небі дорівнює $900 \text{ Вт} / \text{м}^2$ у літні місяці. Приймемо коефіцієнт, що враховує відбиваючу здатність тіл (альbedo) і залежить від типу і кольору поверхні. У нашому випадку використовуємо коефіцієнт $0,7$. Поверхня вогнегасника має певну площу, яку ми визначимо далі, і він знаходиться під прямим сонячним випромінюванням (виходячи з необхідності врахування найгірших можливих умов).

Нагрівання поверхні сонячними променями виражається формулою [7]:

$$Q_{\text{пов}} = Q_{\text{сон}} \cdot S \cdot \mu, \quad (3)$$

де $Q_{\text{сон}}$ – потік сонячного випромінювання, $\text{Вт} / \text{м}^2$;

S – площа поверхні, що бере участь у випромінюванні тепла, м^2 ;

μ – коефіцієнт відбиття поверхні (альbedo).

Площа, що бере участь у випромінюванні тепла визначається за такою залежністю

$$S = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot (H + R), \quad (4)$$

де R – радіус вогнегасника, м;

H – висота вогнегасника, м.

Формула, за якою обчислюється кількість тепла, виглядає так:

$$Q = c \cdot m \cdot (T_2 - T_1), \quad (5)$$

Q – кількість тепла, Дж;

c – питома теплоємність речовини, Дж / кг · °С;

T_1 – початкова температура речовини, °С;

T_2 – кінцева температура речовини, °С.

Визначити час нагрівання вогнегасника на сонці можна користуючись стандартними фізичними формулами розрахунку потужності як швидкості зміни енергії:

$$N = c \cdot m \cdot (T_2 - T_1) / \tau, \quad (6)$$

де N – потужність нагрівання, Вт;

τ – проміжок часу, за який відбувається нагрівання, с.

Значимо, що $N = Q_{\text{пов}}$.

З формули (6) визначимо τ :

$$\tau = c \cdot m \cdot (T_2 - T_1) / N. \quad (7)$$

Проведемо за формулою (7) розрахунки та побудуємо на їх підставі графічну залежність.

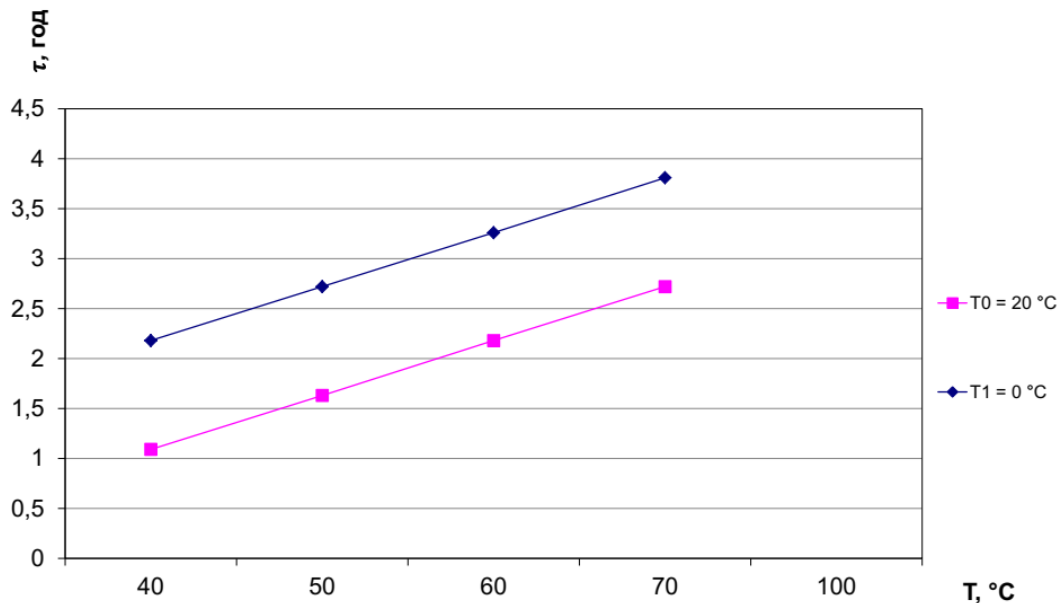


Рисунок 3 – Залежність температури нагрівання вогнегасника на сонці від часу: $T_0 = 20$ °С – початкова температура вогнегасника; $T_1 = 0$ °С – початкова температура вогнегасника

Отже, з графічних залежностей, які отримані на підставі розрахунків, бачимо, що вогнегасник нагрівається на сонці до певних температур за певний час, зокрема 70 °С досягається при початковій температурі 0 °С за час 3,81 год, а при початковій температурі 20 °С за час 2,72 год. Ці розрахункові дані не надто відрізняються від експериментальних. Але практичні дослідження показують, що нагрівання іде тільки до 70 °С, хоча розрахункові формули і дають час при 100 °С, вплив навколишнього середовища не дає можливості далі зростати температурі вогнегасника.

