



Міністерство надзвичайних ситуацій України

**Академія пожежної безпеки
імені Героїв Чорнобиля**

№12'2012

***ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА:
ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА***

Збірник наукових праць

ББК 38.96

П 46

П 46 Пожежна безпека: теорія і практика : збірник наукових праць. – Черкаси : АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2012. – №12. – 135 с.

Редакційна колегія:

к.психол.н., професор *Кришталь М.А.* – головний редактор
к.пед.н., доцент *Капля А.М.* – заступник головного редактора
д.ф.-м.н., професор *Акіншин В.Д.* – науковий редактор
д.т.н., професор *Осипенко В.І.* – заступник наукового редактора
к.т.н., доцент *Поздєєв С.В.* – заступник наукового редактора
к.т.н. *Ковальов А.І.* – відповідальний секретар
д.т.н., професор *Ващенко В.А.*
д.психол.н., професор *Грибенюк Г.С.*
д.т.н., професор *Жартовський В.М.*
д.т.н., професор *Круковський П.Г.*
д.військ.н., професор *Мосов С.П.*
д.психол.н., професор *Охременко О.Р.*
к.психол.н., доцент *Бут В.П.*
к.т.н., доцент *Григор'ян Б.Б.*
к.т.н., доцент *Баракін О.Г.*
к.психол.н., доцент *Вареник В.В.*
к.психол.н., доцент *Теслюк П.В.*
к.т.н., доцент *Зайка П.І.*
к.т.н., доцент *Левченко А.Д.*
к.т.н., доцент *Стась С.В.*
к.т.н., доцент *Тищенко О.М.*
к.т.н., доцент *Цвіркун С.В.*
к.т.н. *Качкар Є.В.*
к.т.н. *Кириченко О.В.*
к.ф.-м.н., доцент *Виноградов А.Г.*
к.т.н., доцент *Маладика І.Г.*

***Рекомендовано до видання
Вченою радою Академії пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
(Протокол № 3 від 21.12.2012 р.)***

***Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 17574-6424 ПР, видане Міністерством юстиції України 21.03.11 р.***

***Включено ВАК до переліку фахових видань в галузі технічних наук, в яких можуть
публікуватись результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора
і кандидата наук (Постанова ВАК від 27 травня 2009 року № 1-05/2)***

За точність наведених фактів, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів.
При передрукуванні посилання на збірник «Пожежна безпека: теорія і практика» обов'язкове.

ЗМІСТ

<i>Абрамов Ю.А., Гвоздь В.М.</i> Математическое описание процесса тушения пожара класса В распыленной водой	4
<i>Биченко С.М., Качкар Є.В., Лук'яненко О.Ю., Шльончак І.А.</i> Обґрунтування впливу витрат повітря на номінальні параметри двигунів пожежних та аварійно-рятувальних автомобілів в умовах задимленого середовища	9
<i>Гвоздь В.М., Рыбка Е.А.</i> Динамические характеристики термического комплекса по определению теплофизических свойств строительных материалов	14
<i>Григорьян Б.Б., Цвиркун С.В., Григорьян Н.Б.</i> Определение характеристики огнезащитной способности покрытий «НАТРЕСК» и «ЭНДОТЕРМ 210104» для защиты металлических конструкций	18
<i>Дробінка І. Г., Тимошенко Д.О., Осадча О.М.</i> Дослідження розвитку властивостей уваги у майбутніх фахівців МНС України в процесі навчання (на прикладі групи студентів АПБ ім. Героїв Чорнобиля).....	24
<i>Жартовський С.В., Кришталь В.М., Маладика І.Г., Биченко А.О., Лавренко А.А.</i> Дослідження вогнегасних властивостей водного розчину ФСГ-2 при гасінні модельних осередків пожеж класу В	31
<i>Жартовський В. М., Магльована Т.В., Жартовський С.В.</i> Застосування полімерної поверхнево-активної речовини гуанідинового ряду з метою підвищення вогнегасних властивостей води.....	35
<i>Ковалев А.И.</i> Влияние погрешностей в измерении температур на точность определения теплофизических характеристик покрытий монолитных железобетонных перекрытий	41
<i>Крутолевич А.Н.</i> Оценка уровня психического и физического здоровья работников экстремальных служб	46
<i>Кузик А. Д., Ємельяненко С.О.</i> Оцінювання пожежного ризику у житлових будинках м. Львова через необережне поводження з вогнем.....	52
<i>Кузмицкий В.В., Пармон В.В., Асилбейли Р.Р., Сидоров Р.И.</i> Повышение эффективности систем тушения пожаров в резервуарах нефти и нефтепродуктов при подаче воздушно-механической пены низкой кратности в слой горючего	60
<i>Кукуєва В.В., Романюк Р.В.</i> Квантово-хімічне дослідження інгібувальних властивостей дихлортрифлуоретану.....	71
<i>Мосов С.П., Щербина В.С.</i> Стан питання щодо оцінювання рівня пожежної небезпеки адміністративно-громадських закладів з урахуванням зміни пожежонебезпечних навантажень	76
<i>Підгорний М.В., Огій О.В., Мельник В.П.</i> Розрахунок зовнішньої швидкісної характеристики дизельного двигуна для автомобілів, що перевозять особливо небезпечні вантажі.....	84
<i>Поздеев А.В., Некора О.В., Поздеев С.В., Семенчук А.Н.</i> Влияние модификаторов на механические характеристики бетона в условиях высокотемпературного нагрева	91
<i>Тесленко О.О., Бугайв А.Ю., Моргун О.М.</i> Надійність алгоритму визначення параметрів аварійного зливу небезпечної речовини	99
<i>Тищенко О.М., Дендаренко Ю.Ю., Блащук О.Д.</i> Визначення показників небезпечних факторів під час виникнення аварійних ситуацій на об'єктах зберігання зріджених вуглеводневих газів	103
<i>Цвиркун С.В., Заика П.И., Куценко С.В., Тупицкий В.М.</i> Обзор программных комплексов для расчета времени эвакуации людей из зданий и сооружений	110
Анотації / abstracts	115
Автори (алфавітний показчик).....	123
Вимоги до оформлення статей	124

УДК 614.8

Ю.А. Абрамов, д.т.н., проф., НУГЗУ,
В.М. Гвоздь, к.т.н., доц., ТУ МЧС Украины в Черкасской области

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ТУШЕНИЯ ПОЖАРА КЛАССА В РАСПЫЛЕННОЙ ВОДОЙ

Получены математические модели для процесса тушения пожара класса В распыленной водой в переменных «вход–выход» и в переменных состояниях.

Ключевые слова: пожар класса В, распыленная вода, передаточная функция, векторно-матричное уравнение.

Одним из направлений по совершенствованию систем автоматического пожаротушения (САП) является распространение методов технической кибернетики для решения задачи их синтеза [1]. В этой связи возникает проблема в создании комплекса математических моделей, адекватно описывающих процессы, протекающие в таких системах. В частности, это касается процессов, которые имеют место при воздействии огнетушащих веществ на очаг горения. Для переменных «вход-выход» в [2] применительно к пожару класса В, тушение которого осуществляется распыленной водой, получена математическая модель объекта управления САП в виде передаточной функции, которая имеет вид

$$W_1(p) = \frac{\theta(0, p)}{I(p)} = \frac{arK}{\lambda v(T_e - T_0)} [0,5 + (p + 0,25)^{0,5}]^{-1}, \quad (1)$$

где $\theta(0, p)$, $I(p)$ – изображение по Лапласу безразмерной температуры поверхности горячей жидкости и интенсивность подачи распыленной воды соответственно; a , v , λ – коэффициент температуропроводности, линейная скорость выгорания и теплопроводность горючей жидкости соответственно; r , K – теплота испарения и коэффициент использования воды; θ – безразмерная температура

$$\theta = (T_e - T)(T_e - T_0)^{-1}; \quad (2)$$

T_e , T_0 – температура кипения горючей жидкости и температура окружающей среды соответственно; T – температура горючей жидкости.

Использование выражения (1) для решения инженерных задач является проблематичным, т.к. оно представляет собой иррациональную функцию комплексной переменной p . Представление передаточной функции (1) в виде дробно-рациональной функции аргумента p возможно путем реализации одного из алгоритмов, приведенных в [3]. В частности, в [2] получено выражение для передаточной функции в виде

$$W_2(p) = \frac{arK}{\lambda v(T_e - T_0)} \left[1 + \sum_{i=1}^2 a_i p^i \right] \left[1 + \sum_{m=1}^3 b_m p^m \right]^{-1}, \quad (3)$$

где a_i , b_m – параметры, значения которых приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Значения параметров передаточной функции (3)

i	m	a_i	b_m
1		2,45	
2		0,65	
	1		3,42
	2		2,11
	3		0,097

Кроме переменных «вход-выход» для описания процессов, имеющих место при тушении пожара, в частности, пожара класса В с применением распыленной воды, могут быть использованы переменные состояния.

Получим математические модели объекта управления САП на примере пожара класса В при его тушении распыленной водой в пространстве состояний.

Запишем выражение (3) в виде формулы Мейсона

$$W_3(p) = \frac{arK}{\lambda\nu(T_e - T_0)} \left[\sum_{i=0}^2 c_i p^{i-3} \right] \left[1 + \sum_{j=0}^2 d_j p^{j-3} \right]^{-1}, \quad (4)$$

где c_i, d_j – параметры, значения которых приведены в табл. 2.

Передаточной функции (4) будет соответствовать графическая модель в виде сигнального графа в форме фазовой переменной, который представлен на рис. 1, где учтено обозначение $\theta_1 = \frac{\lambda\nu(T_e - T_0)}{raK} \theta$.

Таблица 2 – Значения параметров передаточной функции (4)

i	j	c_i	d_j
0		10,30	
1		25,24	
2		6,70	
	0		10,30
	1		35,23
	2		21,74

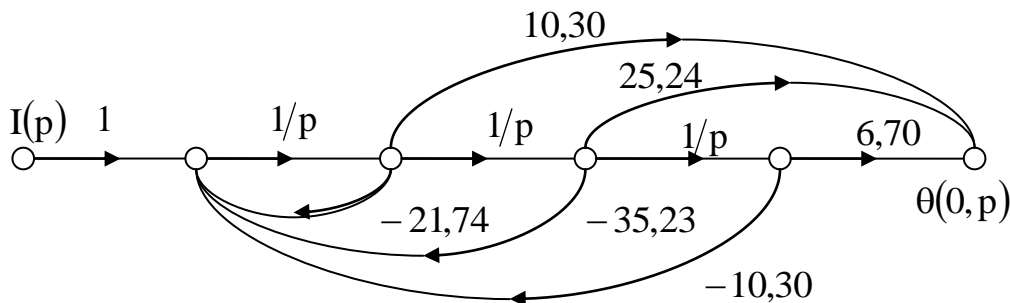


Рисунок 1 – Сигнальный граф объекта управления.

Такому сигнальному графу будет соответствовать векторно-матричная система уравнений в пространстве состояний

$$\frac{dx}{d\tau} = Ax + BI;$$

$$\theta = \frac{arK}{\lambda v(T_e - T_0)} \mathbf{C} \mathbf{x}, \quad (5)$$

где

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -10,30 & -35,23 & -21,74 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{C} = [10,30 \quad 25,24 \quad 6,70]; \quad (6)$$

$$\tau = v^2 a^{-1} t - \text{безразмерное время.} \quad (7)$$

Передаточной функции (4) можно поставить в соответствие сигнальный граф с многомерным входом – рис. 2.

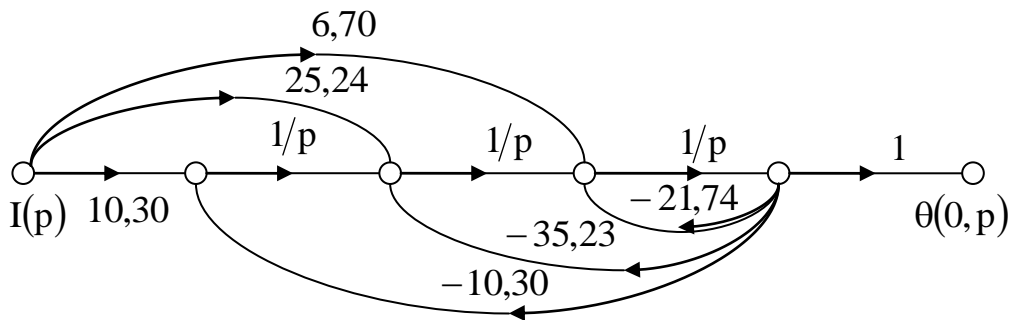


Рисунок 2 – Сигнальный граф объекта управления.

Такому сигнальному графу будет соответствовать векторно-матричная система дифференциальных уравнений в виде (5), где

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -21,74 & 1 & 0 \\ -35,23 & 0 & 1 \\ -10,30 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 6,70 \\ 25,24 \\ 10,30 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{C} = [10,30 \quad 25,24 \quad 6,70]. \quad (8)$$

Помимо графических моделей объекта управления САП, изображенных на рис. 1 и рис. 2, возможно представление сигнального графа такого объекта с развязанными переменными. С этой целью воспользуемся тем, что в [2] получено приближенное выражение для переходной функции пожара класса В при его тушении распыленной водой, имеющее вид

$$\theta(\tau) = \frac{arKI}{\lambda v(T_e - T_0)} \left[1 - \sum_{i=1}^3 v_i \exp(-\mu_i \tau) \right], \quad (9)$$

где v_i, μ_i – параметры.

Вследствие того, что справедливо соотношение

$$W_4(p) = I^{-1} L \left[\frac{d\theta(\tau)}{d\tau} \right], \quad (10)$$

где L – оператор интегрального преобразования Лапласа, то после подстановки (9) в (10) получим

$$W_4(p) = \frac{arK}{\lambda v(T_{\dot{\epsilon}} - T_0)} \sum_{i=1}^3 \gamma_i (p + \omega_i)^{-1}, \quad (11)$$

где γ_i , ω_i – параметры, значения которых приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Значения параметров передаточной функции (11)

i	γ_i	ω_i
1	0,087	0,38
2	0,639	1,36
3	6,468	21,56

Такой передаточной функции будет соответствовать сигнальный граф с развязанными переменными, изображенный на рис. 3.

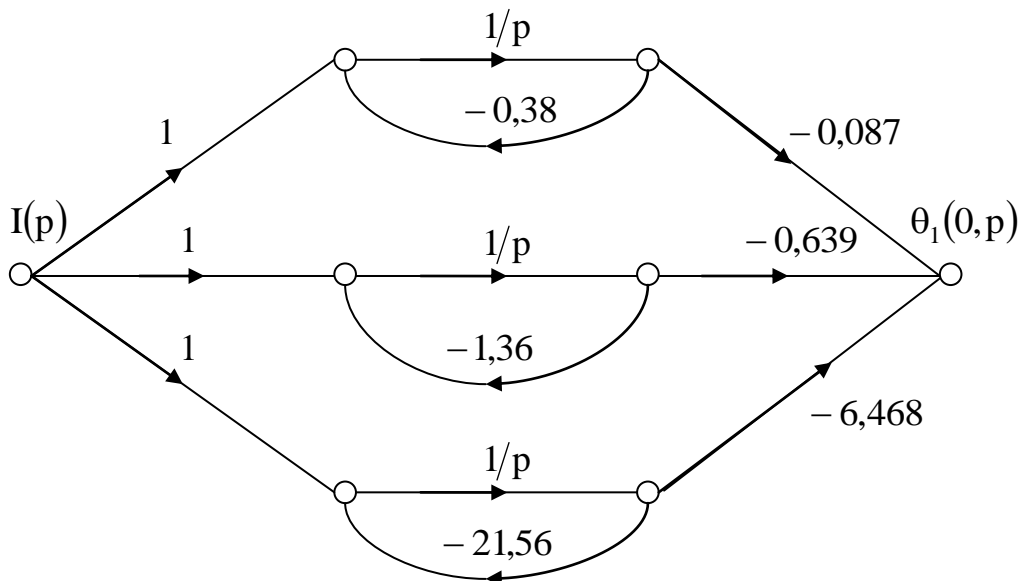


Рисунок 3 - Сигнальный граф объекта управления.

Векторно-матричная система дифференциальных уравнений в этом случае имеет вид (5), где

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -0,38 & 0 & 0 \\ 0 & -1,36 & 0 \\ 0 & 0 & -21,56 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{C} = [0,087 \quad 0,639 \quad 6,468]. \quad (12)$$

На рис. 4 в качестве примера приведены зависимости для переменных состояния x_i применительно к модели объекта управления САП (5) и (12) для случая, когда тушение пожара класса В осуществляется распыленной водой с постоянной интенсивностью подачи.

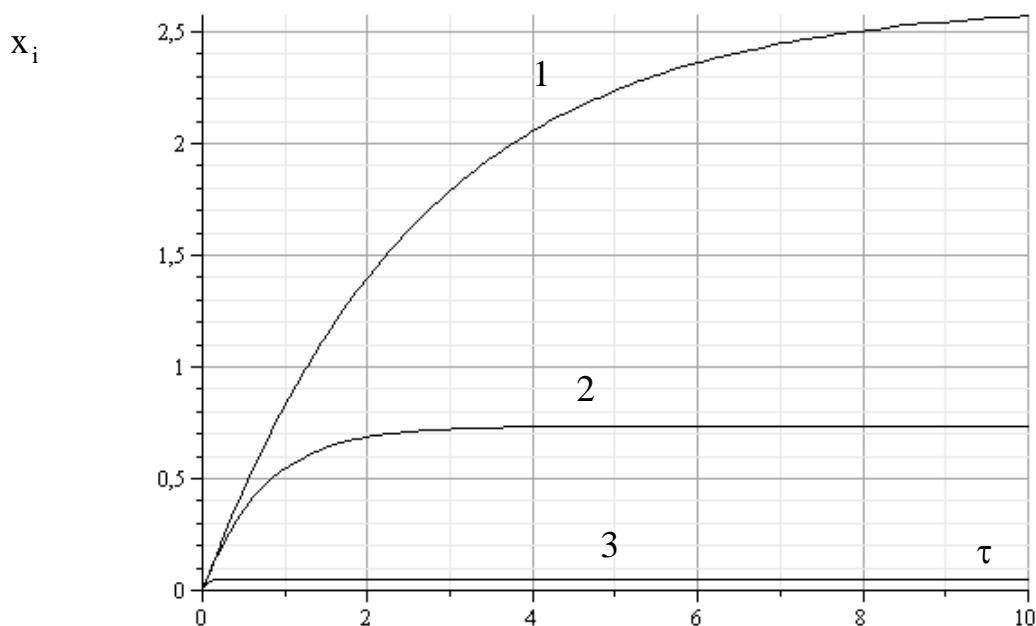


Рисунок 4 - Переменні стани об'єкта управління САП: 1 – x_1 ; 2 – x_2 ; 3 – x_3 .

Представлення математических моделей об'єкта управління САП на прикладі пожеги класу В при його тушенні розпиленою водою з використанням змінних стани відкриває можливість для рішення задач синтезу таких систем з використанням середовища Matlab, в якому основною робочою одиницею є матриця.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамов Ю.А. Алгоритм синтезу систем автоматического пожеготушення / Ю.А. Абрамов, В.П. Садкової. // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2006. – Вип. 36. – С. 199-202.
2. Абрамов Ю.А. Математическая модель об'єкта управління системи ослаблення наслідків чрезвычайних ситуацій / Ю.А. Абрамов, В.М. Гвоздь // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2012. – Вип. 16. – С. 3-8.
3. Абрамов Ю.А. Динаміческие характеристики пожеги класу В при його тушенні розпиленою водою / Ю.А. Абрамов // Пожежна безпека: теорія: практика. – Черкаси: АПБ, 2012. – С. 352-355.

УДК 614.841.332

С.М. Биченко, к.і.н., Є.В. Качкар, к.т.н., АПБ ім. Героїв Чорнобиля,
О.Ю. Лук'янченко, к.т.н., доц., І.А. Шльончак, ЧДТУ

ОБҐРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ ВИТРАТ ПОВІТРЯ НА НОМІНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ДВИГУНІВ ПОЖЕЖНИХ ТА АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ ЗАДИМЛЕНОГО СЕРЕДОВИЩА

У статті визначена й обґрунтована доцільність застосування датчиків витрати повітря під час роботи двигунів внутрішнього згорання пожежних та аварійно-рятувальних автомобілів в умовах задимленого середовища

Постановка проблеми. В умовах ліквідації пожеж, зокрема затяжних лісових пожеж та пожеж торфовищ, двигун внутрішнього згорання пожежного автомобіля часто працює в задимленому навколишньому середовищі. Це призводить до того, що реальна кількість повітря у горючій суміші може бути дещо більшою або меншою, ніж теоретична. Приймаючи до уваги дійсну кількість кисню, що міститься в оточуючому нас повітрі, відомо, що для повного згорання однієї вагової частини палива необхідно біля 15 вагових частинок повітря. Однак якісний склад горючої суміші (коефіцієнт надлишку повітря) змінюється, від чого залежать такі важливі параметри роботи двигуна, як потужність і питомі витрати палива [1, 2]. Тому є **актуальним** питання контролю витрат повітря двигуна внутрішнього згорання автомобіля при дослідженні контролю витрат якісного складу горючої суміші.

Згідно вимог ГОСТ 14846-99 випробування двигунів внутрішнього згорання передбачає контроль витрати повітря. В умовах стендових випробувань фіксацію витрат повітря двигуном здійснюють за допомогою різної вимірювальної апаратури. Найчастіше використовуються газові лічильники типу РГ. Їх модифікація залежить від витрат повітря двигуна, що випробовується. Через свої габаритні розміри, додаткове громіздке обладнання, необхідність проведення тарування та недостатню точність фіксації результатів випробувань, такі типи витратомірів поступово займають другорядне місце [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Все більшого поширення набувають витратоміри повітря з електронною фіксацією результатів. Вони вважаються більш точними, займають менше місця, простіші у конструкції та використанні і не потребують додаткових обрахунків, так як результати випробувань відображаються у цифровому вигляді [3]. Крім цього використання витратомірів повітря з електронною фіксацією результатів унеможливило пульсацію повітряних потоків, котрі виникають при роботі двигуна. Це дозволяє проводити випробування двигуна швидше, надійніше та точніше.

Враховуючи вищевказане, стає актуальним питання впровадження, під час стендових випробувань двигунів, витратомірів повітря із електронною фіксацією результатів.

Метою статті є аналіз існуючих датчиків витрат повітря для встановлення можливості їх використання у двигунах внутрішнього згорання пожежних та аварійно-рятувальних автомобілів в умовах стендових випробувань.

Постановка задачі та її розв'язок. Практично дослідити вплив витрат повітря на номінальні параметри двигунів пожежних та аварійно-рятувальних автомобілів в умовах задимленого середовища.

Існують різні конструкції датчиків витрати повітря, але найпоширеніші з них є датчики об'ємної витрати повітря (ДОВП), і датчики масової витрати повітря (ДМВП) [4].

ДМВП (рисунок 1) – це пристрій, що вимірює кількість повітря, яке надходить в циліндри двигуна. Датчик має пластмасовий корпус 1, виконаний у вигляді патрубку з прохідним перетином 60 мм у діаметрі, на кінцях патрубка встановлені захисні ґрати 2. У верхній частині датчика розміщена плата вторинного перетворювача, закрита герметичним

пластмасовим корпусом 3. У трубі корпусу розміщений чутливий елемент датчика і терморезистор 4.



Рисунок 1 – Витратомір повітря.

Датчик розміщується в моторному відсіку автомобіля та за допомогою гумових патрубків і хомутів кріпиться з одного боку до дросельного пристрою, а з іншого – до повітряного фільтру. При установці датчика слід дотримуватися його орієнтацію: стрілка, зображена на корпусі датчика, повинна співпадати з напрямом повітряного потоку до двигуна; орієнтація датчика навколо вертикальної осі повинна бути строго фіксована і збігатися з положенням датчика та рекомендаціями документації заводу-виробника. Після його установки необхідно виконати регулювання двигуна по СО на холостому ході.

ДМВП мають переваги над ДОВП, які полягають у безпосередньому вимірюванні масової витрати повітря, контролі температури і тиску атмосферного повітря. Внаслідок цього блок управління двигуном може більш точно розраховувати необхідну кількість палива, що впорскується. Крім того, конструкція ДМВП не має рухомих механічних частин, що збільшує точність датчика, зменшує його габарити та підвищує надійність.

ДОВП (рисунок 2) працюють за принципом зміщення повзунка потенціометра за допомогою вимірювальної лопаті. Ці датчики мають низьку надійність, оскільки їх конструкція включає рухливі механічні елементи.



Рисунок 2 – Датчик об'ємної витрати повітря потенціометричного типу.

Недоліком даних витратомірів є механічний знос резистивного шару та можливе підклинювання лопаті датчика. Причинами цього є знос опор лопаті, деформація (викривлення) лопаті через сильні удари у впускному колекторі або через забруднення повітряних каналів датчика.

Однак, кожен з цих датчиків, як будь-який вимірювальний прилад, має свою похибку, у результаті чого, розраховане значення масової витрати повітря може дещо відрізнятись від фактичних витрат [5].

Для підтримки стехіометричного співвідношення компонентів паливно-повітряної суміші потрібна точна інформація про кількість витрат всмоктуваного двигуном повітря.

Мірою витрат може бути як об'єм, так і маса. Залежно від цього розрізняють два способи визначення витрат повітря механічний та тепловий [6].

Механічний спосіб базується на вимірюванні об'єму повітря пропорційного переміщенню заслінки.

Тепловий спосіб передбачає вимірювання маси повітря відповідно до зміни температури чутливого елемента.

На даний час механічні витратоміри на двигуни внутрішнього згорання не встановлюються. Більш досконалі є витратоміри, принцип дії яких базується на тепловому способі визначення масової витрати повітря. Такі витратоміри називають термоанемометричними, що в перекладі з грецького «анемія» означає – вітер. Вони не мають рухомих механічних частин, характеризуються високою швидкістю, точністю і в силу особливості конструкції не залежать від температури повітря. Термоанемометричний витратомір повітря використовується в сучасних системах упорскування бензинових і дизельних двигунів, в тому числі в системі безпосереднього впорскування палива.

На двигуні марки DONG FENG ДМВП не передбачений заводом – виробником, тому при стендових випробуваннях для фіксації повітря, яке використовується двигуном, потрібна вимірювальна апаратура типу газових лічильників [5]. Дані лічильники через свої габаритні розміри, додаткове громіздке обладнання, не дають відповідну точність при фіксації результатів. Тому, більш доцільно встановлювати витратомір повітря з електронною фіксацією результатів. ДМВП даного типу набувають все більшого поширення, вони мають значні переваги над лічильниками РГ. Витратоміри вважаються більш точними, не потребують громіздкого обладнання, займають менше місця, мають просту конструкцію, кращі у використанні та не потребують додаткових обрахунків, так як результати випробувань відображаються у цифровому вигляді. Ці переваги дозволяють проводити випробування двигуна набагато швидше, надійніше та точніше.

Конструктивно ДМВП є складовою частиною системи керування двигуном. Існують такі електронні системи керування, в складі яких витратоміри повітря не використовується, а його функції виконує датчик тиску повітря у впускному трубопроводі.

Залежно від конструкції чутливого елемента розрізняють такі види термоанемометричних витратомірів: дровий витратомір повітря (Hot Wire MAF Sensor) та плівковий витратомір повітря (Hot Film Air Flow Sensor, HFM).

Основою дрового термоанемометричного витратоміра повітря є чутливий елемент – платинова нагрівна нитка. Робота витратоміра побудована на підтримці постійної температури платинової нитки за рахунок нагріву електричним струмом. При русі потоку повітря через датчик, чутливий елемент охолоджується. Нитка нагрівається електричним струмом, а за допомогою термодатчика та схеми керування датчика її температура вимірюється і підтримується постійною. Якщо через датчик потік повітря збільшується, то платинова нитка починає охолоджуватися, схема керування датчика збільшує струм нагріву нитки, поки температура її не відновиться до початкового рівня, таким чином величина струму нагріву нитки пропорційна витраті повітря. Вторинний перетворювач датчика перетворює струм нагріву нитки у вихідну напругу постійного струму. Між вихідною напругою і масовою витратою повітря існує нелінійна залежність, яка враховується електронним блоком керування двигуном.

Для запобігання забруднення чутливого елемента в роботі дрового витратоміра передбачений режим самоочищення, при якому на непрацюючому двигуні платинова нитка короткочасно нагрівається до температури 1000° С з імпульсом струму протягом 1 секунди. Формує імпульс електронний блок керування. Необхідно відзначити, що в ході експлуатації витратоміра товщина платинової нитки зменшується, що призводить до зниження точності вимірювань.

Даного недоліку позбавлений плівковий витратомір повітря, який прийшов на зміну дрового. Принцип дії плівкового витратоміра аналогічний дровому. Основна відмінність полягає в конструкції чутливого елемента. Чутливий елемент плівкового витратоміра повітря

являє собою кристал кремнію, на який нанесено декілька тонких платинових шарів резисторів: нагрівального резистора, двох терморезисторів, резистора датчика температури повітря. Чутливий елемент розташований в спеціальному повітряному каналі. Висока швидкість потоку повітря запобігає потраплянню в канал великих частинок бруду і забруднення чутливого елемента. Конструкція повітряного каналу дозволяє визначати масу як прямого, так і зворотного (відбитого від закритих клапанів) потоку повітря, що збільшує точність вимірювання. Нагрівальний резистор підтримує певну температуру чутливого елемента. За різницею температур на терморезисторах визначається маса всмоктуваного повітря і напрям повітряного потоку. Вихідним аналоговим сигналом витратоміра є напруга постійного струму. Результати фіксуються у цифровому вигляді на екрані ЕОМ.

При діагностиці ДМВП за допомогою осцилограми (рисунок 3), швидкість реакції датчика може бути перевірена на режимі короткочасного збільшення обертів двигуна до 2500 об/хв [6]. При проведенні перевірки швидкості реакції ДМВП на даному режимі, осцилограма вихідного сигналу датчика повинна бути записана. У це момент відбувається наступне: поки двигун працює на холостих обертах без навантаження, повітря, яке заповнює впускний колектор сильно розріджене, тому що приплив повітря сильно обмежений дросельною заслінкою і клапаном холостого ходу.

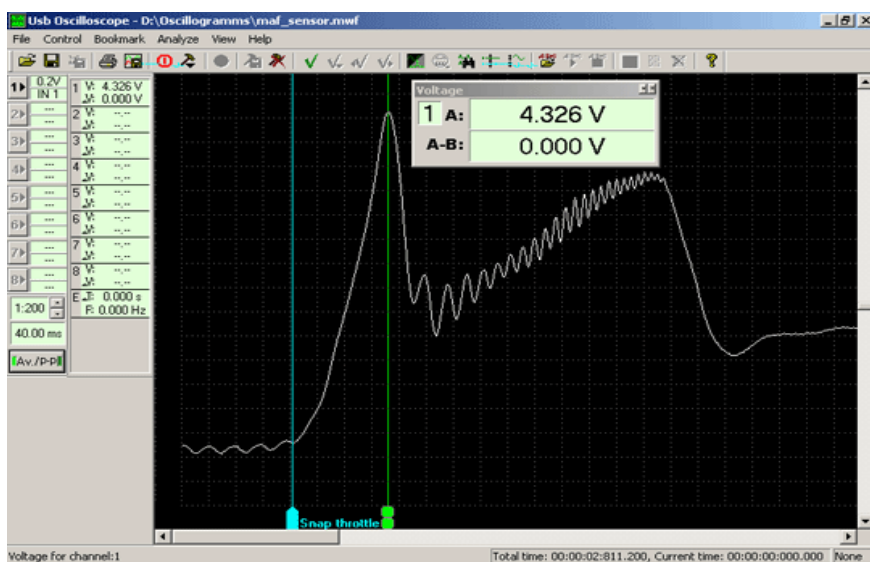


Рисунок 3 – Осцилограма вихідної напруги датчика масової витрати повітря при короткочасному збільшенні обертів двигуна до 2500 об/хв.

Абсолютний тиск у впускному колекторі при цьому нижче атмосферного на 0,6 ~ 0,7 Бар. При різкому збільшенні подачі палива, повітря різко спрямовується у впускний колектор і швидко заповнює об'єм колектора до тих пір, поки абсолютний тиск в ньому не досягне значення близького до атмосферного. Цей процес відбувається дуже швидко, внаслідок чого потік повітря через ДМВП в цей момент досягає значення, близького до витрати повітря при роботі двигуна на максимальному навантаженні. Після того як абсолютний тиск у впускному колекторі досягає значення близького до атмосферного, потік повітря, що протікає через ДМВП стає пропорційним до обертів двигуна. Максимальне значення напруги вихідного сигналу ДМВП відразу після різкої подачі палива має сягати значення близького до витрати повітря в роботі двигуна на максимальному навантаженні. Для ДМВП виробництва BOSCH HFM5 напруга вихідного сигналу має короткочасно зрости вище 4V.

Проаналізувавши сучасний стан контролю витрат повітря двигунів внутрішнього згорання в умовах їх випробовування, можна зробити наступні **висновки**:

1. Лічильники типу РГ недоцільно використовувати витрати повітря під час роботи двигунів внутрішнього згорання через те, що точність фіксації результатів стендових випробувань ДВЗ знижується.
2. Датчики масових витрат повітря характеризуються високою швидкістю та значно прискорюють обробку результатів стендових випробувань двигунів.
3. З точки зору надійності, точності та ефективності проведення стендових випробувань, найбільш доцільно на двигунах внутрішнього згорання застосовувати датчики масових витрат повітря, так як вони володіють безумовними перевагами перед своїми аналогами та дозволяють знизити витрати пального при роботі автомобіля в задимленому середовищі на 8%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підручник. – Київ: Арістей, 2007. – 476 с.
2. Сирота В.І. Основи конструкції автомобілів Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2005. – 280 с.
3. Соснин Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматизации современных легковых автомобилей: Учебное пособие / Д.А. Соснин - М.: Солон-Р, 2005. – 272 с.
4. Испытания двигателей внутреннего сгорания / Б.С. Стефановский, Ю.М. Доколин, В.П. Сорокин – М.: Машиностроение, 1972. – 368 с.
5. Пилипенко О.М., Тригуб О.А., Шльончак І.А. Вибір та обґрунтування раціональних параметрів дизеля СУ4102BZLQ, що працює на бінарних паливах // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2009. – С. 120-123.
6. Гутаревич Ю.Ф., Корпач А.О. Випробування двигунів внутрішнього згорання: Навчальний посібник. – Київ: НТУ, 2002. –191 с.

УДК 699.61

В.М. Гвоздь, к.т.н., доц., ТУ МНС в Черкасской области, Е.А. Рыбка, НУГЗУ

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проведено изучение динамических характеристик термического комплекса, полученных экспериментально и в результате идентификации, а также определена погрешность рассогласования между ними.

Ключевые слова: предел огнестойкости, термический комплекс, динамические характеристики, передаточная функция, погрешность рассогласования.

Постановка проблемы. При строительстве зданий промышленного, общественного и жилого назначения в проекте всегда оговаривается степень огнестойкости объекта, которая предусматривает проведение целого комплекса противопожарных мероприятий.

Существует два основных подхода к определению пределов огнестойкости строительных конструкций. Первый подход основан на проведении натурных огневых испытаний. Второй – предусматривает применение расчетных методик, которые имеют меньшую стоимость, трудоемкость, и не требуют дорогостоящего громоздкого экспериментального оборудования. Наряду с развитием расчетных методов требует решения проблема усовершенствования испытательного оборудования для их реализации.

Анализ последних исследований и публикаций. Современные малоразмерные печи [1-4] для определения теплофизических характеристик строительных материалов представляют собой прямоугольные камеры объемом до 1 м^3 с электрической или огневой системой нагрева рабочего пространства. Большинство данных печей имеют простую систему управления нагревательным устройством, что препятствует корректной реализации необходимых законов изменения температуры в их рабочем пространстве.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является определение динамических характеристик термического комплекса, который представляет собой цилиндрическую печь с системой управления [5] и набором термоэлектрических преобразователей типа ТХА-210. Нагрев рабочего пространства печи обеспечивается за счет 12 карбидокремниевых нагревательных элементов типа КЕН А 8/300/150.

При проведении поискового эксперимента производилось исследование изменения температуры в осевом направлении и по окружности рабочей зоны печи. Установлено, что в печи создается осесимметричное температурное поле, что указывает на возможность измерения температуры только в радиальном направлении.

Экспериментальное изучение динамических свойств термического комплекса проводилось при условии импульсного электропитания нагревателей и постоянным по величине воздействии системы управления. В этом случае зависимость температуры t в некоторой точке рабочего пространства печи от времени τ представляет собой локальную переходную функцию.

Регистрация показаний термопар производилась с использованием персонального компьютера с интервалом 20с. Анализ экспериментальных данных, представленных в виде зависимости 1 на рис. 1, свидетельствует о том, что в первом приближении динамические свойства термического комплекса могут описываться моделью вида

$$h(\tau) = 1 - \exp\left(-\frac{\tau}{T}\right), \quad (1)$$

где T – параметр, который является постоянной времени термического комплекса, с.

Для идентификации параметра T возможно использование ряда способов [6-8], которые предлагают применение дифференцирующих или интегрирующих операторов к зависимости 1, представленной на рис. 1.

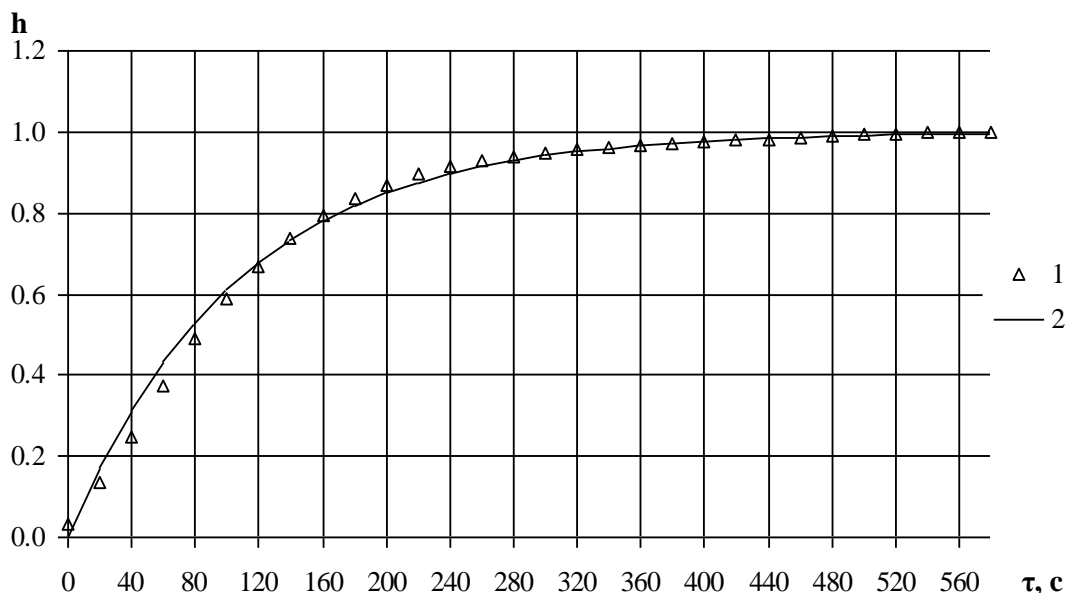


Рисунок 1 – Динамические характеристики термического комплекса:

- 1 - полученные экспериментальным путем;
- 2 - полученные в результате идентификации.

Вследствие достаточно большой чувствительности к вариации $h(t)$, предпочтение при определении параметра T следует отдать способу, основанному на использовании интегральной зависимости вида

$$T = \int_0^{\infty} [1 - h_9(T)] d\tau. \quad (2)$$

Численное интегрирование зависимости $h_9(\tau)$, приведенной на рис. 1, дает $T = 103,8с$. На рис. 1 приведена зависимость 2 при $T = 103,8с$, а на рис. 2 – график зависимости $\delta = |h_9(\tau) - h(\tau)|$, то есть погрешности рассогласования между динамическими характеристиками термического комплекса, полученными экспериментально и в результате процедуры идентификации.

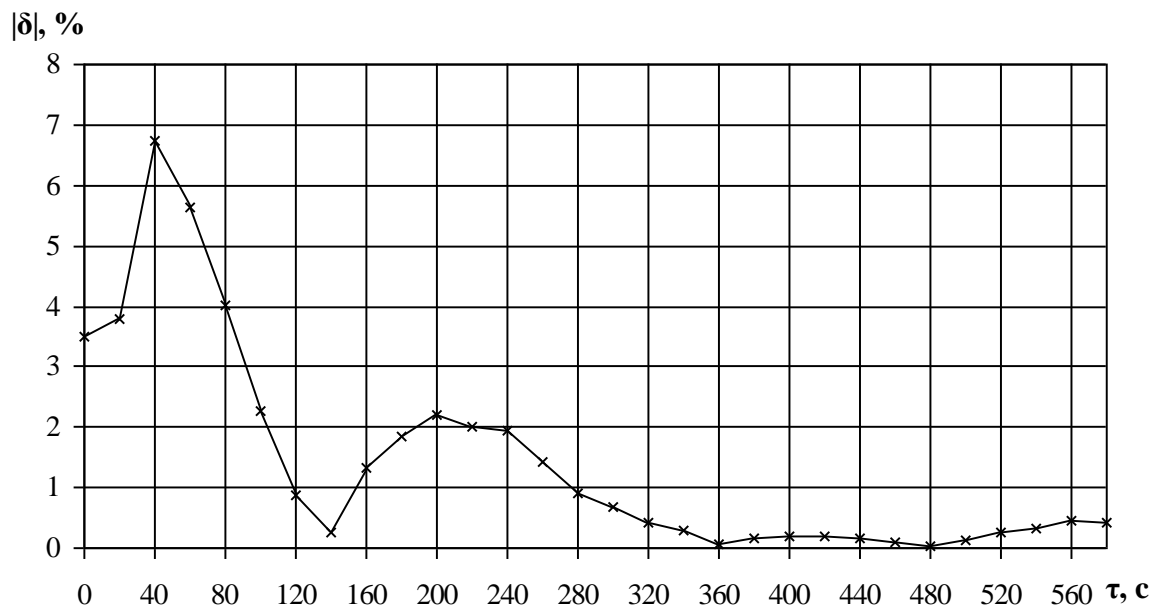


Рисунок 2 – Погрешности рассогласования между динамическими характеристиками термического комплекса $h_s(t)$ и $h(t)$.