Доцільно також розрахувати час нагрівання водопінного вогнегасника до температур, які мають місце на певних відстанях від відкритого джерела полум'я. Роль джерела випромінювання виконує полум'я, яке розпалюється у деках за допомогою дизельного палива та бензину. При проведенні дослідів за допомогою зміни відстані від датчика до полум'я, визна-

чено залежність зміни потужності теплового потоку. Після проведення дослідів було визначено [8], що відстані та тепловий потік мають такі значення: 7 кВт/м² – 3,5 м; 40 кВт/м² – 1,2 м. Із залежності для енергетичної опроміненості можна визначити температуру на отриманих експериментальним шляхом даних, що включають відстані та тепловий потік. Відповідний вираз [9] матиме вигляд:

$$E = \frac{\sigma \cdot S \cdot \cos \alpha (T_2^4 - T_1^4)}{\pi \cdot r^2}, \quad (8)$$

де σ – стала Стефана-Больцмана ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м² · К⁴);

T_2 і T_1 відповідно абсолютні температури випромінювача абсолютно чорного тіла і навколишнього середовища, К;

S – площа випромінювання теплового потоку, м²;

α – кут падіння випромінювання;

r – радіус дека, м.

При малих кутах α і температурах T_2 , відчутно більших від температури T_1 , формула (8) спрощується:

$$E = \frac{\sigma \cdot S \cdot T_2^4}{\pi \cdot r^2}. \quad (9)$$

З формули (9) визначимо температуру маючи для цього всі необхідні дані:

$$T_2 = \sqrt[4]{\frac{E \cdot \pi \cdot r^2}{\sigma \cdot S}}. \quad (10)$$

З цієї залежності при тепловому потоці 7 кВт/м² на відстані 3,5 м отримуємо температуру $T_2 = 490,55$ К або 217,55 °С; а при тепловому потоці 40 кВт/м² на відстані 1,2 м – $T_2 = 1295,31$ К або 1022,31 °С.

Потужність випромінювання можна знайти за такою залежністю:

$$P = \alpha \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot S. \quad (11)$$

Час нагрівання вогнегасника до відповідних температур можна визначити за залежністю:

$$\tau = \frac{c \cdot m \cdot (T_2 - T_1)}{\alpha \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot S}. \quad (12)$$

Отже, з розрахунків за залежністю (12) отримаємо час $\tau_2 = 284,87$ с або 4 хв 45 с для температури $T_2 = 490,55$ К або 217,55 °С та $\tau_2 = 253,55$ с або 4 хв 14 с.

Виходячи з отриманих результатів перевіримо відповідно до закону Менделєєва-Клапейрона тиск газу при температурі 218 °С за відповідним рівнянням, для чого його запишемо:

$$p \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T, \quad (13)$$

де p – тиск, Па;

V – об'єм, м³;

m – маса, кг;

μ – молярна маса, г / моль;

R – універсальна газова стала, Дж / моль · К;

T – абсолютна температура, К.

Тиск газу визначається

$$p = \frac{m}{\mu \cdot V} \cdot R \cdot T. \quad (14)$$

За законом Дальтона тиск суміші газів визначається за залежністю у нашому випадку

$$p = p_1 + p_2. \quad (15)$$

Отже тиск повітря та води в газоподібному стані становитиме

$$p = \frac{R \cdot T}{V} \cdot \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right) = \frac{8,31 \cdot 491}{0,014} \cdot \left(\frac{0,099}{0,029} + \frac{9}{0,018} \right) = 144853210 \text{ Па} = 144,85 \text{ МПа}. \quad (16)$$

Звідси бачимо, що тиск газів при температурі 218 °С буде становити 144,85 МПа, і перевищуватиме допустимі значення тиску у багато разів, а це означає, що такий тиск просто розірве водопінний вогнегасник. При температурі 105 °С тиск газів становитиме 111,52 МПа. Тому бачимо, що використання водопінних вогнегасників за температури вище 100 °С стає небезпечним і закінчиться розривом вогнегасника. Для використання водопінних вогнегасників при температурі вище 100 °С їх необхідно обладнати запобіжними пристроями. Загалом це питання потребує більш глибокого дослідження як теоретичного, так і експериментального та встановлення безпечних умов використання.