Из анализа этой зависимости следует, что максимальное значение погрешности рассогласования не превышает 6,8%.

По своему смыслу зависимость (1) представляет собой переходную функцию термического комплекса, которой соответствует передаточная функция

$$W(p) = (Tp + 1)^{-1}. \quad (3)$$

Следует заметить, что имеет место

$$W(p) = W_T(p)W_o(p), \quad (4)$$

где $W_T(p)$ и $W_o(p)$ переходные функции термодатчика (термопары) и нагревательного устройства с системой управления соответственно.

Выводы. Полученные зависимости открывают возможность для формирования требований к управляющим воздействиям для реализации требуемого закона изменения температуры в рабочем объеме печи. Дальнейшие исследования будут направлены на идентификацию передаточных функций $W_T(p)$, $W_o(p)$ и уточнение $W(p)$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Круковский П.Г. Определение теплофизических характеристик вспучивающегося покрытия по данным испытаний на огнестойкость / П.Г. Круковский, С.В. Цвиркун // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2005. – №1(11). – С. 5-13.
2. Определение теплоизолирующих свойств огнезащитных покрытий по металлу: Методика. – М.: ВНИИПО, 1998. - 19 с.
3. Огнезащитные составы для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности: НПБ 236-97. – [Действующий с 1997-06-01, введены в действие приказом ГУГПС МВД РФ от 29 апреля 1997 г. N 25] –М., 1997. – 8 с.
4. Поздеев А.В. Урахування впливу модифікаторів бетону залізобетонних балок при розрахунковому визначенні їх вогнестійкості: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.02 “Пожежна безпека” / А.В. Поздеев. – Київ, 2012. – 22с.

5. Андронов В.А. Лабораторна установка для визначення вогнезахисних властивостей реактивних вогнезахисних покриттів для металевих конструкцій / В.А. Андронов, Є.О. Рибка // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: УГЗУ, 2009. – Вып. 26. – С. 3 – 11.

6. Балакирев В.С. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов / В.С. Балакирев, Е.Г. Дуднопов, А.М. Цирлин. – М.: Энергия, 1968. – 342с.

7. Абрамов Ю.А. Терморезистивные тепловые пожарные извещатели с улучшенными характеристиками и методы их температурных испытаний / Ю.А. Абрамов, В.М. Гвоздь. – Х.: УГЗУ, 2005. – 121с.

8. Власов – Власюк О.Б. Экспериментальные методы в автоматике / О.Б. Власов – Власюк. – М.: Машиностроение, 1969. – 348с.

УДК 614.841

Б.Б. Григорьян, к.т.н., доц., С.В. Цвиркун, к.т.н., доц., Н.Б. Григорьян,
АПБ им. Героев Чернобыля

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОГНЕЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОКРЫТИЙ «НАТРЕСК» И «ЭНДОТЕРМ 210104» ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Определены коэффициент теплопроводности, теплоемкости и зависимости (номограммы) толщины огнезащитного материала «Натреск» и «Эндотерм 210104» от приведенной толщины металла (характеристики огнестойкости) в диапазоне огнестойкостей 90, 120, 180 мин, полученных по данным огневых испытаний.

Ключевые слова: огнезащитный материал, характеристика огнезащитной способности, теплофизические характеристики.

Анализ последних достижений и публикаций. Конструкции из металла получили широкое распространение в строительной индустрии. Металлические фермы, балки имеют высокую прочность, но обладают высокой чувствительностью к воздействию огня и перепадам температур. В зависимости от толщины металла и действующих нагрузок, предел огнестойкости конструкций составляет от 5 до 15 минут. Между тем, нормативная документация требует, чтобы данный предел составлял от 30 минут до 2,5 часов в зависимости от предназначения здания. Достичь подобных результатов можно только с помощью использования огнезащитных материалов, нанесенных на защищаемую поверхность.

Методы определения огнезащитной способности покрытий на металлических конструкциях описаны в приложениях стандарта [1] и отображены в работах известных ученых: Новака С.В., Харченко И.А., Круковского П.Г., Страхова В.Л., Цвиркуна С.В. и др. Анализ рекомендуемых в стандарте методов для инженеров-проектировщиков не дает четкой рекомендации в выборе того или иного метода определения огнестойкости металлических конструкций, не определяет границы применимости этих методов и не указывает их точность, что делает применение стандарта не однозначным и затруднительным для применения.

Их условно можно разделить на группы по признаку используемой математической модели процесса теплопроводности в системе «покрытие - исследуемые образцы» и признаку используемого метода решения обратной задачи теплопроводности для определения теплофизических характеристик покрытия. Эта группа условно состоит из 3 методов:

1. Методы, в которых математическая модель процесса теплопроводности и методы решения обратной задачи теплопроводности не используются. К таким методам относятся метод графического анализа и метод числовой регрессии.

2. Методы, в которых используются упрощенные математические модели процесса теплопроводности и методы решения обратной задачи теплопроводности. К таким методам относятся методы решения дифференциального уравнения.

3. Метод, в котором используется уточненная математическая модель процесса теплопроводности и общий метод решения обратной задачи теплопроводности [4].

Изложение основного материала исследования. Для определения характеристики огнезащитной способности покрытий «Натреск» и «Эндотерм 210104» были проведены испытания, общая схема которых состояла в нагреве стальных двутавровых колон с различной приведенной толщиной металла и нанесенным на поверхность огнезащитным

покрытием при стандартном температурном режиме пожара. В испытательных огневых печах были испытаны наборы двутавровых колонн с нанесенными на них огнезащитными покрытиями «Натреск» и «Эндотерм 210104». Огнезащитное покрытие наносилось на все стороны поверхности металлических конструкций. Толщина покрытия составляла 10, 35, 60 мм для «Натреск» и 20, 40, 60 мм для «Эндотерм 210104». На каждой колонне температуру измеряли термопарами, расположенными между металлической и огнезащитной поверхностью в плоскости их контакта. Показания термопар для каждого из образцов усреднялись [5-6].

Для определения характеристики огнезащитной способности (ХОС) огнезащитных материалов «Натреск» и «Эндотерм 210104» использовали две методики: методика, основанная на полной дифференциальной модели теплопроводности, и метод числовой регрессии [1].

При применении метода решения дифференциального уравнения с переменными значениями теплопроводности и теплоемкости оценка проводится во всем диапазоне температур. В методе с постоянным значением теплопроводности оценка проводится при температурах 350 °С и выше. При этом должно быть испытано минимум 10 стальных коротких колонн. Если необходимы дополнительные точки, то исходные данные должны быть дополнены испытаниями 8 или 16 образцов. В этих методах (см. [1], приложение Е, Д) алгоритм весьма труден для понимания, часто расходится, реализуется с помощью ПЭВМ и вычислительных сред типа EXEL, MATCAD, MATLAB и т.д. или программ, написанных с помощью языков программирования. Данный метод весьма приближенный вследствие необходимости задания теплоемкости огнезащитного материала (теплоемкость материала задается константой и не ищется) и часто плохой сходимостью алгоритма. Методика позволяет находить постоянную теплопроводность огнезащитного материала только при температурах свыше 350 °С. Всего в стандарте [1] приводятся 4 таких метода, с помощью которых также определяются теплофизические характеристики (теплопроводность и теплоемкость) огнезащитных материалов.

Для определения коэффициентов теплопроводности и удельной объемной теплоемкости покрытий по данным измерений использовался также расчетно-экспериментальный подход, основанный на решении обратных задач теплопроводности (ОЗТ) [2-3]. Для этого использовалась компьютерная модель [3] теплового состояния исследуемой двухслойной конструкции, позволяющая рассчитать распределение температур во всех пространственных точках слоев во времени и, в частности, в точках расположения термопар при стандартном температурном режиме пожара.

Для описания нагрева двухслойного образца [1] в условиях испытаний на огнестойкость при нагреве в огневой печи обычно используется дифференциальная математическая модель теплопроводности, которая в общем виде имеет вид, представленный ниже.

$$c(x, T) \cdot \rho(x, T) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(x, T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) \quad (1)$$

$$0 < x < x_2; T = T(x, t) ,$$

$$c_v = \begin{cases} c_{vm}, 0 \leq x \leq x_1 \\ c_{vc}, x_1 < x \leq x_2 \end{cases}, \quad \lambda = \begin{cases} \lambda_m, 0 \leq x \leq x_1 \\ \lambda_c, x_1 < x \leq x_2 \end{cases} ,$$

$$T(x, 0) = T_0, \quad (2)$$

$$\lambda_m \frac{\partial T(0, t)}{\partial x} = 0, \quad (3)$$

$$\lambda_c \frac{\partial T(x_2, t)}{\partial x} + \alpha^* (T_s(t) - T(x, t)) = 0, \quad (4)$$

$$\alpha^* = \alpha_c + \frac{C_0 \varepsilon}{T_s(t) - T(x_2, t)} \left\{ \left[\frac{T_s(t)}{100} \right]^4 - \left[\frac{T(x_2, t)}{100} \right]^4 \right\},$$

где c – теплоемкость, ρ – плотность, λ – коэффициент теплопроводности, T – температура, t – время, x – координата, α_c – коэффициент теплоотдачи, C_0 – излучательная способность абсолютно черного тела ($C_0 = 5,67$), ε – коэффициент теплового излучения системы "нагревающая среда – обогреваемая поверхность огнезащитного покрытия"; T_s – температура нагревающей среды; T_0 – начальная температура; индексы "1", "2" определяют, что рассматриваемые параметры относятся к материалу слоя металла и слоя огнезащитного покрытия, соответственно.

Модель (1)-(4) была реализована численно на основе метода конечных разностей. Коэффициент конвективного теплообмена от горячих газов в печи к нагреваемой поверхности покрытий принимался равным $25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, степень черноты нагреваемой поверхности покрытий принималась равной $0,5$. Коэффициент теплопроводности стальной плиты принимался равным $45 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, а удельная объемная теплоемкость – $4,71 \cdot 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$. Количество узлов численной модели составляло 26 узлов по пространственной координате с шагом по времени 10 сек.

Специальный итерационный метод и программа, описанные в [2-3], позволяют находить эти теплофизические характеристики как константами, так и функциями, зависящими от температур. Общий подход к решению обратных задач по определению эффективных коэффициентов теплопроводности и теплоемкости покрытий заключается в выборе таких коэффициентов, которые дают расчетные температурные кривые, полученные с помощью моделей, как можно более близкие к соответствующим экспериментальным значениям температур во времени для разных образцов.

Математически методика заключается в минимизации критерия [2-3].

$$\phi = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [T_i^{\text{Э}} - T_i^{\text{P}}(\lambda, C)]^2} \longrightarrow \min, \quad (5)$$

где $T_i^{\text{Э}}$ – экспериментальные значения температур, T_i^{P} – расчетные значения температур в точках расположения термопар, n – общее количество точек измерений температур в пространстве и во времени.

Процедура решения обратных задач позволяет использовать результаты нескольких испытаний (экспериментов) одновременно. Одновременное использование нескольких экспериментальных данных позволяет резко повысить устойчивость (отсюда и точность) решения обратных задач, особенно в условиях ограниченного объема экспериментальных данных.

Метод числовой регрессии использует данные температуры на образцах, их толщины, коэффициенты сечения и времени. Определять ТФХ в данной методике нет необходимости. Решение должно проводиться при температуре 350°C и выше. Должно быть испытано минимум 10 коротких стальных колонн. Если необходимо, то подвергают испытанию дополнительно 8 или 16 образцов. Конечная формула в виде регрессии понятна и реализуется с помощью ПЭВМ и вычислительных сред типа EXEL, MATCAD, MATLAB и т.д. или программ, написанных с помощью языков программирования. Регрессия имеет вид:

$$t = a_0 + a_1 d_p + a_2 \frac{d_p}{V/A} + a_3 \theta_{SC} + a_4 d_p \theta_{SC} + a_5 d_p \frac{\theta_{SC}}{V/A} + a_6 \frac{\theta_{SC}}{V/A} + a_7 \frac{1}{V/A}, \quad (6)$$

где: d_p – толщина огнезащиты, м; θ_{SC} – температура образца, $^\circ\text{C}$; V/A – приведенная толщина металла, м; t – время, мин; $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$ – константы.

Использование данного метода понятно и доступно, не требует дополнительной подготовки и знания специального программного обеспечения.

В работе [5-6] проводился сравнительный вычислительный эксперимент по использованию методов стандарта [1], но целью данной статьи есть проверка работоспособности методики на натуральных образцах и сравнение полученных ХОС.

Нахождение ХОС материала «Натреск» и «Эндотерм 210104» проводится при проектной температуре 500°C по [1].

Путем решения уточненных дифференциальных уравнений теплопроводности (6) с полученными константами были также определены зависимости приведенной толщины металла от толщины огнезащитного материала «Натреск» и «Эндотерм 210104» для различных значений огнестойкостей (рис. 1,2).

Проведя расчеты методом, основанным на решении уточненного дифференциального уравнения теплопроводности, были получены следующие значения ТФХ огнезащитных покрытий:

«Эндотерм 210104» – коэффициент теплопроводности 0,15 Вт/(м·К), удельная объемная теплоемкость $1 \cdot 10^6$ Дж/(м³·К). Среднеквадратичное отклонение значений температур (экспериментальных и расчетных) составило 31,09 °С;

«Натреск» – коэффициент теплопроводности 0,11 Вт/(м·К), удельная объемная теплоемкость $3,4 \cdot 10^5$ Дж/(м³·К). Среднеквадратичное отклонение значений температур (экспериментальных и расчетных) составило 55,96°С.

Имея результаты огневых испытаний экспериментальных образцов, был также использован метод числовой регрессии [1], как альтернативный метод оценки характеристики огнезащитной способности материала.

Решив уравнение (6) были найдены константы:

- для материала «Натреск» $a_0 = 2,18 \cdot 10^{-4}$, $a_1 = 0,02$, $a_2 = -2,779 \cdot 10^{-5}$, $a_3 = 0,109$, $a_4 = 9,863$, $a_5 = -0,014$, $a_6 = -3,758 \cdot 10^{-4}$, $a_7 = -7,516 \cdot 10^{-7}$;

- для материала «Эндотерм 210104» $a_0 = -5,77$, $a_1 = 0,34$, $a_2 = 0,43$, $a_3 = -0,033$, $a_4 = 3,8 \cdot 10^{-3}$, $a_5 = -1,4 \cdot 10^{-5}$, $a_6 = 0,013$, $a_7 = -8,82$.

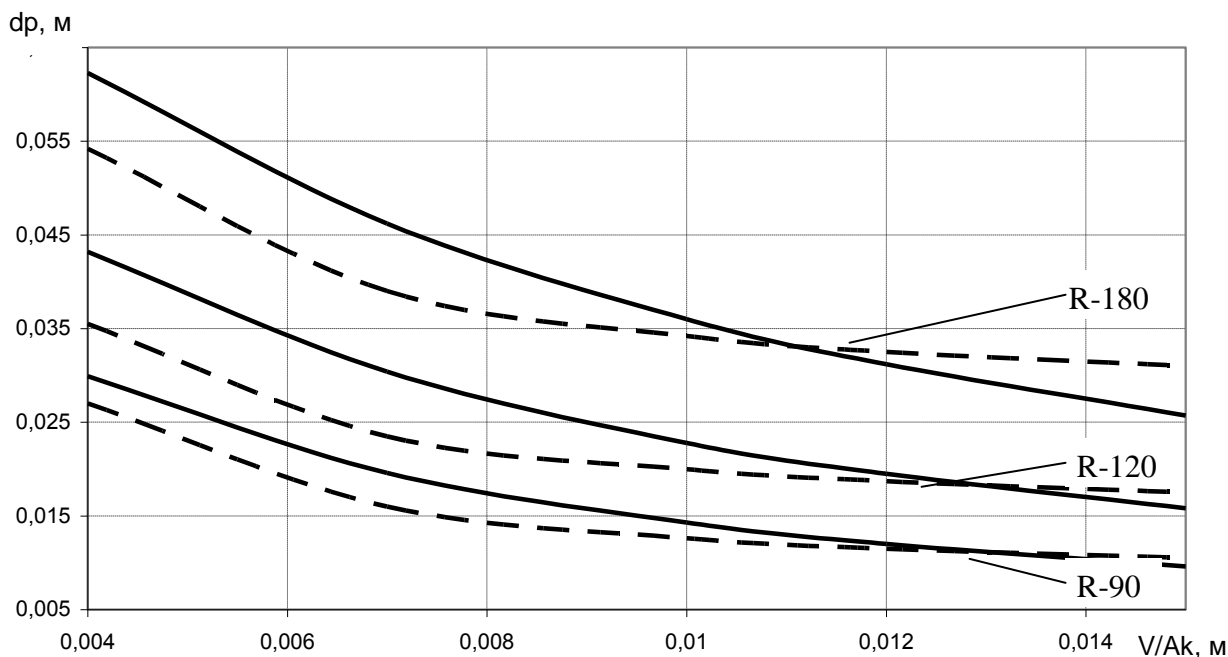


Рисунок 1 – Характеристика огнезащитной способности материала „Натреск” для пределов огнестойкости в 90, 120 и 180 минут, при проектной температуре 500°C. Сплошная кривая – метод, основанный на решении уточненного дифференциального уравнения теплопроводности, пунктирная – метод числовой регрессии.

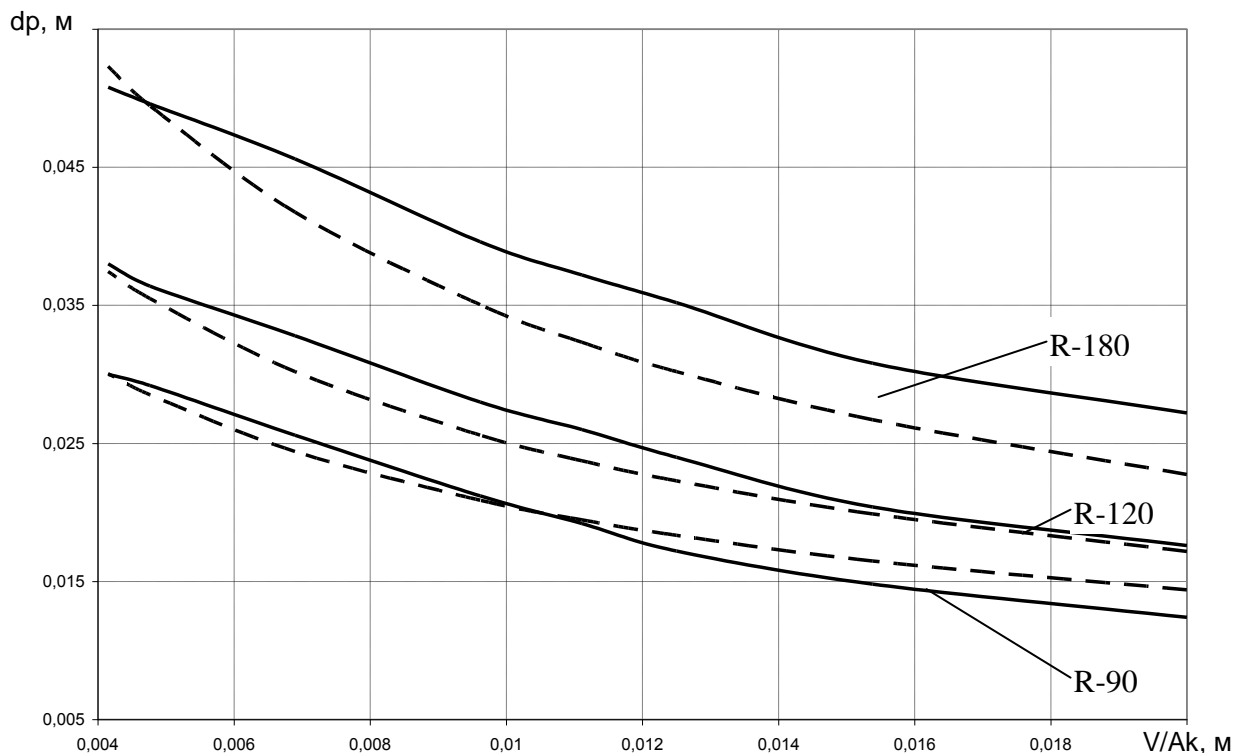


Рисунок 2 – Характеристика огнезащитної здатності матеріалу «Ендотерм 210104» для пределов огнестойкости в 90, 120 и 180 минут, при проектной температуре 500°C. Сплошная кривая – метод, основанный на решении уточненного дифференциального уравнения теплопроводности, пунктирная – метод числовой регрессии.