Також вплив теплового випромінювання на організм людини має ряд особливостей, у порівнянні з ефектом високої температури повітря, що нагріває. Насамперед, це більш глибоке прогрівання, що призводить до підвищення температури шкіри, тканин і внутрішніх органів. До найважливіших наслідків теплового випромінювання варто віднести виникнення опіків. При використанні бойового одягу значна частина теплового випромінювання затримується ним і не досягає шкіри протягом деякого часу. Однак відсутність спеціальної тепловідбивної поверхні призводить до швидкого нагрівання одягу, що сприяє нагромадженню теплоти в організмі. У тепловідбивних і теплозахисних костюмах, які мають металізоване покриття, що відбиває променеве теплове випромінювання, організм пожежника деякий час не перегрівается при більш високому тепловому випромінюванні. Тому, якщо щільність теплового потоку в зоні роботи не перевищує 4,2 кВт/м², пожежники можуть працювати в бойовому одязі і касках із захисними щитками [10]. При більш інтенсивному тепловому променевому потоці робота повинна проводитись в ТЗК під прикриттям водяних розпиленних струменів, що перешкоджають проходженню променевої теплоти.

Умови середовища на пожежах по ступені небезпеки для пожежника можна умовно розділити на три зони [10]. Наведемо дві з них.

Перша зона – умови на достатньому віддаленні від фронту полум'я: температура не перевищує 60-70 °С, густина теплового опромінення – 1,2-4,1 кВт/м².

Друга зона – небезпечні умови всередині палаючого приміщення або поблизу фронту полум'я: верхня границя температури цієї зони близько 300 °С, густина теплового випромінювання – 4,2-14,0 кВт/м².

Робота пожежників у 2-й і 3-й зонах без дихальних апаратів і теплозахисного одягу може викликати ураження легень і опіки тіла, а також поверхневі uszkodження одягу. В усіх трьох зонах може наступити теплове ураження пожежників при досягненні ректальної температури тіла 38,6 °С і частоти серцевих скорочень – 170 хв⁻¹.

При температурі сухого повітря 150 °С дихання стає дуже важким, температура 160 °С викликає опік сухої шкіри через 30 с, а 180 °С – взагалі нестерпна. При густині теплового випромінювання 2 кВт/м² опік шкіри другого ступеня настає через 100 с, а при 10 кВт/м² – через 10 с [10].

Звідси можна зробити попередній висновок, що вогнегасник можна застосовувати з відстані, де температура не перевищує 100 °С, оскільки умови застосування будуть відносно безпечними.

Розглядаючи процес гасіння на рис. 4, можемо говорити про високу ефективність гасіння вогнегасниками ВВП-9. В процесі гасіння ми бачимо як піна низької кратності, отримана з плівкоутворювача Барс АFFF-1, покрила поверхню горіння.



Рисунок 4 – Гасіння макетного вогнища площею 10 м², вогнегасником водопінним ВВП-9(з) із зарядом «БАРС АFFF-1» з добавками

Висновки

1. Тиск в корпусі вогнегасника за умови нагрівання його до 100 °С не перевищує показників механічних та гідравлічних характеристик і не призведе до пошкодження вогнегасника. При нагріванні вогнегасника вище 100 °С – тиск в його корпусі перевищить показники механічних та гідравлічних характеристик, і це може призвести до руйнувань та деформацій вогнегасника.

2. Переносні водопінні вогнегасники закачного типу ВВП-9(з) можуть експлуатуватися без запобіжних пристроїв, оскільки їхні корпуси мають достатній запас міцності при температурі до 100 °С, вище цієї температури необхідно їх обладнувати запобіжними пристроями.

3. Водопінний вогнегасник ВВП-9, заправлений вогнегасними речовинами на основі Барс АFFF-1 володіє, вогнегасними ефектами: ізолювання горючих парів від зони горіння, охолодження зони горіння, інгібування полум'я, механічного збивання полум'я, що переважає в гасінні порошкові вогнегасники такого ж об'єму. Вогнегасна речовина у вогнегаснику замерзає при температурі –5 °С, із зменшенням об'єму речовини в корпусі. Вартість вогнегасника, розраховуючи на одиницю площі гасіння, найнижча.

4. Недоліком водопінних вогнегасників є неможливість гасіння об'єктів під напругою.