При проверке достоверности полученных теплофизических характеристик двумя разными методами, сравнивались среднеквадратические отклонения между экспериментальными и расчетными значениями температур, используя полученные ТФХ для каждого образца и в целом для набора колон. Близость экспериментальных и расчетных значений температур в местах расположения термопар приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Среднеквадратичное отклонение расчетных и экспериментальных температур для огнезащитного материала «Натреск» и «Ендотерм 210104».

№ эксп.образца	$\varphi, ^\circ\text{C}$ для «Ендотерм 210104»	$\varphi, ^\circ\text{C}$ для «Натреск»
1	15,46	17,45
2	14,49	35,72
3	20,81	63,89
4	36,19	35,68
5	21,19	103,72
6	34,09	19,71
7	50,83	163,84
8	55,67	48,44
Общие данные всех образцов	31,09	55,96

Проверка критерия приемлемости. Приемлемость расчетов проверяется на основании критериев описанных в [1]. В нашем случае эти критерии были удовлетворены.

Выводы:

1. Определены ТФХ огнезащитных материалов «Натреск» и «Эндотерм 210104».
2. Определены константы числовой регрессии огнезащитных материалов «Натреск» и «Эндотерм 210104».
3. Определены характеристики огнезащитной способности материала «Натреск» и «Эндотерм 210104» для пределов огнестойкости 90, 120, и 180 минут методом числовой регрессии и методом, основанным на решении уточненного дифференциального уравнения теплопроводности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДСТУ Б В.1.1-17.2007. Національний стандарт України. Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Метод визначення вогнезахисної здатності (ENV 13381-4:2002, NEQ): Пер. з англ. - Офіц. вид. - Увед. вперше; Чинний від 01.01.2008 р. - К.: Укрархбудінформ, 2007. - 60 с.
2. Коздоба Л. А. Методы решения обратных задач теплопереноса / Л. А. Коздоба, П. Г. Круковский. – Киев : Наукова думка, 1982. – 358 с. – (Наука и технический прогресс).
3. Круковский П. Г. Обратные задачи теплопереноса (общий инженерный подход) / Павел Григорьевич Круковский. – Киев : Институт технической теплофизики НАН Украины, 1998. – 218 с.
4. Григорян Н.Б. Анализ методов определения характеристики огнезащитной способности огнезащитных покрытий металлических конструкций / Н.Б. Григорян, П.Г. Круковский, Е.В. Качкар // Науковий вісник УкрНДПБ. – 2010. – №1(21). – С. 65-74.
5. Цвіркун С.В., Круковский П.Г. Определение теплопроводности и характеристики огнезащитной способности материала «Натреск» // Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. тр. – Харьков: АГЗУ, 2006. – Вып. 19. – С. 166–176.
6. Григор'ян Б.Б. Визначення теплофізичних характеристик та вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття «Ендотерм 210104» / Б.Б. Григор'ян, С.В. Цвіркун, М.Б. Григор'ян // Пожежна безпека: теорія і практика: збірник наукових праць. – 2011. – №7. – С. 39-45.
7. Цвіркун С.В. Удосконалення методу визначення вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.02 «Пожежна безпека» / С.В. Цвіркун. – Київ, 2006. – 20 с.

УДК 159.97

І. Г. Дробінка, к.і.н., доц., АПБ ім. Героїв Чорнобиля, Д. О. Тимошенко,
О.М. Осадча, ГУ освіти і науки Черкаської ОДА

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ВЛАСТИВОСТЕЙ УВАГИ У МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ МНС УКРАЇНИ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ (НА ПРИКЛАДІ ГРУПИ СТУДЕНТІВ АПБ ІМ. ГЕРОЇВ ЧОРНОБИЛЯ)

В статті розглядаються питання дослідження розвитку властивостей уваги у студентів, її рівень концентрації, розподілу і переключення в процесі навчання. Запропонований комплекс заходів, спрямований на корекцію уваги та підвищення її якості.

Ключові слова: увага, довільна увага, концентрація, переключення, розподіл, обсяг уваги.

Постановка проблеми. За останні роки зміст діяльності фахівців оперативно-рятувальної служби цивільного захисту суттєво змінився, а її складність значно зросла у зв'язку із застосуванням різних пожежовибухонебезпечних технологій у виробництві, з одного боку та сучасних знарядь праці й технічних засобів захисту працівників – з іншого. Їх діяльність проходить не тільки у звичайних умовах (профілактика надзвичайних ситуацій, пожежно-технічне обстеження об'єктів, дослідження пожеж та аварійних ситуацій тощо), а й в екстремальних – на пожежах різної категорії складності, під час ліквідації наслідків техногенних аварій, стихійних лих, рятування людей. Все це потребує від фахівців-рятувальників не лише фізичної та професійної підготовки, а й сформованості відповідних психологічних якостей [2]. Однією з таких якостей є увага.

Дослідження розвитку властивостей уваги у майбутніх фахівців структури МНС тісно пов'язана з їх навчальною діяльністю. Від максимальної концентрації, об'єму, розподілу та переключення уваги, залежить ефективність освоєння знань, формування відповідних професійних навичок. Це зумовлюється тим, що робота пожежників-рятувальників безпосередньо супроводжується дією високих температур, впливом шуму, зміною складу повітря, його задимленістю, присутністю нових незвичних подразників, які безумовно висувають вимогу рятувальникам володіти високим рівнем уваги, адже від цього залежить не тільки їх життя, але і життя тих, кого вони повинні рятувати.

Аналіз досліджень і публікацій. Серед усіх психічних процесів і властивостей увага посідає особливе місце. Вона не має свого специфічного предмету вивчення, проте супроводжує всю психічну діяльність людини. Увага – важлива сторона усіх пізнавальних процесів, і при цьому та, в якій вони виступають як діяльність.

Науковці по різному визначають місце уваги серед інших психологічних явищ, але більшість схильні вважати, що вона будується на принципі взаємодії свідомості й діяльності особистості (П. П. Блонський, М. Ф. Добринін, Є. О., П. Я. Гальперін, О. В. Неровня, І. В. Страхов та ін.). Її вихідне положення полягає в тому, що увага нерозривно пов'язана з діяльністю, в діяльності вона існує і нею підтримується. Бути уважним – обов'язково означає бути діяльним щодо тих чи інших об'єктів.

Так, П.П. Блонський відмічав, що в основі уваги лежать життєві інтереси людини [1]. Цікаву думку про залежність уваги від вимог, які висувають до людини соціальні умови, висловив М. Ф. Добринін. “Увага, – пише вчений, – це спрямованість психічної діяльності і зосередження її на об'єкті, що має для особистості певне значення (стійке або ситуативне)”[4]. Спрямованість психічної діяльності людини на певні об'єкти і зосередженість на них називається увагою, вважає О. В. Неровня [6]. В той же час І. В. Страхов стверджує, що “увагу не можна відокремити від психічних процесів і станів” [12]. Такого ж розуміння уваги притримуються і ряд інших науковців.

Особливого значення увага набуває у засвоєнні нового знання. З цього приводу К. Д. Ушинський, зокрема, зазначав, що це основні ворота до свідомості, «єдині двері нашої душі», через які входять до нас усі відомості про навколишній світ, чуттєві дані і знання [13].

Як відомо, види уваги класифікують, передусім, за особливостями об'єктів. Залежно від того, належать об'єкти уваги до зовнішнього світу (наприклад, різні предмети сприймання) чи ними є наші відчуття, уявлення пам'яті, думки, переживання тощо, вирізняють зовнішню (перцептивну, сенсорну) увагу і внутрішню (інтелектуальну).

На сьогодні більше вивчена зовнішня увага. Вона зумовлена структурою зовнішніх подразників, які впливають на людину, або «структурою зовнішнього поля», а ось інтелектуальна увага суб'єкта, яка пов'язана зі структурною організацією його діяльності, на жаль, ще досліджена недостатньо [3].

Залежно від активності людини та співвідношення зовнішніх і внутрішніх умов виникнення, а також за характером цільового спрямування та за рівнем вольових зусиль вирізняють мимовільну, довільну та післядовільну увагу [7].

У процесі навчання студентів дуже важливо мати стійку і рухому довільну увагу. Розглянемо структуру цієї уваги. Довільна увага – це та, що свідомо спрямовується і регулюється особистістю. Психологічний зміст довільної уваги пов'язаний з виробленням мети діяльності та вольовим зусиллям. Людина виявляє активність, ставить віддалені цілі й змушена довільно зосереджувати свою увагу на їх досягненні. Тому вона повинна докладати максимум зусиль, щоб бути уважною, особливо до того, що спершу і непривабливе, і нецікаве [4].

Відомий психолог У. Джеймс писав, що головний подвиг волі полягає у спрямованості свідомості на непривабливий об'єкт. Виникнення такої здатності пов'язане з розвитком і вдосконаленням спеціальних фізіологічних механізмів [7].

Практика показує, що в трудовій та навчальній діяльності не все може бути захоплюючим, багато в ній і рутинного. Тому майбутнім фахівцям МНС першочергово потрібно привчати себе бути уважним і до того, що зовсім не захоплює, але є необхідним у процесі навчання.

Різні види діяльності відповідно висуюють і різні види властивостей уваги. Історично сформувалися з них такі: концентрація, переключення, розподіл та обсяг [3].

Концентрація уваги – зосередженість на вузькій зоні, у межах якої треба добре сприйняти всі деталі (Н. Д. Левітв). Як і інші, ця властивість уваги характеризує зв'язок індивіда з певним об'єктом і водночас засвідчує ступінь його інтенсивності. Як правило, індивід зосереджується на якомусь одному об'єкті, його увага ніби поглинається ним тим більше, чим більше значення він для нього має. Щоб утримати цей об'єкт у полі своєї уваги, індивід іноді докладає вольових зусиль. Однак концентрація уваги має природні обмеження, і вони залежать від властивостей нервової системи індивіда. Концентрація уваги є умовою успішного виконання діяльності в тому випадку, коли вона поєднується з іншими властивостями, наприклад з обсягом або розподілом уваги [12].

Згідно ряду досліджень було виявлено, що обсяг уваги дорослої людини досягає в середньому 5-7 одиниць інформації, а значить обсяг уваги це та кількість об'єктів, які сприймаються одночасно з достатньою чіткістю [7]. С.Л. Рубінштейн підкреслював, що в навчальній діяльності потрібно зважати на особливості обсягу уваги індивіда і не переобтяжувати його свідомість другорядною інформацією [11].

З обсягом уваги тісно пов'язане і її розподілення. Розподіл уваги виявляється як одночасна увага до двох або кількох об'єктів та одночасне виконання дій з ними чи спостереження за ними. Уміння розподіляти увагу виробляється на практиці. Важливою умовою суміщення діяльностей є достатнє оволодіння людиною певними видами діяльності. Вміння розподіляти уваги залежить від психологічного і фізіологічного стану людини. При стомленні, в процесі виконання складних видів діяльності, що вимагають підвищеної концентрації уваги, межі такого розподілу звичайно звужуються. Для того щоб цього не було використовують спеціальні психокорекційні методики на розширення розподілу уваги.

Переключенням називається властивість уваги, яка виявляється при довільному переході індивіда від однієї дії до іншої. Тут людина свідомо спрямовує свою увагу на нові об'єкти відповідно до змінених умов її роботи. Потреба переключати увагу виникає в багатьох випадках діяльності людини, наприклад у роботі водія машини, командира відділення тощо [7].

Науковцями встановлено, що характерними особливостями професійної діяльності пожежників-рятувальників є такі психологічні фактори: необхідність концентрації уваги, її розподілу та переключення для швидкого і правильного прийняття рішень при дефіциті часу та інформації, а також обсяг запам'ятовуваних образів на пожежі [9].

Мета статті – дослідити рівень розвитку властивостей уваги (концентрації, об'єму, розподілу і переключення) у майбутніх фахівців МНС України в процесі навчання, а також розробити комплекс заходів спрямованих на корекцію розвитку уваги.

В дослідженні ставились наступні завдання:

- виявити реальний рівень уваги студентів;
- здійснити психокорекційні заходи з студентами, які мають низький рівень уваги;
- дослідити ефективність проведених заходів.

Виклад основного матеріалу. Відповідно поставленим завданням для виявлення реального рівня уваги у студентів було використано ряд методик. Зокрема, методика дослідження розподілу і переключення уваги, методика визначення об'єму уваги і методика дослідження концентрації уваги за коректурною таблицею Бурдона.

До дослідження були залучені студенти однієї з груп Академії пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля, факультету пожежної безпеки та охорони праці, в загальній кількості 20 осіб. Респонденти чоловічої та жіночої статі віком від 20 до 21 років.

Для виявлення розподілу та переключення уваги, студентам був запропонований спеціальний тест. Респонденти працюючи з тестом, повинні були у кожній геометричній фігурі проставити той знак, який був заданий на зразку, а саме у квадраті – галочку, трикутнику – риску, колі – плюс і у ромбі – крапку. При цьому учасники випробування, завдання виконували самостійно і максимально швидко протягом півтори хвилини.

Обробка отриманих результатів здійснювалась за формулою:

$$S = \frac{(0.5N - 2.8n)}{90}, \quad (1)$$

де S – показник переключення і розподілу, N – кількість фігур, які були позначені відповідними знаками протягом заданого часу, n – кількість помилок, які були допущені під час виконання завдання. Аналіз результатів визначався за показником S , який може варіювати в діапазоні від 0 до 1 [8].

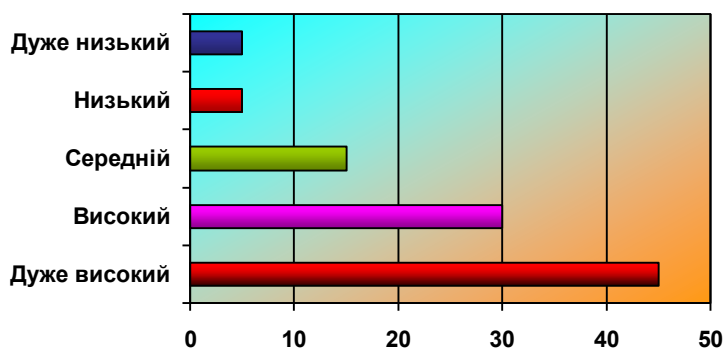


Рисунок 1 – Оцінка розподілу та переключення уваги.

Результати досліджень показали, що серед майбутніх працівників МНС наявні дуже високі, високі, середні, низькі і дуже низькі рівні розподілу і переключення уваги.

Респонденти з дуже високим рівнем розподілу і переключення складають 45% від загальної кількості досліджуваних. Такі особи характеризуються найбільшою схильністю до одно часового утримання в зоні уваги кількох об'єктів. (Рис.1) [5].

Для дослідження об'єму уваги було застосовано другий спеціальний тест, який складався з восьми карток з крапками. Експериментатор послідовно, на 1-2 сек., показував респондентам кожну з восьми карток з крапками, при чому першою була та картка, на якій зображена мінімальна кількість крапок, а далі решта карток зі збільшенням кількості крапок рівно на одну. Після кожної чергової картки досліджуваним пропонувалося відновити побачене у порожній картці за 10 с. Цей час давався для того, щоб випробуваний зміг згадати, де знаходились побачені крапки і проставити їх [8].

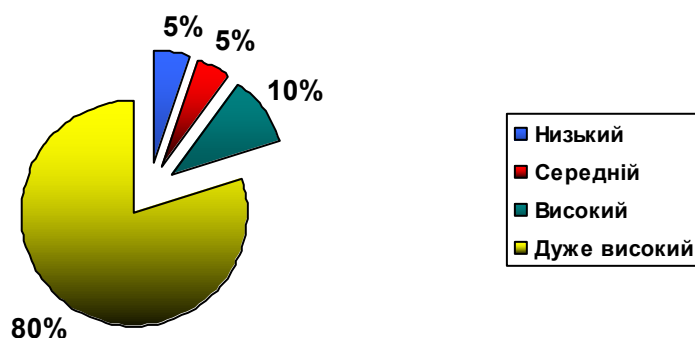


Рисунок 2 – Показники дослідження об'єму уваги.

За даними тестування встановлено наступну картину: 80% студентської групи оцінюється дуже високим рівнем об'єму, це означає, що більшість досліджуваних має великий ступінь розширення уваги, здатні відтворювати матеріал у формі образу, формувати таку властивість, яка характерна для професій потребуючих спостережливості. (Рис.2). В свою чергу висока спостережливість буде сприяти розосередженості, втраті об'єму уваги, перевтомі. Тому майбутні фахівці пожежної безпеки повинні бути не тільки волостійкими, але й емоційно підготовленими.

Для виявлення рівня концентрації уваги досліджуваним було запропоновано коректурну таблицю, в якій необхідно було викреслювати однією косою лінією букви А, В, Д, П, які стояли у будь-якій послідовності, при цьому експериментатор наголосив, що працювати необхідно максимально швидко та уважно, прагнучи не пропустити жодної з наявних у таблиці букв. Тестування здійснювалося впродовж трьох хвилин.

Результати дослідження рівня концентрації уваги були виявлені за формулою:

$$A = \frac{e}{(e + O)}, \quad (2)$$

де А - показник точності виконання завдання, який характеризує рівень концентрації уваги, е – кількість правильно викреслених букв, О – кількість помилок. Якщо випробуваний не допускав жодної помилки, то показник А дорівнював одиниці, а при наявності помилок він завжди буде нижче одиниці. [8]

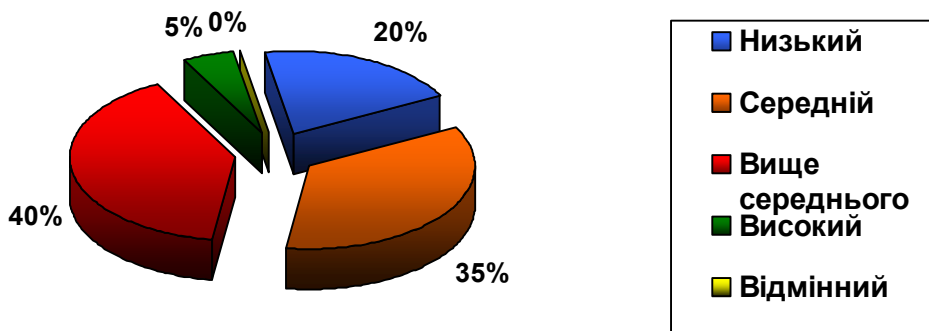


Рисунок 3 – Рівень концентрації уваги.

Згідно опрацьованих даних виявлено наступну ситуацію: найбільший відсоток, а саме 40% студентів мають вище середнього рівень концентрації, 35% досліджуваних – середній рівень, 20% - низький рівень і найменший відсоток – 5% припадає на осіб з високим рівнем концентрації. (Рис.3). Слід зазначити, що у ході останнього дослідження відмінної концентрації уваги не показав жоден зі студентів. Для організаторів експерименту стало питання: як підвищити концентрацію уваги студентів на навчальних заняттях. Тому авторами, на основі сучасних систем аутотренінгу були запропоновані ряд тренінгових вправ, спрямованих на корекцію уваги.

Вправа 1. Зосереджування при спокійному сидінні. Учасникам експерименту було запропоновано зайняти зручне положення, звільнити всі м'язи і зберігати цілковитий спокій у продовж трьох хвилин. Ця вправа продовжувалась до тих пір, коли кожний був здатний дуже легко виконувати її; в окремих випадках вона може бути продовжена до п'яти, десяти хвилин.

Вправа 2. Сядьте прямо (випроставшись) у своєму кріслі, підніміть голову, виставте вперед підборіддя і відсуньте плечі. Витягніть праву руку в горизонтальному напрямку направо на одному рівні з плечем. Поверніть голову і направте пильний погляд на свою руку; тримаєте її в випрямленому положенні протягом однієї хвилини. Виконайте те ж саме з лівою рукою. Коли ви будете здатні досконало виконувати цю вправу, збільшіть час до двох хвилин, потім до трьох і так далі, до тих пір, поки ви будете здатні зберігати подібне положення протягом п'яти хвилин. Долоня руки при цьому повинна бути повернена донизу, так як це є найбільш легким положенням. Направляючи погляд на кінчики пальців, ви завжди будете в змозі визначити, чи зберігає ваша рука цілком спокійне положення.

Вправа 3. Сядьте прямо перед столом, покладіть на нього руки і стисніть кулаки, повернувши їх при цьому долонями вгору таким чином, щоб великий палець знаходився на інших пальцях. Спрямувавши свій погляд на кулак, після цього поступово витягніть великий палець, зосереджуючи всю свою увагу на цій дії, ніби це має для вас велике значення. Потім повільно розігніть свій вказівний палець, після нього другий, і так далі аж до останнього. Потім проробіть навпаки: спочатку загніть мізинець і продовжуйте загинання пальців далі, поки кулак не набуде свого початкового виду, при цьому великий палець буде лежати на пальцях. Продовжуйте те ж саме з лівою рукою. Повторіть цю вправу п'ять разів під час одного сеансу, згодом ви можете проробляти її по десять разів. Вправа може викликати втоми, але її слід наполегливо повторювати, так як вона дуже важлива для розвитку уваги та направлення її на прості та одноманітні дії, крім цього вона дасть безпосередній контроль над всіма м'язовими рухами.

Вправа 4. Ця вправа служить для того, щоб допомогти вам зосередити свою увагу на деяких матеріальних предметах. Візьміть який-небудь нецікавий предмет, наприклад, олівець і сконцентруйте на ньому всю свою увагу протягом п'яти хвилин. Думайте про

нього, повертайте його, досліджуйте його, думайте про його використання, його якість, про матеріал, з якого він виготовлений, про процес його виробництва і т.д. Не думайте ні про що інше, крім олівця. Уявіть собі, що вивчення цього олівця становить для вас завдання життя, що в усьому світі нічого, крім вас і олівця, не існує. Не дозволяйте своїй увазі відволікатися.

Для визначення результативності запропонованих вправ, які проводились впродовж тижня, зі студентами цієї ж групи, був проведений контрольний вимір концентрації уваги.

Аналіз отриманих даних показав, що результати після проведення тренінгових вправ значно зросли. Так, кількість досліджуваних з низьким рівнем концентрації впала до 4%, натомість зріс відсоток досліджуваних з вище середнім рівнем – 58% і з'явилась група студентів з відмінною концентрацією – 10%. (Рис.4).

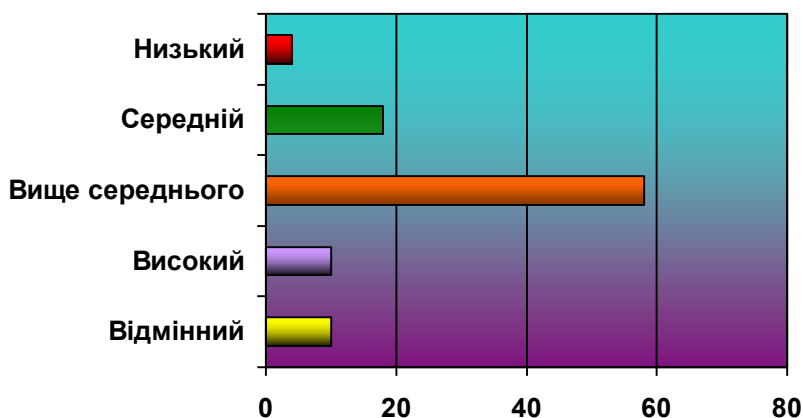


Рисунок 4 – Порівняльна характеристика до та після проведення тренінгових вправ.

Отже, проведене емпіричне дослідження та інтерпретація його результатів показало, що рівень розвитку основних властивостей уваги у майбутніх рятувальників в окремих номінаціях, доволі високий, що буде позитивно сприяти в подальшому формуванні у них важливих професійних навичок. Але рівень концентрації уваги у студентів в процесі навчання, як показало дослідження, має бути кращим і потребує відповідної корекції.

Запропонована авторами корекція властивостей уваги з використанням сучасних систем аутотренінгу, на наш погляд, може бути ефективною. Тому для вирішення подібного роду проблем ми рекомендуємо використовувати ці вправи при підготовці студентів до іспитів, занять з професійної та психологічної підготовки тощо. Аналогічні вправи також може використовувати кожна людина самостійно, яка прагне до розвитку властивостей своєї уваги.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Блонский П. П. Избранные психологические произведения. – М.: Просвещение, 1964. – 424 с.
2. Бут В.П., Вареник В. В. Методичні рекомендації по особливостях професійного відбору до оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України / В.П. Бут, Вареник В.В. – Черкаси: Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля, 2004. – 133 с.
3. Варій М.Й., Козяр М.М., Коваль М.С. Військова психологія і педагогіка: Посібник / За заг. ред. М.Й. Варія. – Львів: Вид-во «Сполом», 2003. – 624 с.
4. Добрынин Н. Ф. Внимание и его воспитание. М.: изд.- во Правда, 1991.– 31 с.
5. Дробинка И.Г., Тимошенко Д.А. Роль внимания в практической деятельности работников МЧС. Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации: материалы Междунар. науч.-практической конф., Гомель 24-25 мая 2012 г. В 2. 4. 2 / Гомел. Инженер. Ин-т МЧС Респ. Беларусь. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2012. –167 с.

6. Неровня О. В. Психологія уваги (курс лекцій). – Львів: Вища школа, 1973. – 200с.
7. Загальна психологія: Підручник / О.В. Скрипченко, Л.В. Долинська, З.В. Огороднійчук та ін. 2-ге вид., випр. і доп. – К.: Каравела, 2012. – 464 с.
8. Козловский О.В. Открой в себе гения. –Донецк: ООО ПКФ «БАО», 2005. – 736 с.
9. Кришталь М.А. Психологічне забезпечення професійної діяльності працівників пожежно-рятувальних підрозділів МНС України: [навчальний посібник] / Микола Андрійович Кришталь. – Черкаси: Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля, 2011. – 226 с.
10. Психологія: Підручник / Ю.Л. Трофімов, В.В. Рибалка, П.А. Гончарук та ін.; за ред. Ю.Л. Трофімова. – 2-ге вид., стереотип. – К.: Либідь, 2000. – 558 с.
11. Психология. Учебник для технических вузов / Под общ. ред. В.Н. Дружинина. – СПб.: Питер, 2000. – 608 с.: ил. – (Серия «Учебник нового века»).
12. Страхов В. И. Внимание в структуре личности (учебно-методическое пособие для студентов). – Саратов, 1969.
13. Ушинський К. Д. Собрание сочинений т. 8. М. Изд-во АПН РСФСР, 1952.

УДК 614.48

С.В. Жартовський, к.т.н., УкрНДЦЗ, В.М. Кришталь, І.Г. Маладика, к.т.н., доц.,
А.О. Биченко, к.т.н., А.А. Лавренко, АПБ ім. Героїв Чорнобиля

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕГАСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНОГО РОЗЧИНУ ФСГ-2 ПРИ ГАСІННІ МОДЕЛЬНИХ ОСЕРЕДКІВ ПОЖЕЖ КЛАСУ В

Експериментально визначено відносну вогнегасну здатність під час гасіння модельних осередків пожеж класу В таких водних вогнегасних речовин, як вода та вода з ФСГ-2. За результатами експериментальних досліджень було показано перспективу застосування ФСГ-2 для водних вогнегасних речовин під час гасіння пожеж класу В.

Ключові слова: гасіння, вода, ФСГ-2, вогнегасна здатність.

Серед великої кількості пожеж, які виникають на об'єктах народного господарства, значну кількість займають пожежі класу В (горіння рідин або твердих речовин, які розтоплюються). До таких пожеж відносяться: горіння нафти, бензину, мастила, гасу, спиртів, розчинників, лаків та фарб, рідких пестицидів та отрутохімікатів тощо.

Основний механізм припинення горіння пожеж класу В полягає в ізоляції горючих парів від окисника, але додатково на процес припинення горіння впливають такі фактори як охолодження, флегматизація та інгібування.

Найбільш широко для гасіння даного класу пожеж застосовується повітряно-механічна піна середньої та низької кратності (гасіння майже всіх видів), але також використовують розпилену та тонко розпилену воду (гасіння розлитого трансформаторного мастила), воду з додаванням поверхнево-активних речовин та інших добавок, вогнегасні порошки.

Серед всіх вище перерахованих вогнегасних речовин вода є найбільш привабливою для подальшого розгляду, враховуючи її теплофізичні властивості та економічний чинник.

Вода – найпоширеніша речовина, вогнегасна здатність якої зумовлюється охолоджувальною дією, розбавленням горючого середовища парою, яка утворюється, та механічною дією на палаючу речовину (збивання полум'я), що покращує гасіння пожежі, вона хімічно інертна по відношенню до більшості горючих речовин і матеріалів, доступна і дешева. Воду застосовують без добавок або з добавками, формуючи компактні, розпилені (середній діаметр краплин понад 100 мкм) і тонко розпилені (середній діаметр краплин до 100 мкм) струмені [1].

Унікальні фізичні і фізико-хімічні властивості можна покращити шляхом додавання до неї поверхнево-активних речовин та різних добавок, а саме ФСГ-2.

ФСГ-2 використовується для вогнебіозахисту целюлозовмістних матеріалів і має широкий спектр вогнегасних факторів, в тому числі інгібувальні властивості. Крім цього, ФСГ-2 показав високу вогнегасну здатність при гасінні пожеж класу А [2], а також специфічні реологічні властивості [3] і його можна класифікувати як водну вогнегасну речовину (ВВР) ФСГ-2.

Об'єктом дослідження була ВВР ФСГ-2 різної концентрації комплексної хімічної сполуки полігексаметиленгуанідингідрофосфат карбаміду (ПГМГФК).

Предметом дослідження стали дослідження відносної вогнегасної здатності зазначених розчинів ВВР.

Вогнегасну здатність водних вогнегасних речовин визначали порівняно із вогнегасною здатністю води, яку прирівняли до одиниці. Принципову схему та загальний вид установки з визначення вогнегасної здатності водних вогнегасних речовин для гасіння модельних осередків пожеж класу В наведено на рисунках 1, 2. Сутність метода полягає у

визначенні об'єму розчинів водної вогнегасної речовини, які необхідно подати на гасіння тонкорозпиленими струменями на вогнище пожежі класу В. За результатами випробувань побудовані залежності відносної вогнегасної здатності від складу ВВР ФСГ-2 (концентрації ПГМГФК).

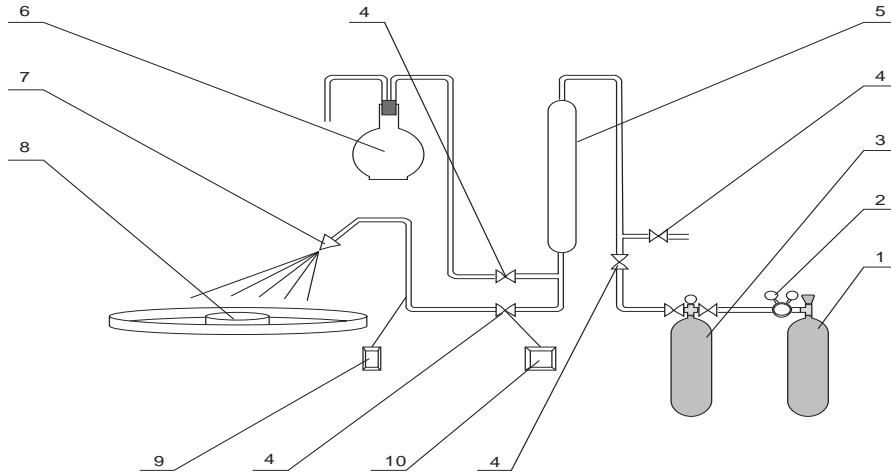


Рисунок 1 – Лабораторна установка для визначення припинення горіння макетного осередку пожеж класу В.



Рисунок 2 – Загальний вигляд лабораторної установки для визначення припинення горіння макетного осередку пожеж класу В.

Будова установки.

Установка складається з балону високого тиску (1) з редуктором (2), балону-ресиверу з перепускними кранами (3), мірної ємності об'ємом 250 мл. (5), кулькового крану (4) з приладом фіксації часу подачі вогнегасної речовини (10), відцентрової шнекової форсунки (7), піддону (8) з ємністю для заливання горючої речовини. До складу установки входить колба (6), яка слугує для поповнення вогнегасною рідиною мірної ємності. Крани (4) слугують для регулювання току рідини та повітря при наповненні колби та подачі рідини на форсунку. Прилад (9) слугує для вимірювання температури вогнегасної рідини.

Методика визначення вогнегасної ефективності за допомогою установки для припинення процесу горіння складається із наступних дій.

Балон-ресивер (3) наповнюється через редуктор (2) з балону високого тиску (1) повітрям, до встановлення тиску 2,4 атм. Перепускний кран з балону високого тиску на

балон-ресивер закривається. Мірна ємність (5) наповнюється з колби (6) вогнегасною рідиною. Відкривається перепускний кран з балону ресиверу на мірну колбу, створюючи таким чином тиск 2,4 атм над стовпом рідини в мірній колбі.

В ємність, яка знаходиться в піддоні (8) в якості горючої речовини, заливається 20 мл бензину А-76 та підпалюється. Витримується час вільного горіння 10 с.

Відкриттям кулькового крану (4) забезпечується подача рідини через форсунку (7) в осередок горіння та включення приладу (10) для фіксації часу подачі рідини. Після припинення процесу горіння кран (4) закривається.

На приладі (10) фіксуємо час подачі рідини, а за позначками на мірній ємності об'єм витраченої рідини. На приладі (9) відображається температура рідини.

Для кожної рідини проводились 10 випробувань з гасіння в однакових умовах. Замірявся час подачі рідини до повного припинення процесу горіння бензину, об'єм витраченої рідини та її температура. Температура вогнегасної рідини у всіх випадках складала 20°C. Для кожної речовини визначався середній час гасіння та середні витрати на гасіння.

При розпилені рідин відцентровими форсунками на дисперсність розпилу впливають багато факторів, до основних з яких відносяться: геометричні параметри розпилювача, тиск рідини, швидкість витоку, її фізичні властивості та фізичні властивості газу, в який проходить розпил. В наших дослідженнях всі параметри залишаються незмінними, окрім параметрів, які характеризують фізичні властивості рідини (в'язкість рідини, поверхневий натяг рідини, щільність рідини).

Відносну вогнегасну здатність водних вогнегасних речовин Z визначали за формулою:

$$Z = \frac{V_1}{V_2}, \quad (1)$$

де: V_1 – об'єм водної вогнегасної речовини до початку гасіння макетного осередку, мл;

V_2 – об'єм водної вогнегасної речовини після початку гасіння макетного осередку, мл.

Для розрахунку показника відносної вогнегасної здатності використовували середнє арифметичне значення величин V_1 та V_2 , отриманих в результаті проведення не менше 10 дослідів для кожної концентрації ПГМГФК. Результати проведених експериментальних досліджень з визначення відносної вогнегасної ефективності водного розчину ФСГ-2 при різній концентрації ПГМГФК наведено на рисунку 3. Як показали дослідження, підвищення концентрації ПГМГФК у складі ВВР ФСГ-2 призводить до підвищення вогнегасної ефективності розчину. Максимальна відносна вогнегасна ефективність досягається при 20% вмісті ПГМГФК в ФСГ-2 і становить – 2,2, тобто використання ВВР ФСГ-2 (при такій концентрації комплексної хімічної сполуки) в 2,2 рази ефективніше, ніж використання води.

З рисунку 3 видно, що відносна вогнегасна ефективність розчинів ВВР ФСГ-2 із збільшенням концентрації ПГМГФК змінюється за неадитивним законом, про що свідчить екстремум при 20 %-ій концентрації ПГМГФК. Це свідчить про наявність ефекту синергізму в дії різних вогнегасних факторів, що притаманні ВВР ФСГ-2 на відміну від води, переважним фактором для якої є ефект охолодження. Із збільшенням концентрації ПГМГФК в складі ВВР ФСГ-2, яка має інгібувальні властивості, збільшується її відносна вогнегасна ефективність до концентрації 20 %. Подальше зниження ефективності можна пояснити тим, що в полідисперсній системі струменя розпиленої ВВР ФСГ-2 з'являються частинки гідрогелю такого розміру, що за час перебування у полум'ї з них не встигає випаровуватись вода. Зазначені частинки не встигають перейти у твердий стан, і тому вже не можуть приймати участь в інгібуванні ланцюгових реакцій горіння полум'я. Можна також прогнозувати, що, якщо збільшити час перебування частинок гідрогелю ВВР ФСГ-2 у

полум'ї, то адитивний інтервал в залежності відносної вогнегасної ефективності від концентрації ПГМГФК в складі ФСГ-2 можливо подовжити і досягнути значень більших, ніж 2,2 рази.

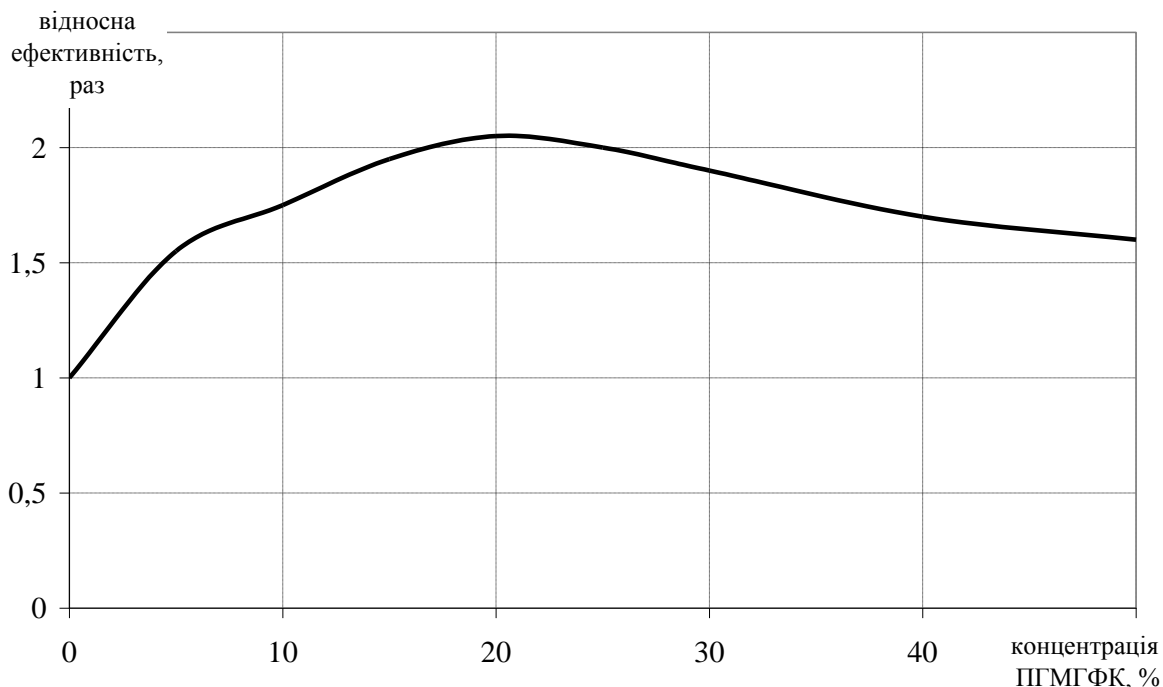


Рисунок 3 – Вогнегасна ефективність водного розчину ФСГ-2 залежно від витраченого об'єму.

За результатами проведених експериментальних досліджень можливо зробити наступні висновки:

1. Встановлено високу вогнегасну здатність (більш ніж в 2 рази більшу від води) при гасінні макетного осередку пожежі класу В водним розчином вогнебіозахисної речовини ФСГ-2, чим підтверджено ідею використання деяких вогнезахисних речовин у якості вогнегасних засобів для гасіння пожежі класу В.
2. Підвищена вогнезахисна здатність ВВР ФСГ-2 дозволить зменшити витрати водних вогнегасних речовин на гасіння пожежі класу В, а також скоротити час гасіння пожежі, і, як наслідок, зменшити витрати, що наноситься від самого процесу гасіння пожежі.
3. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на проведення натурних полігонних випробувань, наближених до реальних умов пожежі класу В, з використанням визначених найбільш ефективних водних вогнегасних речовин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вогнегасні речовини: посібник / [А. В. Антонов, В. О. Боровиков, В. П. Орел та ін.] – К. : Пожінформтехніка. 2004. – 176 с.
2. Обґрунтування застосування деяких водних вогнегасних речовин для систем пожежогасіння підкупольних дерев'яних конструкцій культових споруд : науковий вісник / [В. В. Ніжник, С. В. Жартовський, О. М. Тимошенко та ін.] – К. : УкрНДІПБ. – 2010. – № 2(22). – С. 1-4.
3. Дослідження реологічних властивостей водної вогнегасної речовини ФСГ-2 / [Жартовський С.В., Коваль О.Д., Маладика І.Г., Кришталь В.М.]. – Ч. : АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2012. – № 9. – С. 53–60. (Пожежна безпека: теорія і практика. Збірник наукових праць).

УДК 614. 841

В. М. Жартовський, д.т.н., проф., Т.В. Магльована, к.х.н., АПБ ім. Героїв Чорнобиля,
С.В. Жартовський, к.т.н., УкрНДЦЗ

ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІМЕРНОЇ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНОЇ РЕЧОВИНИ ГУАНІДИНОВОГО РЯДУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕГАСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДИ

Зменшення кількості вогнегасної речовини може бути досягнуто за рахунок введення до складу води невеликих кількостей поверхнево-активних речовин та водорозчинних полімерів. Заслуговує на увагу використання в якості добавки для поліпшення вогнегасних властивостей води, полімерної речовини, полігексаметиленгуанідингідрохлориду, що володіє одночасно властивостями поверхнево-активної речовини та четвертинної амонійної солі і відноситься до IV класу токсичності (відповідно до ГОСТ 12.1.007-76).

Ключові слова: вода, поверхнево-активні речовини, полімери, вогнегасні властивості води, полігексаметиленгуанідингідрохлорид.