Визначення експлуатаційних характеристик водопінних вогнегасників із зарядами нових піноутворювачів потребує додаткових теоретичних та експериментальних досліджень, особливо в умовах підвищених температур та встановлення нових меж їх застосування. В подальшому планується проводити такі дослідження з метою покращення експлуатаційних властивостей та розширення меж застосування.

Список літератури:

1. Основи експлуатації вогнегасників / В. В. Ковалишин, І. Я. Кріса, О. Е. Васильєва, Я. Б. Кирилів. – Львів: «СПОЛОМ», 2011. – 303 с.

2. Ковалишин В. В. Тактико-технічні дії пожежно-рятувальних підрозділів при дистанційному гасінні пожежі парогазовою сумішшю / В. В. Ковалишин, Р. Я. Лозинський, Я. Б. Кирилів // Пожежна безпека: зб. наукових праць. – Л.: ЛДУБЖД МНС України, УкрНДІПБ МНС України, 2009. – №14. – С. 7 – 12.

3. ДСТУ 3789-2015 «Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».

4. ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».

5. Войтович Т.М. Дослідження впливу інгібіторів корозії на корозійну активність робочих розчинів піноутворювачів / Т. М. Войтович, В. В. Ковалишин, В. В. Кошеленко // Пожежна безпека: зб. наукових праць. – Л.: ЛДУБЖД, 2017. – №30 – С. 16 – 21.

6. ТУ У 29.2-41003720-001:2017 «Вогнегасники водопінні».
7. <http://2nature.me/node/9321>.
8. Ковалишин Вол. В. Визначення коефіцієнта безпечної роботи для різного типу захисного одягу пожежників / Вол. В. Ковалишин, А. Д. Кузик, В. В. Ковалишин // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності: зб. наукових праць. – Л.: ЛДУБЖД, 2014. – №9 – С. 143 – 149.
9. Козелкин В. В. Основы инфракрасной техники / В. В. Козелкин, И. Ф. Усольцев. – М.: Машиностроение, 1967. – 307 с.
10. Козяр М.М., Білінський Б.О. Статистичний аналіз причин та наслідків службового травматизму в підрозділах пожежної охорони МВС України // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2001, № 4.– С.131 – 135.

References:

1. Kovalyshyn, V. V., Krisa, I. Ya. et al. (2011), *Osnovy ekspluatatsiyi vohnehasnykiv* [Basics of the use of fire extinguishers], SPOLOM, Lviv, Ukraine.
2. Kovalyshyn, V. V., Lozyns'kyy, R. Ya. et al. (2009). Tactical and technical actions of the fire-rescue subdivisions while distant fire extinguishing by steam-gas mixture. *Pozhezhna bezpeka : zb. nauk. pr. (Fire safety : sci. res. j.)*, 14, 7-12, Ukraine.
3. DSTU 3789-2015 Pinoutvoriuvachi zahalnoho pryznachennia dlia hasinnia pozhezh. Zahalni tekhnichni vymohy ta metody vyprobuvan [Foam generators for fire fighting. General technical requirements and test methods].
4. DSTU 3675-98 Pozhezhna tekhnika. Vohnehasnyky perenosni. Zahal'ni tekhnichni vymohy ta metody vyprobuvan' [Fire fighting equipment. Fire extinguishers. General technical requirements and test methods].
5. Voytovych, T. M., Kovalyshyn, V. V. et al. (2017). Research on influence of corrosion inhibitors on corrosion activity of working solutions of foaming agents. *Pozhezhna bezpeka : zb. nauk. pr. (Fire safety : sci. res. j.)*, 30, 16-21, Ukraine.
6. ТУ У 29.2-41003720-001:2017 Vohnehasnyky vodopinni [Fire extinguishers water-foam].
7. <http://2nature.me/node/9321>.
8. Kovalyshyn, Vol. V., Kuzyk A. D. et al. (2014). Safe operation coefficient determining for different types of firefighters' protective clothing. *Bulletin of Lviv State University of Life Safety (Visnyk Lvivskogo derzhavnogo universytetu bezpeky zhyttiediialnosti)*, 9, 143-149, Ukraine.
9. Kozelkin, V. V. & Usol'tsev, Y. F. (1967), *Osnovy infrakrasnoy tekhniki* [Basics of infrared technology], Mashinostroyeniye, Moscow, USSR.
10. Kozyar, M. M. & Bilins'kyy, B. O. (2001). Statistical analysis of the causes and consequences of occupational injuries in the Fire Department of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine. *Naukovyi visnyk UkrNDIPB*, 4, 131-135, Ukraine.