Постановка проблеми. Ефективність боротьби з пожежами значною мірою залежить від ефективності вогнегасних речовин [1].

На сьогоднішній день найбільш поширеною вогнегасною речовиною, як в світовій практиці так і в Україні, є вода. Основним механізмом гасіння водою є охолодження зони хімічної реакції. До переваг води слід віднести те, що вона характеризується високою питомою теплоємністю, прихованою теплотою пароутворення, хімічно інертна до більшості речовин і матеріалів, дешева та доступна. Основними недоліками води є електропровідність, температура замерзання 0°C , високий коефіцієнт поверхневого натягу та низька в'язкість, що впливає на її вогнегасну здатність [2].

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Зменшення кількості вогнегасної речовини, що використовується в пожежогасінні, може бути досягнуто застосуванням замість води, водних вогнегасних речовин [3-4].

В той же час, водні вогнегасні речовини характеризуються багатьма параметрами: вогнегасною ефективністю, температурним діапазоном застосування, екологічністю, корозійною активністю, вартістю. Отже, вибір водної вогнегасної речовини, виходячи із умов її конкретного застосування є складним завданням, що передбачає порівняння по декільком критеріям [5].

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи було провести аналіз вогнегасної здатності водної вогнегасної речовини за класом пожежі 1А. В якості водної вогнегасної речовини використовували водний розчин полімерної поверхнево-активної речовини полігексаметиленгуанідингідрохлориду (ПГМГХ).

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Вогнегасна ефективність води залежить від ряду чинників, основними з яких є розмір крапель води й вплив хімічних добавок. Тому можна виділити два основних методи підвищення вогнегасної ефективності:

- а) фізичний – зміна дисперсності й температури води, що подається на гасіння,
- б) хімічний – використання для цілей пожежогасіння водних розчинів хімічних сполук [2-3].

Істотним недоліком води є її порівняно низька змочувальна здатність і велика текучість, які обумовлені високим значенням коефіцієнта поверхневого натягу при відносно малій в'язкості. Ці властивості води зумовлюють той факт, що поверхня зіткнення крапель води з палаючою поверхнею невелика, і при гасінні вода з них швидко стікає [6].

Для зменшення поверхневого натягу води під час гасіння пожеж застосовуються поверхнево-активні речовини (ПАР) - це речовини дифільного характеру, тобто їх молекули складаються з двох частин – полярної групи та неполярного вуглеводневого радикалу. Полярна група (гідрофільна), яка має значний дипольний момент та добре гідратується, обумовлює спорідненість ПАР до води. Гідрофобний (ліпофільний) вуглеводневий радикал є причиною зниження розчинності цих сполук. ПАР здатні адсорбуватися на поверхні розділу двох фаз (стабілізуюча дія ПАР) та внаслідок цього знижувати поверхневий натяг [6-7].

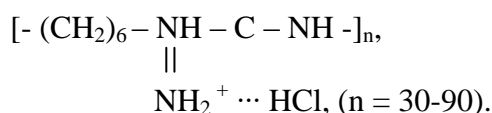
Саме зниження поверхневого натягу разом зі зміною його величини у разі зміни локальної концентрації ПАР зумовлюють здатність їх розчинів утворювати піну. Розчинені у воді молекули ПАР адсорбуються на поверхні води й концентруються з утворенням мономолекулярного шару, при цьому розташовуючись на межі розділу фаз «вода-повітря» певним чином: частина молекули, яка відштовхується водою, розташовується над поверхнею води та утворює мономолекулярний шар; інша частина, притягнута водою, забезпечує зниження її поверхневого натягу. Концентрація ПАР у поверхневому шарі значно більша, ніж в об'ємі [8-11].

Також для поліпшення вогнегасних властивостей води додають полімери з великою молекулярною масою і ниткоподібною будовою, наприклад поліакриламід і поліетиленоксиди, молекули яких під час руху рідини орієнтуються переважно вздовж потоку [12-13]. Швидкість течії води при цьому збільшується в 2,5 рази, за рахунок збільшення кінематичної в'язкості, що є відношенням динамічної в'язкості до густини рідини [14].

Підвищення в'язкості приводить також до посилення взаємодії між молекулами рідини і твердої речовини, з якою вона контактує. Це зумовлює зменшення швидкості стикання води і, як наслідок, збільшення її вогнегасної ефективності [1-3, 15].

Виклад основного матеріалу досліджень з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. На наш погляд, вирішення проблем, що пов'язані з підвищенням ефективності використання води при гасінні пожеж, можливе за рахунок хімічних сполук, що одночасно поєднують в собі властивості поверхнево-активних речовин і полімерів, а саме, гуанідинових сполук, які є екологічно безпечними речовинами та належать до IV класу токсичності [16].

Об'єктом досліджень був полігексаметиленгуанідин (ПГМГ) у вигляді його сольової форми:



ПГМГ-гідрохлорид гігроскопічний, розчинний у воді (~50%), гірше – у спиртах; 1% водний розчин має рН=10-10,5. Водні розчини ПГМГ з концентрацією >20% структуруються при температурі нижче 15 °С і рН>5 [15].

Використаний в дослідженнях синтезований ПГМГ є лінійним полімером. При значних концентраціях його розчину у воді асоціація полііонів з протиіонами стабілізує полііони і скручує макромолекули в статистичний макроклубок [16-17].

У роботі використовували водні 10% розчини полігексаметиленгуанідин хлориду (ПГМГХ). Для цього 20г сухого ПГМГХ вносили в мірний стакан ємністю 200см³. Додавали 180см³ дистильованої води, залишали стояти протягом 24 годин при температурі 25 ± 5°С, перемішували, після цього розчин готовий до використання.

Дослідження критеріїв ефективності водної вогнегасної речовини в залежності від концентрації полігексаметиленгуанідингідрохлориду проводили з використанням водяного вогнегасника ВВ-9 [18].

Визначення довжини струменя та тривалості гасіння водної вогнегасної речовини з ПГМГХ проводили згідно ДСТУ 3675-98 Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань [18].

Випробування проводили на відкритому, спеціально обладнаному майданчику, розташованому у захищеному від вітру місці при температурі навколишнього середовища $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Довжину струменя визначали мірною рейкою. Також використовували контрольну розмітку стіни, темного кольору [18-19]. Результати досліджень по визначенню довжини струменя в залежності від концентрації полігексаметиленгуанідингідрохлориду представлені на рис.1.

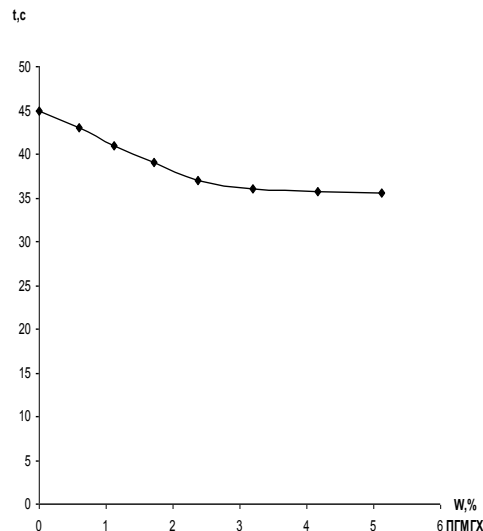
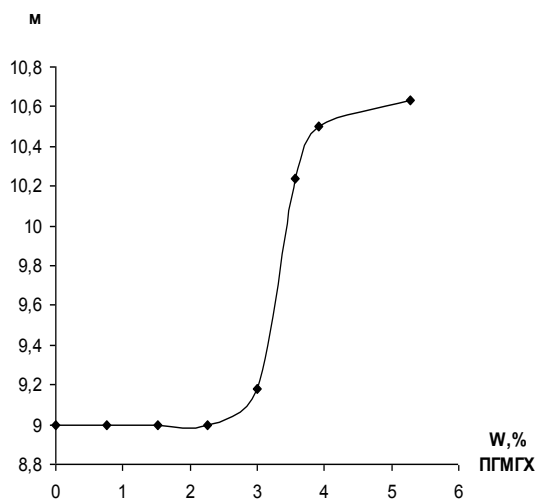


Рисунок 1 – Залежність дальності струменя водного вогнегасника ВВ-9 від концентрації ПГМГХ.

Рисунок 2 – Залежність часу викиду водної вогнегасної речовини від концентрації ПГМГХ.

Згідно технічних характеристик водного вогнегасника ВВ-9, дальність струменя при використанні в якості водної вогнегасної речовини води складає 6-8 м [18]. Як видно з рис.1, дальність струменя при використанні полімерної поверхнево-активної речовини ПГМГХ збільшується до 9 м, а наявність в розчині 3-4% даного полімеру призводить до збільшення дальності струменя до 10 м. На нашу думку, це пов'язано з конформаційними змінами в молекулі ПГМГХ, що дає можливість молекулі ПГМГХ під час руху орієнтуватися переважно вздовж потоку, оскільки в області концентрації (приблизно від 1,0 до 3,0 - 5,0 мас.%) відбуваються конформаційні зміни в макромолекулах ПГМГХ, а саме: макромолекули приймають все більш розгорнуту конформацію [17].

Згідно технічних характеристик водних вогнегасників час викиду заряду вогнегасника ВВ-9 складає 45с. [18]. Важливо було дослідити як впливатиме наявність невеликих концентрацій ПГМГХ (до 5%) на час викиду заряду.

На рис. 2. представлено залежність часу викиду водної вогнегасної речовини від концентрації ПГМГХ, яка підтверджує гіпотезу про поліпшення текучості води (вода з добавками полімерних речовин), завдяки яким зменшується гідравлічний опір і турбулентність потоків [12-15].

Дослідження тривалості гасіння в залежності від концентрації ПГМГХ проводили на модельному осередку пожежі класу 1А. Це штабель з дерев'яних брусків з поперечним перерізом у вигляді квадрату зі стороною 40 мм [18].

Для виготовлення модельних осередків використовували заготовки деревини із сосни звичайної відповідно до ГОСТ 9685 з вологістю від 10 % до 14 % [18].

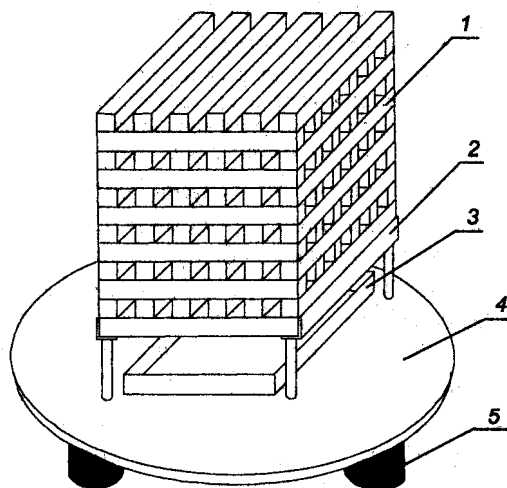


Рисунок 3 – Загальний вигляд модельного осередку пожежі 1А:

- 1 – штабель з дерев'яних брусків;
- 2 – опори;
- 3 – деко для підпалу штабеля;
- 4 – вагова платформа;
- 5 – вимірювальний датчик

Бруски, що утворюють поверхневі грані штабеля, для міцності закріплювалися скобами. Штабель розміщувався на двох сталевих кутиках згідно з ГОСТ 8510, встановлених на жорстких металевих опорах.

Бруски кожного наступного шару клалися перпендикулярно до брусків шару, що лежить нижче таким чином, щоб при цьому утворювалися канали прямокутного перерізу по усьому об'єму. Форма штабеля повинна наближатися до кубу. Деко відповідного розміру розміщували на підлозі (платформі) під штабелем. Виставляли деко горизонтально, дно його покривали шаром води як базою і заливали бензин А-76 літнього виду згідно з ГОСТ 2084 [18] у кількості 1,1 л. Підпалювали пальне. Після вигорання пального деко забирали з-під штабеля. Вільне горіння модельного осередку продовжувалося до моменту вигорання $(45 \pm 2) \%$ від його початкової маси, після чого розпочинали гасіння.

З відстані не менше 1,8 м спрямовували струмінь вогнегасної речовини на фронтальну поверхню модельного осередку. Продовжували гасіння з меншої відстані, спрямовуючи струмінь на верхню, нижню і бічну поверхні (за винятком тильної поверхні осередку) [18].

Залежність тривалості гасіння модельного вогнища 1А від концентрації ПГМГХ зображено на рис.4.

Як видно з рис.4, тривалість гасіння при використанні води складає 15с. При використанні в якості водної вогнегасної речовини ПГМГХ ця цифра знижується до 12с. Витрати подачі водної вогнегасної речовини в залежності від концентрації ПГМГХ (рис. 5.) зменшуються із 0,6 л/с (для води) до 0,4 л/с при концентрації ПГМГХ у водній вогнегасній речовині - 5%. Досягнення такого ефекту можна пояснити тим, що зазначена водна вогнегасна речовина має покращені (в сенсі пожежогасіння) реологічні властивості порівняно із водою, а також набуттям ефекту ізолювання горючої поверхні матеріалу (деревини).

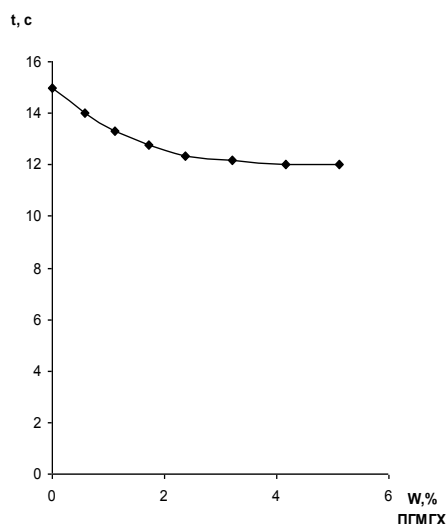


Рисунок 4 – Залежність тривалості гасіння від концентрації ПГМГХ

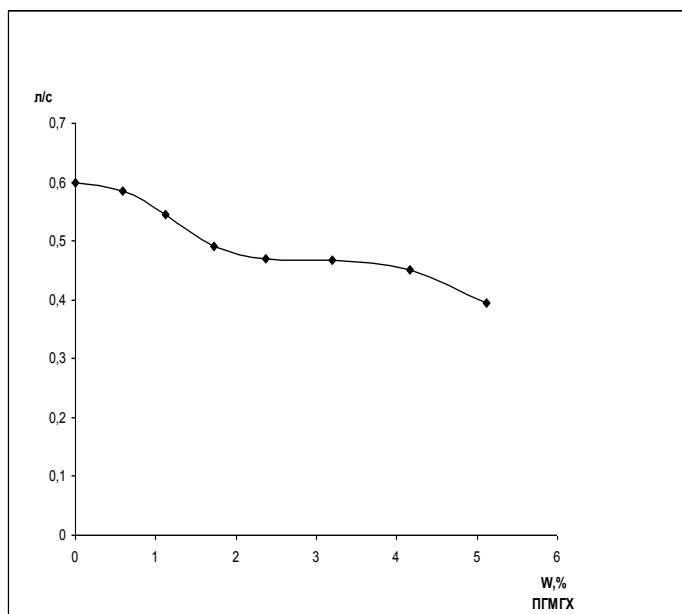


Рисунок 5 – Витрати подачі водної вогнегасної речовини ПГМГХ від масової частки ПГМГХ

Висновки. Проведені дослідження вказують на наявність специфічних властивостей водних розчинів полігексаметиленгуанідингідрохлориду, що вказує на перспективність застосування даної полімерної поверхнево-активної речовини у складі водних вогнегасних речовин для гасіння пожеж класу А.

Перспективи подальших досліджень. Оскільки застосування певних хімічних речовин покращує властивості води, як засобу пожежогасіння, то важливим є порівняння водних вогнегасних речовин по декільком критеріям: вогнегасної ефективності, температурного діапазону використання, екологічності, економічності, корозійної активності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вогнегасні речовини / А.В. Антонов, В.О. Боровиков, В.П. Орел та ін. – Київ: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.
2. Тарахно О.В. Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки О.В. Тарахно Харків: АЦЗУ, 2006. – 395с.
3. Тарахно О.В. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі : Навчальний посібник / О.В.Тарахно, А.Я. Шаршанов. – Харків, 2004. – 254 с.
4. Козяр Н.М. Шляхи підвищення ефективності застосування водних та водопінних вогнегасних речовин / Н.М. Козяр // Науковий вісник УкрНДПБ. – 2009. – №2(20). – С.13-18.
5. Ковалишин В.В. Пінне гасіння / В.В Ковалишин, О.К Васильєва, Н.М Козяр // Львів, СПОЛОМ. – 2007. – 168 с.
6. Дяглева Л.К. К вопросу повышения огнетушащей эффективности воды / Л.К. Дяглева, М.В. Казаков, М.В. Одинець // Процессы горения и проблемы тушения пожаров. Материалы III Всесоюзной науч.-техн. конф. Ч.2 – М.: ВНИИПО, 1973. – С. 168-187.
7. Козаков М.В. Применение поверхностно-активных веществ для тушения пожаров М.В. Козаков - М.: Стройиздат, 1975. – 240 с.
8. Козяр Н.М. Підвищення ефективності застосування водних та водопінних вогнегасних речовин: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд.техн.наук: спец. 21.06.02. / Н.М. Козяр . – Київ, 2009.- 20с.

9. Відновлення показників якості водних і водопінних вогнегасних речовин – зарядів вогнегасників та систем пожежогасіння / Н.М. Козяр, В.О. Боровиков, А.В. Антонов [та ін.] // Пожежна безпека: Зб.наук.пр. – 2007. –№ 11. – С.27-37.
10. Дослідження з визначення показників якості деяких водних вогнегасних речовин / А.І. Турчин, В.О. Боровиков, А.В. Антонов [та ін.] // Науковий вісник УкрНДІПБ – 2008. – №2 (18). – С. 110-115.
11. Боровиков В.О. Проблемні питання застосування піноутворювачів для гасіння пожеж / В.О. Боровиков // Бизнес и безопасность. 2003. – №4. – С. 75-78.
12. Моисеенко М.В. Влияние добавок высокомолекулярных соединений на огнетушащие и огнезащитные свойства воды / М.В. Моисеенко, П.Ф. Дубков // Теоретические и экспериментальные вопросы пожаротушения: Сб.науч.тр – М.: ВНИИПО, 1982. – С.106-113.
13. Казаков М.В. Влияние добавок высокомолекулярных соединений на огнезащитные свойства воды / М.В. Казаков, В.М. Моисеенко, М.В. Одинец // Пожарная техника и тушение пожаров: Сб. науч. тр.- М.: ВНИИПО, 1981.- С.112-116.
14. Трофимов В.А. Рабочие жидкости систем гидропривода / В.А.Трофимов, О.М. Яхно, А.П. Губарев, Р.И. Солонин – К.: НТУУ «КПИ», 2009. –184с.
15. Жартовський С.В. Дослідження реологічних властивостей водної вогнегасної речовини ФСГ-2 / С.В. Жартовський, Коваль О.Д., Маладика І.Г. [та ін.] // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2011. – №9. – С.53-60.
16. Гембицкий П.О. Полимерный биоцидный препарат полигексаметиленгуанидин / П.О. Гембицкий, И.И. Воинцева – Запорожье “Полиграф”, 1998. – 44с.
17. Нижник В.В. Фізична хімія полімерів / В.В.Нижник, Т.Ю. Нижник Підручник.- К.: Фітосоціоцентр, 2009.-424с.
18. Бут В.П. Первинні засоби пожежогасіння. Тактика використання: навчальний посібник / В.П. Бут, В.М. Жартовський, І.Г. Маладика [та ін.]. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля МНС України, 2008. – 136с.
19. Методичний посібник з питань експлуатації та застосування вогнегасників. – К.: УкрНДІПБ МВС України, ДПТ України, 1997. – 119 с.

УДК 614.841.332

А.И. Ковалев, к.т.н., АПБ им. Героев Чернобыля

ВЛИЯНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ В ИЗМЕРЕНИИ ТЕМПЕРАТУР НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Исследовано влияние ошибок в измерении температур на точность определения теплофизических характеристик (теплопроводность и теплоемкость) бетона и вспучивающегося огнезащитного покрытия «Феникс СТВ», производства ООО «ПТК «А+В Украина», для защиты железобетонного монолитного перекрытия.

Ключевые слова: монолитные железобетонные перекрытия, огнестойкость, вспучивающееся огнезащитное покрытие, теплофизические характеристики.

Постановка проблемы. В работах [1,2] были получены теплофизические характеристики (ТФХ) вспучивающегося огнезащитного покрытия «Феникс СТВ», нанесенного на монолитное железобетонное перекрытие при испытаниях этих конструкций на огнестойкость при стандартном температурном режиме [3]. Существенное влияние на точность определения ТФХ оказывает точность получения температур с необогреваемой поверхности монолитного железобетонного перекрытия. При проведении испытания на огнестойкость, согласно [3] имеются погрешности измерений, которые учитываются в вычислительном эксперименте путем введения в значения температур искусственных ошибок случайного характера, соответствующих уровню реальных ошибок измерений. Обратные задачи, решаются как на «точных» значениях температур (без учета погрешностей экспериментальных измерений), так и на «возмущенных» значениях температур, чтобы показать влияние случайных составляющих ошибок измерений, на точность определения параметров модели [4]. Поэтому, анализ влияния ошибок в измерении температур с необогреваемой поверхности является важной задачей правильной оценки огнестойкости монолитных железобетонных перекрытий и настоящей целью данной работы.

Анализ последних достижений и публикаций. Для этого было спланировано и проведено испытание на огнестойкость двух образцов монолитных железобетонных перекрытий, размерами $600 \times 600 \times 60$, один из которых был обработан вспучивающимся огнезащитным составом «Феникс СТВ», общей средней толщиной 1,5 мм, а второй нет (рис. 1).



Рисунок 1 – Вид монолитного железобетонного перекрытия до испытания на огнестойкость:
а) с обогреваемой поверхности;
б) с необогреваемой поверхности.

Каждый образец препарировался термопарами хромель-алюмелевыми (ТХА) по центру четвертей на глубине 20 мм от обогреваемой поверхности (ожидаемое место расположения несущей арматуры в железобетонных конструкциях). Дополнительно на каждом образце с необогреваемой поверхности устанавливались по две термопары ТХА. Испытания проводились при температуре воздуха 25 °С и относительной влажности 65%. Особенностью проведения испытаний было то, что термопары на глубине 20 мм невозможно было установить по изотерме к обогреваемой поверхности, как описано в [3], поэтому их устанавливали перпендикулярно к обогреваемой поверхности сверлением отверстий для их установки, а это приводит к погрешностям, которые имитировались с помощью генератора случайных чисел.

Изложение основного материала исследования. Температуры с необогреваемой поверхности монолитного железобетонного перекрытия без огнезащитного покрытия, полученные в результате испытаний на огнестойкость, возмущали на 10 %, имитируя случайные ошибки в измерении температур (рис. 2).

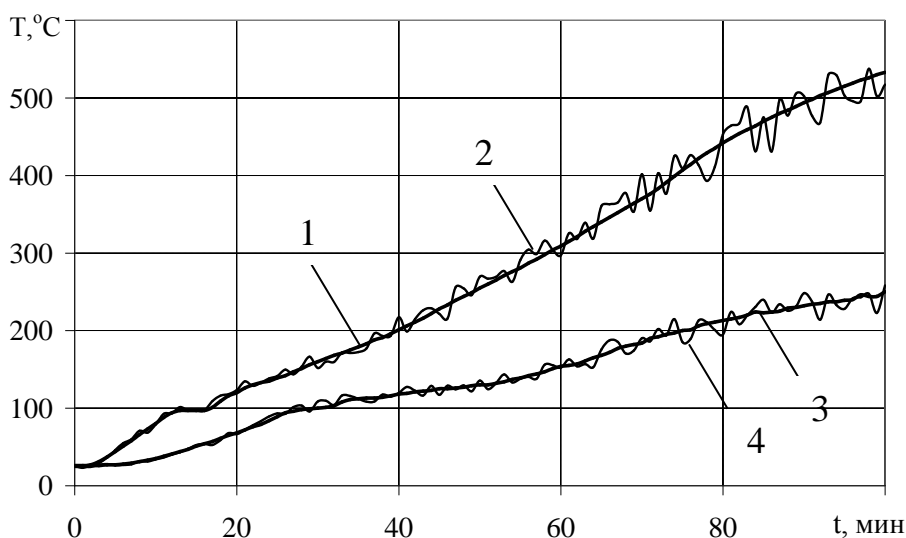


Рисунок 2 – Точные и возмущенные до 10 % значения температур на необогреваемой поверхности монолитного железобетонного перекрытия без огнезащитного покрытия, где:

- 1 – точная кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
- 2 – возмущенная на 10 % кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
- 3 – точная кривая изменения температуры на глубине 20 мм от обогреваемой поверхности;
- 4 – возмущенная на 10 % кривая изменения температуры на глубине 20 мм от обогреваемой поверхности.

Далее по этим температурам, решением обратных задач теплопроводности (ОЗТ), искали ТФХ бетона, зависящие от температуры (рис. 3,4).

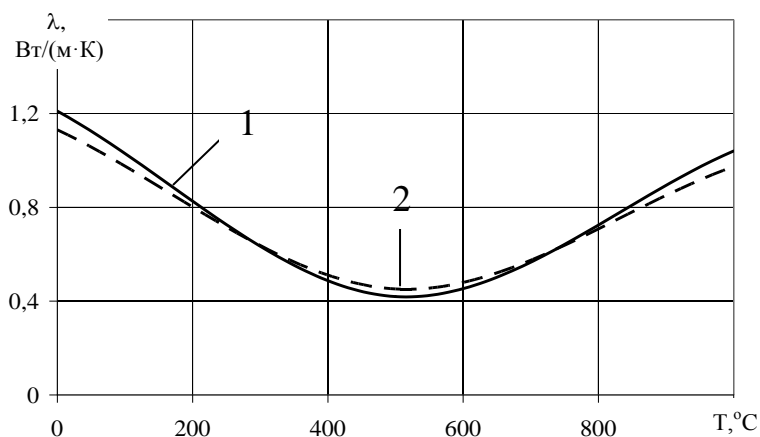


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента теплопроводности бетона от температуры, где:
 1 – точная зависимость;
 2 – зависимость, полученная в результате решения ОЗТ при возмущенных температурах на 10%.

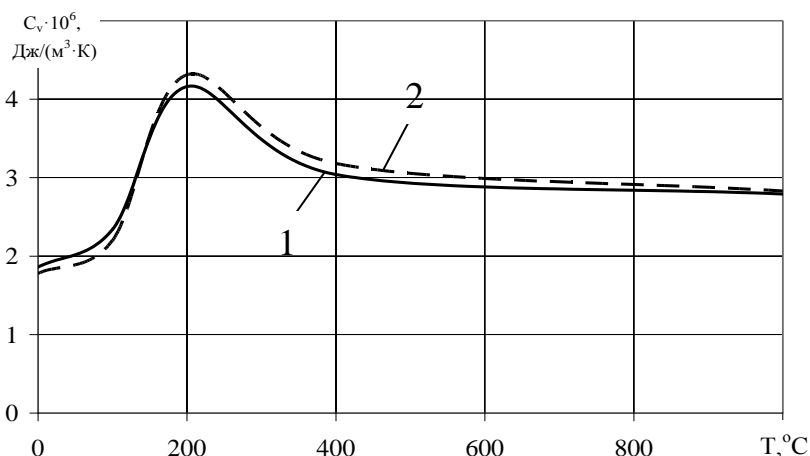


Рисунок 4 – Зависимость удельной объемной теплоемкости бетона от температуры, где:
 1 – точная зависимость;
 2 – зависимость, полученная в результате решения ОЗТ при возмущенных температурах на 10%.

Из рисунков 3,4 видно, что зависимости ТФХ исследуемых образцов монолитных перекрытий реагируют на весьма существенные погрешности в температурах, но качественно и количественно они не сильно отличаются от точных. Отклонение точных значений от возмущенных составляет 8 %, что вполне приемлемо для инженерных расчетов. При этом величина (критерий) среднеквадратичного отклонения расчетных температур от «экспериментальных», полученных в вычислительном эксперименте с добавлением возмущения температур на 10 %, составил 14,2 °С.

Значения ТФХ (рис. 3, 4) использовали в расчетах для нахождения ТФХ вспучивающегося огнезащитного покрытия «Феникс СТВ». Температуры с необогреваемой поверхности монолитного железобетонного перекрытия с огнезащитным покрытием, полученные в результате испытаний на огнестойкость, возмущали на 10 %, имитируя случайные ошибки в измерении температур (рис. 5).

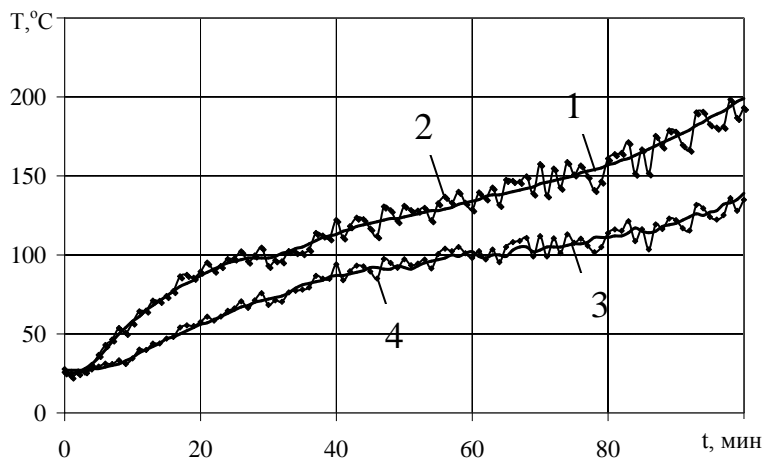


Рисунок 5 – Точные и возмущенные до 10 % значения температур на необогреваемой поверхности монолитного железобетонного перекрытия со вспучивающимся огнезащитным покрытием «Феникс СТВ», где:

- 1 – точная кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
- 2 – возмущенная на 10 % кривая изменения температуры на необогреваемой поверхности;
- 3 – точная кривая изменения температуры на глубине 20 мм от обогреваемой поверхности;
- 4 – возмущенная на 10 % кривая изменения температуры на глубине 20 мм от обогреваемой поверхности.

Используя возмущенные на 10 % температуры (рис. 5), решением ОЗТ искали ТФХ вспучивающегося огнезащитного покрытия «Феникс СТВ».

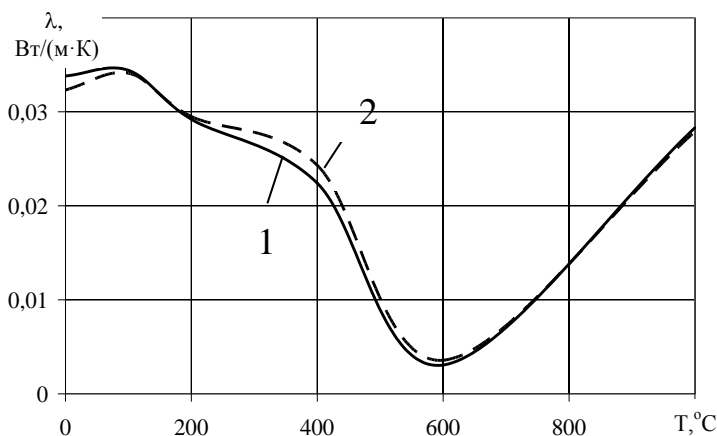


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента теплопроводности покрытия «Феникс СТВ» от температуры, где:

- 1 – зависимость, полученная решением ОЗТ по результатам испытаний на огнестойкость;
- 2 – зависимость, полученная в результате решения ОЗТ при возмущенных температурах на 10%.

Выводы.

В результате исследования влияния случайных погрешностей в измерении температур на 10 % с необогреваемой поверхности монолитного железобетонного перекрытия установлено, что случайные погрешности слабо влияют на точность определения

теплофизических характеристик бетона и теплофизических характеристик вспучивающегося огнезащитного покрытия «Феникс СТВ» (максимальная погрешность до 8 %).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Круковский П.Г. Методика определения характеристики огнезащитной способности вспучивающихся огнезащитных покрытий на бетонных перегородках расчетно-экспериментальным методом / П.Г. Круковский, А.И. Ковалев // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2011. – № 7. – С. 170-185.
2. Экспериментальное исследование огнезащитной способности вспучивающегося огнезащитного покрытия на бетонной плите / А.И. Ковалев, П.Г. Круковский, Е.В. Качкар [и др.] // Пожежна безпека. – 2010. – №17. – С. 172-179.
3. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги (ISO 834:1975): ДСТУ Б В.1.1-4-98. – [Чинний від 1998-10-28]. – К.: Укрархбудинформ, 1999. – 21с. – (Державний стандарт України).
4. Качкар Е.В. Идентифицируемость параметров модели теплового состояния сэндвич-панелей с минераловатными плитами / Е.В. Качкар // Проблемы пожарной безопасности. – 2010. - № 27. – С. 70-76.

УДК 159.9:614.8

А.Н. Крутолевич,
НИО ГУО «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь¹

ОЦЕНКА УРОВНЯ ПСИХИЧЕСКОГО И ФИЗИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СЛУЖБ

Представлены результаты исследования по оценке уровня психического и физического здоровья работников экстремальных служб. В статье также рассматривается вопрос о влиянии социодемографических факторов, факторов «физическая активность» и «злоупотребление алкоголем» на оценку работниками экстремальных служб функционального состояния своего психического и физического здоровья.

Ключевые слова: работники экстремальных служб, уровень физического здоровья, уровень психического здоровья, физическая активность, злоупотребление алкоголем, частота проявления вторичной травматизации.

Постановка проблемы.

Начиная с 90-ых годов 20-го столетия ученые в области клинической психологии более тесно подошли к изучению феномена «вторичная травматизация». В связи с возросшим интересом к этому феномену в последние редакции основных классификаторов болезней DSM-IV и ICD-10 были внесены изменения в определении посттравматического стрессового расстройства у лиц. Так, развиваться посттравматическое расстройство может не только у лиц, переживших травматическое событие, но и у лиц, которые напрямую связаны с травматическим событием, т.е. учтена возможность вторичной травматизации:

«(1) the person experienced, witnessed, or was confronted with an event or events that involved actual or threatened death or serious injury, or a threat to the physical integrity of self or others (2) the person's response involved intense fear, helplessness, or horror»[1].

Разделение посттравматического расстройства на «первичное» и «вторичное» было предложено Чарльзом Фигли (Charles Figley) в 1995 году [2]. В психологической литературе также можно встретить схожие по смыслу определения «vicarious traumatization», «compassion fatigue». Считается, что причина возникновения вторичной травматизации лежит в сострадании и эмоциональной близости с жертвой травматических событий [2,3]. Чувство эмоциональной близости с жертвой возникает через идентификацию с ней, и особенно сильно тогда, когда жертва имеет сходство с нами или с близкими нам людьми.

Изначально феномен «вторичная травматизация» изучался в отношении психотерапевтов, оказывающих психотерапевтическую помощь лицам, пострадавшим вследствие пережитых травматических событий[2,3].

Впоследствии этот феномен стал изучаться в отношении других представителей служб оказания помощи и спасения людей. К ним относятся медицинские работники скорой медицинской помощи, пожарные-спасатели, работники правоохранительных органов. Риск развития посттравматических стрессовых расстройств в течение жизни в таких группах увеличен в 4-5 раз в сравнении с гражданскими группами населения и составляет, по данным различных исследований, от 18.2 -22.2 до 32-36% [4].

Анализ имеющихся данных.

Проведенные эпидемиологические исследования групп повышенного риска развития посттравматических расстройств показали, что наиболее травмирующими событиями являются катастрофы с массовой гибелью людей.

¹ Исследование и анализ данных, анализ литературы и исследований проводились в период обучения в докторантуре Института психопатологии и клинической интервенции университета г. Цюриха

Однако ежедневная конфронтация с травматическими событиями является не менее отягощающим фактором для работников экстремальных служб [5,6,7].

Проведенные исследования по изучению ежедневной рутинной деятельности работников экстремальных служб позволили определить частоту проявления посттравматического расстройства от 36% работников медицинской службы спасения [8] до 5-9% пожарных-спасателей [9].

Неоднородные данные о частоте проявления посттравматических стрессовых расстройств нормальны и колеблются в зависимости от направления деятельности опрашиваемых (медицинская служба, пожарные-спасатели, работники правопорядка), методах проведения исследования (интервью или анкета-опросник), условий проведения, различия в определении и постановки диагноза «посттравматическое расстройство».

Постоянная конфронтация работников экстремальных служб со стрессовыми ситуациями, которые зачастую сопряжены с риском для собственной жизни, человеческими жертвами, реакцией родных погибших, а также работа в условиях постоянной «боевой готовности», очень высоких температур и задымленности, вдыхание ядовитых паров, ночные дежурства, - все это приводит к ухудшению физического и психического здоровья.

Так, проведенные исследования среди работников пожарных частей показали, что самой распространенной причиной смерти пожарных являются не ожоги и отравление ядовитым дымом, а заболевания сердечнососудистой системы [10,11]. При этом, к наиболее распространенным ситуациям, которые приводят к смерти по причине сердечнососудистых заболеваний, относятся «тушение пожара» (32,1%), «вызов (подъем) по тревоге» (13,4%), «возвращение после вызова по тревоге» (17,4%), «физическая нагрузка и тренировка» (12,5%), «реакция на вызов по тревоге без пожара» (9,4%) и другие ситуации (15,4%) [10].

Высокий уровень ответственности и социальное давление, большой объем физических нагрузок, ношение тяжелого снаряжения, как в учебных, так и в служебных мероприятиях, а также, вдыхание токсичных веществ, служат источниками сильного стресса и приводят к развитию заболеваний сердечнососудистой системы [12].

Исследователи отмечают также большое число жалоб у пожарных-спасателей на боли в спине, головы, нарушений сна, памяти и концентрации внимания, увеличение числа депрессивных и агрессивных состояний, алкоголизм [13].

Постановка задачи.

С целью определения преваленции «вторичной травматизации» среди работников экстремальных служб (скорая медицинская помощь, органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям) и их оценке состояния психического и физического здоровья, а также факторов определяющих состояние здоровья, было проведено исследование. Это исследование является первым комплексным репрезентативным исследованием в области вторичной травматизации работников экстремальных служб Республики Беларусь.

Исследование проводилось в рамках научно-исследовательского проекта с институтом психопатологии и клинической интервенции университета Цюриха и его директором профессором, доктором медицинских наук, доктором психологических наук Андреасом Меркером.

Обработка эмпирических данных, их систематизация, а также их количественное описание посредством основных статистических показателей, анализ на определение статистической разницы между группами, корреляционный анализ данных были проведены с помощью программного обеспечения PASW/SPSS 18, предоставленного институтом психопатологии и клинической интервенции университета Цюриха.

Определение нерешенных вопросов, проблем, которым посвящается статья.

В результате исследования были получены данные о 168 работниках органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям и скорой медицинской помощи. Исследование позволило сделать вывод о том, что частота проявления вторичной травматизации работников экстремальных служб на момент исследования составила 13,1%, из них 7,7% соответствовало легкой и средней форме данного расстройства, 5,4% - тяжелой форме.

Процент вторичной травматизации среди работников скорой медицинской помощи составил 20,8%, а среди работников органов и подразделений 6,1%, при этом высокий уровень травматизации среди работников органов и подразделений составил 1,7%, а среди работников скорой медицинской 13,2%. Тем самым, уровень вторичной травматизации среди работников экстремальных служб близок к средним мировым показателям.

Актуальным является вопрос об оценке работниками экстремальных служб функционального состояния своего психического и физического здоровья, а, также, вопрос об оценке влияния социодемографических факторов и таких факторов, как «физическая активность» и «злоупотребление алкоголем», на уровень психического и физического здоровья работников экстремальных служб.

Основной материал исследования.

В комплексную анкету-опросник вошли вопросы на определение социодемографических параметров (возраст, семейное положение, наличие детей, стаж работы, уровень образования), клинические шкалы и психодиагностические тесты на определение: уровня вторичной травматизации, Secondary Trauma Questionnaire (STQ, Motta & Joseph, 1998; dt. Maercker, 2000), краткая форма опросника по оценке физического и психического здоровья, Short Form Health Survey (Ware, Kosinski & Keller, 1996), по диагностике алкоголизма, CAGE Questionnaire (Ewing, 1984), и скрининговый вопрос о регулярном занятии спортом (уровень физической активности).

Для порядковых и номинальных переменных (пол, профессиональная группа, соответствие критерию «злоупотребление алкоголем» и «занятие спортом»), а также для количественных признаков, не подчиняющихся нормальному распределению (возраст, стаж по профессии, уровень образования, оценка психического и физического здоровья), рассчитывался коэффициент ранговой корреляции Спирмэна. Параметр «вторичная травматизация» соответствовал нормальному распределению (согласно результатам теста Колмогорова-Смирнова). Для определения разницы между группами использовался статистический метод для непараметрических данных – U-тест Манна-Уитни.

Анализ полученных данных о 168 работниках органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям и скорой медицинской помощи показал, что состояние своего психического и физического здоровья оценили достаточно низко (средняя арифметическая оценка физического здоровья составила 49,73 и средняя арифметическая оценка психического здоровья составила 46,83), что соответствует оценке состояния психического и физического здоровья группе лиц с «острыми и хроническими заболеваниями». Особенно низко опрошенными было оценено их психическое здоровье.

Из числа всех опрошенных у 11,9% выявлена склонность к злоупотреблению алкоголем, с другой стороны, 49,4% опрошенных занимаются спортом 5 раз в неделю не менее 30 минут в день. Занятие спортом 5 раз в неделю минимум по полчаса в день является рекомендацией Всемирной организации здравоохранения для сохранения здоровья взрослого человека в современных условиях.

Статистически значимой разницы относительно занятия спортом ($U=2612.000$, $p=0.086$) или злоупотребления алкоголем ($U=3021.500$, $p=0.874$) между двумя группами (работники органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям и работники скорой медицинской помощи) по результатам статистического метода Манна-Уитни выявлено не было. Функциональный уровень как физического, так и психического здоровья у работников скорой медицинской помощи значительно ниже, чем у работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям. Так, у работников скорой медицинской помощи средняя арифметическая оценка физического, так и психического здоровья (далее - M) и стандартное отклонение (далее - S) составили: $M_{\text{физ.}}=47,74$ ($S=8,83$), а $M_{\text{псих.}}=42,61$ ($S=11,91$), у работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям $M_{\text{физ.}}=50,64$ ($S=6,91$), а $M_{\text{псих.}}=48,77$ ($S=8,81$).

Разница двух групп в оценке здоровья статистически достоверна, что подтверждается результатами статистического метода Манна-Уитни. Так, по отношению к критерию

«физическое здоровье» показатель $U=2405,5$ при $p=0,028$ и по отношению к критерию «психическое здоровье» показатель $U=2141,5$ при $p=0,002$.

Отчетливо прослеживается разница в оценке состояния здоровья по гендерному признаку. Функциональный уровень физического здоровья у женщин составил $M_{\text{физ.}}=47,24$ ($S=8,51$), а психического $M_{\text{псих.}}=41,25$ ($S=11,36$), соответственно, у мужчин $M_{\text{физ.}}=50,48$ ($S=7,03$), а $M_{\text{псих.}}=48,51$ ($S=9,32$). Разница в оценке своего здоровья между мужчинами и женщинами статистически достоверна, что подтверждается результатами статистического метода Манна-Уитни. Так, по отношению к критерию «физическое здоровье» показатель $U=1965,5$ при $p=0,039$ и по отношению к критерию «психическое здоровье» показатель $U=1522,5$ при $p=0,000$.

Важно отметить и то, что те, кто занимается спортом не менее 5 раз в неделю по полчаса, оценили состояние своего как физического, так и психического здоровья значительно выше, чем те, кто не занимается регулярно спортом. Уровень здоровья у тех, кто занимается спортом составил $M_{\text{физ.}}=51,05$ ($S=6,55$), а $M_{\text{псих.}}=48,50$ ($S=10,20$), у тех, кто не занимается регулярно спортом $M_{\text{физ.}}=48,43$ ($S=8,16$), а $M_{\text{псих.}}=45,19$ ($S=10,12$). Разница в оценке здоровья между теми, кто регулярно занимается спортом и теми, кто не регулярно занимается спортом, подтверждается результатами статистического метода Манна-Уитни. Так, по отношению к критерию «физическое здоровье» показатель $U=2848,5$ при $p=0,031$ и по отношению к критерию «психическое здоровье» показатель $U=2737,5$ при $p=0,012$.

Интересно и то, что те, кто злоупотребляет алкоголем, оценил состояние своего как психического, так и физического здоровья значительно ниже. Уровень здоровья у тех, кто злоупотребляет алкоголем составил $M_{\text{физ.}}=45,27$ ($S=9,83$), а $M_{\text{псих.}}=43,10$ ($S=10,88$), а у тех, кто не злоупотребляет алкоголем $M_{\text{физ.}}=50,33$ ($S=6,96$), а $M_{\text{псих.}}=47,33$ ($S=10,11$). Разница в оценке здоровья между теми, кто злоупотребляет и теми, кто не злоупотребляет, подтверждена результатами статистического метода Манна-Уитни, по отношению к критерию «физическое здоровье» показатель $U=1077,5$ при $p=0,04$. По отношению к критерию «психическое здоровье» разница между группами не является достоверной, показатель $U=1112,5$ при $p=0,071$.

Таблица 1 – Корреляционный анализ критериев «психическое здоровье» и «физическое здоровье» всех участников исследования ($n=168$)

Факторы	Психическое здоровье	Физическое здоровье
	Коэффициент корреляции r^2 Уровень статистической значимости p (* $p<0,05$; ** $p<0,01$)	
возраст	-.21**	-.22**
пол	.29**	.16*
семейное положение	.08	.10
условия проживания	.13	.12
наличие детей	.11	.02
уровень образования	-.001	.07
опыт работы	-.21**	-.23**
уровень вторичной травматизации	-.34**	-.13
«занятие спортом»	.19*	.17*
«злоупотребление алкоголем»	-.14	-.15*

Существование взаимосвязи между функциональным уровнем психического и физического здоровья работников экстремальных служб и занятием спортом подтверждают результаты корреляционного анализа. В обоих случаях это прямая связь, коэффициенты .19 и .17 соответственно.

Результаты корреляционного анализа также подтверждают наличие обратной связи между злоупотреблением алкоголя и функциональным уровнем физического здоровья ($r^2=-$

.15), что указывает на ухудшении физического здоровья тех, кто регулярно употребляет алкоголь.

Исследование не выявило статистически значимой взаимосвязи между уровнем психического и физического здоровья и уровнем образования, семейным положением, наличием детей, условиями проживания.

В свою очередь результаты корреляционного анализа позволяют сделать следующий вывод: возраст и временной стаж работы значительно влияют на функциональный уровень психического и физического здоровья работников служб, связанных со спасением людей. Коэффициент корреляции для обоих факторов по отношению к состоянию физического и психического здоровья отрицательный (таб.1).

Наличие посттравматического стрессового расстройства приводит к ухудшению психического здоровья работников экстремальных служб. На обратную связь психического здоровья и вторичной травматизации работников указывает коэффициент корреляции -.34.

Выводы.

Несмотря на то, что у работников экстремальных служб со временем развивается психологическая иммунизация, а выработанные копинг-стратегии позволяют справиться с ежедневным стрессом, профессиональная деятельность в службах, связанных со спасением людей, во всем мире приводит к повышенному риску развития психосоматических и психических расстройств.

Как показало исследование, ежедневная конфронтация работников экстремальных служб с травматическими событиями является не только фактором риска развития посттравматических стрессовых расстройств, но и отрицательно влияет на состояние психического и физического здоровья работников.

Наиболее уязвимой группой, как по отношению к вторичной травматизации, так и по отношению к психическому и физическому здоровью, являются работники скорой медицинской помощи. Из их числа в особую группу риска входят женщины, работающие медицинскими работниками данной службы. Они не только наиболее уязвимы в отношении развития посттравматических стрессовых расстройств, но и общий уровень их физического и психического здоровья требует дополнительного внимания.

Физическая активность благоприятно действует не только на общее физическое, но и на психическое здоровье.

Однозначно негативно на физическом здоровье сказывается злоупотребление алкоголем. В отношении психического здоровья данные исследования не позволяют сделать такой вывод.

Также можно сделать вывод о том, что наличие посттравматического стрессового расстройства значительно ухудшает функциональное состояние психического здоровья работников экстремальных служб.

Перспективы и применение.

Несмотря на актуальность данной проблемы во всем мире, число исследований по представленной тематике сравнительно мало, а инициирование и проведение самого исследования сопряжено с рядом организационных, методологических и мотивационных проблем.

Основные профилактические меры должны быть направлены на снижение риска развития посттравматических стрессовых расстройств работников экстремальных служб и на пропаганду салютогенных (поддерживающих здоровье) копинг-стратегий, к примеру, регулярное занятие спортом, отказ от курения и алкоголя, как стратегий совладения со стрессом.

Особое внимание в изучении данного вопроса следует уделить наиболее уязвимым группам работников экстремальных служб, – женщинам.

Для разработки программ первичных и вторичных превентивных мер необходимо дальнейшее изучение факторов, влияющих на развитие посттравматических расстройств, на состояние психического и физического здоровья в целом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. APA (American Psychiatric Association) (1994). Diagnostic and statistical manuals of mental disorders. (4. Aufl.). Washington DC: American Psychiatric Association.
2. Figley, C.R. Compassion fatigue: Coping with secondary traumatic stress disorder in those who treat the traumatized. Bristol: Brunner/Masel, 1995.
3. Pearlman, L.A., Saakvitne, K.W. (1995). Trauma and the therapist: counter transference and vicarious traumatization in psychotherapy with incest survivors. London: W.W.Norton.
4. Maercker, A. Posttraumatische Belastungsstörung / U. Baumann, M. Perrez // Klinische Psychology–Psychotherapy / U. Baumann, M. Perrez. – 3., vollst. ueberarb. Aufl. – Bern: Huber, 2005. – 978 S.
5. Eriksson, C. B., Foy, D. W., & Larson, L. C. (2004). When the helpers need help: Early intervention for emergency and relief services personnel. In Litz, B. T., & Gray, M. J. (Hrsg.), Early intervention for trauma in adults: A framework for first aid and secondary prevention, (S. 241-262). New York, NY, US: Guilford Press.
6. Kruesmann, M. (2003). Pravention posttraumatischer Storungen im Einsatzwesen. In W. Butollo & M.Hagl (Hrsg.), Trauma, Selbst und Therapie. Konzepte und Kontroversen in der Psychotraumatologie (S. 147-161). Bern: Hans Huber.
7. Teegen, F. (2001). Pravvalenz von Traumaexposition und Posttraumatischer Belastungsstörung bei gefahrdeten Berufsgruppen. In A. Maercker & U. Ehler (Hrsg.), Psychotraumatologie (S. 169-185). Gottigen: Hogrefe.
8. Teegen, F., & Yasui, Y. (2000). Traumaexposition und posttraumatische Belastungsstorungen bei dem Personal von Rettungsdiensten. Verhaltenstherapie und Verhaltensmedizin, 21(1), 65-83.
9. Teegen, F., Domnick, A. & Heerdegen, M. (1997). Hochbelastende Erfahrungen im Berufsalltag von Polizei und Feuerwehr. Verhaltenstherapie und psychosoziale Praxis, 29(4), 583 - 599.
10. Kales, S.N.; Soteriades, E.S.; Christophi, C.A. & Christiani, D.C. (2007). Emergency Duties and Deaths from Heart Disease among Firefighters in the United States. *The New England Journal of Medicine*, Vol. 356, No. 12, S. 1207-1215.
11. Mbanu, I.; Wellenius, G.A.; Mittleman, M.A.; Peeples, L.; Stallings, L.A. & Kales, S.N. (2007). Seasonality and Coronary Heart Disease Deaths in United States Firefighters. *Chronobiology International*, Vol. 24, No. 4, S. 715-726.
12. Rosenstock, L. & Olsen, J. (2007). Editorials. Fire fighting and Death from Cardiovascular Causes. *The New England Journal of Medicine*, Vol. 356, No. 12, S. 1261-1263.
13. Teegen, F.; Domnick, A. & Heerdegen, M. (1997). Hochbelastende Erfahrungen im Berufsalltag von Polizei und Feuerwehr: Traumaexposition, Belastungsstorungen, Bewaltigungsstrategien. *Verhaltenstherapie und psychosoziale Praxis*, Vol. 29, No. 4, S. 583-599.

УДК 614.841.2

А. Д. Кузик, к.ф.-м.н., доц., С. О. Ємельяненко,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ОЦІНЮВАННЯ ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ У ЖИТЛОВИХ БУДИНКАХ М. ЛЬВОВА ЧЕРЕЗ НЕОБЕРЕЖНЕ ПОВОДЖЕННЯ З ВОГНЕМ

Розглядаються пожежні ризики житлового сектора, зумовлені різноманітними факторами. Пропонується для оцінки пожежного ризику враховувати температуру навколишнього середовища.

Ключові слова: ризик, пожежний ризик, необережне поводження, температура повітря, кореляційний аналіз.

Постановка проблеми. Згідно з [1], в Україні у 2011 році найбільшу кількість загиблих унаслідок пожеж зареєстровано в житловому секторі – 2715 осіб (94,6 % загальної кількості), з яких 2296 осіб загинуло безпосередньо в житлових будинках. Протягом 2011 року основною причиною пожеж в житловому секторі було необережне поводження з вогнем (37275 пожеж або 61,3 % від їх загальної кількості), через яку загинуло 1957 осіб (68,2 % загальної кількості), із них 1545 осіб втратили життя внаслідок паління, 827 осіб при цьому перебували у стані алкогольного сп'яніння.

У Львові через необережне поводження з вогнем у 2011 році виникло 144 пожежі, що становить 74 % від всіх пожеж, які спричинили загибель трьох людей [2]. Закономірності виникнення пожеж з причин необережного поводження з вогнем досі недостатньо вивчені, оскільки залежать від багатьох чинників, які складно прогнозувати, зокрема людського фактора.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи є оцінювання пожежних ризиків з причини необережної поведінки з вогнем у житлових будинках Львова та встановлення факторів, які зумовлюють їх зростання.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Для оцінювання пожежної небезпеки об'єктів різноманітного призначення, в тому числі житлових будинків, застосовують пожежні ризики, серед яких важливим є ризик зіткнутися з пожежею. Обчислення статистичних ризиків здійснюється за допомогою загальноприйнятих методик [3]. Проте ці методики застосовуються, як правило, для оцінювання пожежних ризиків міста чи регіону за період $T = 1$ рік. Але різноманіття видів будинків та квартир, які мають архітектурні особливості, зумовлює відмінності пожежної небезпеки, а отже і ризиків зіткнутися з пожежею. Тому обчислення ризиків здійснювалися нами за даними ГУ МНС України у Львівській обл. та ГУ Держтехногенбезпеки у Львівській обл. як для міста Львова загалом, так і для адміністративних районів міста, груп будинків з близькими архітектурними особливостями і рівнями пожежної небезпеки, а також за різні періоди часу. Використовували статистичні дані про населення Львова [2] та дані Львівської міської ради.

Проаналізувавши середні значення ризиків зіткнутися з пожежею у Львові за період 2002-2011 років з причини необережного поводження з вогнем, виявлено, що їх рівень для більшості районів є високим (найбільш небезпечними є Залізничний та Шевченківський райони) та неприйнятним для Галицького району (рис. 1) [4].

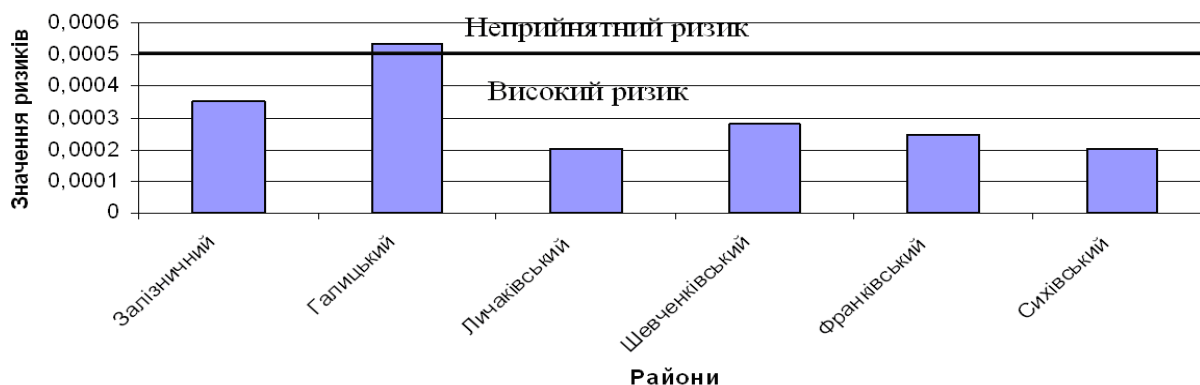


Рисунок 1 – Середні значення ризиків зіткнутися з пожежею в адміністративних районах Львова з причини необережного поводження з вогнем за період 2002-2011 рр.

Для більш детального розгляду пожежних ризиків з цієї причини нами досліджено залежність ризиків від груп будинків, у яких проживають мешканці. Місто має різноманітні архітектурні житлові будинки, які нами розподілені за такими групами [5]:

- 1) особняки;
- 2) 2-5 поверхові будинки (історична частина міста);
- 3) 4-8 поверхові будинки з кінця 60-их рр.;
- 4) 9-10 поверхові будинки;
- 5) будинки понад 10 поверхів;
- 6) гуртожитки.

Оскільки виникнення більше однієї пожежі в одній квартирі є малоймовірним та не фіксувалося у даних про пожежі, вважаємо що кількість пожеж дорівнює кількості квартир, у яких вони виникли. Оскільки кількість жителів в будинках різних груп складно оцінити, тому пожежний ризик зіткнутися з пожежею у адміністративних районах міста за групами будинків обчислювали за модифікованою формулою:

$$R_{з.п.} = \frac{N_{к.б.}^{ПОЖ.}}{N_{жит.} \cdot T} = \frac{N_{к.б.}^{ПОЖ.}}{N_{ж.к.} \cdot T} \cdot \frac{N_{ж.к.}}{N_{жит.}}, \quad (1)$$

де $N_{к.б.}^{ПОЖ.}$ – кількість пожеж з причини необережного поводження з вогнем у квартирах відповідної групи будинків та району за рік, $N_{ж.к.}$ – загальна кількість квартир відповідної групи будинків та району, $N_{жит.}$ – кількість жителів квартир відповідної групи будинків та району, T – період часу, роки. Величину $\frac{N_{ж.к.}}{N_{жит.}}$ знайдено для кожного району з припущення про пропорційне розселення жителів району у всіх групах будинків, тобто з використанням формули

$$\frac{N_{ж.к. \text{ р-ну}}}{N_{жит. \text{ р-ну}}} = \frac{N_{ж.к.}}{N_{жит.}}, \quad (2)$$

де $N_{жит. \text{ р-ну}}$ – кількість жителів відповідного району, $N_{ж.к. \text{ р-ну}}$ – загальна кількість квартир у цьому районі. Залежності індивідуальних пожежних ризиків від архітектурних особливостей будинків та адміністративних районів м. Львова з причини необережного поводження з вогнем наведені на рис. 2.

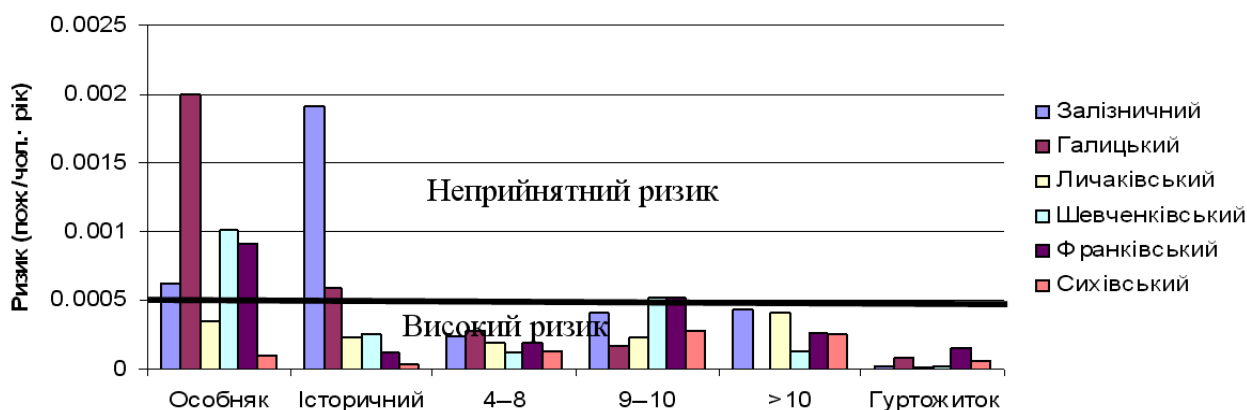


Рисунок 2 – Середні значення ризиків зіткнутися з пожежею з причини необережного поводження з вогнем за період 2002-2011 рр. в адміністративних районах Львова за групами будинків

Згідно з розрахунками найбільш небезпечними з причини необережного поводження з вогнем є будинки приватного сектора (особняки), для яких середні значення ризиків є неприйнятними майже у всіх районах, окрім Сихівського та Личаківського. Для будинків історичної забудови неприйнятними є ризики у Залізничному та Галицькому районах. Для 9-10-поверхових будинків ризики неприйнятними є лише у Шевченківському та Франківському районах. У будинках з понад 10 поверхів ризики є високими, але не переходять у неприйнятні, що є результатом реалізації додаткових протипожежних вимог при будівництві будинків з підвищеною поверховістю. Значно нижчими, проте високими, є ризики у 4-8-поверхових будинках. Порівняно низькими є ризики в гуртожитках, що може бути зумовлене своєчасним виявленням та ліквідацією більшості пожеж на ранній стадії розвитку без інформування оперативно-рятувальних служб.

На значення ризику зіткнутися з пожежею з причини необережного поводження з вогнем впливає низка прогнозованих та непрогнозованих факторів, які мають випадковий характер: температура навколишнього середовища, необережність поводження з вогнем, незнання можливих небезпек при експлуатації побутових приладів, наявність сприятливого середовища для горіння, паління після вживання спиртних напоїв та ін. [9, 10]

Одним з вагомих факторів впливу на пожежні ризики є температура навколишнього середовища. Різкі перепади температури повітря впливають на діяльність людей, стан їх здоров'я та самопочуття, що може призвести до виникнення пожежі. В літній період через підвищення температури та людську діяльність зростає ризик пожеж у лісах та в сільській місцевості, а у міських квартирах Львова в цей період ризик зменшується, частково через період масових відпусток та виїзд мешканців на відпочинок (рис. 3).

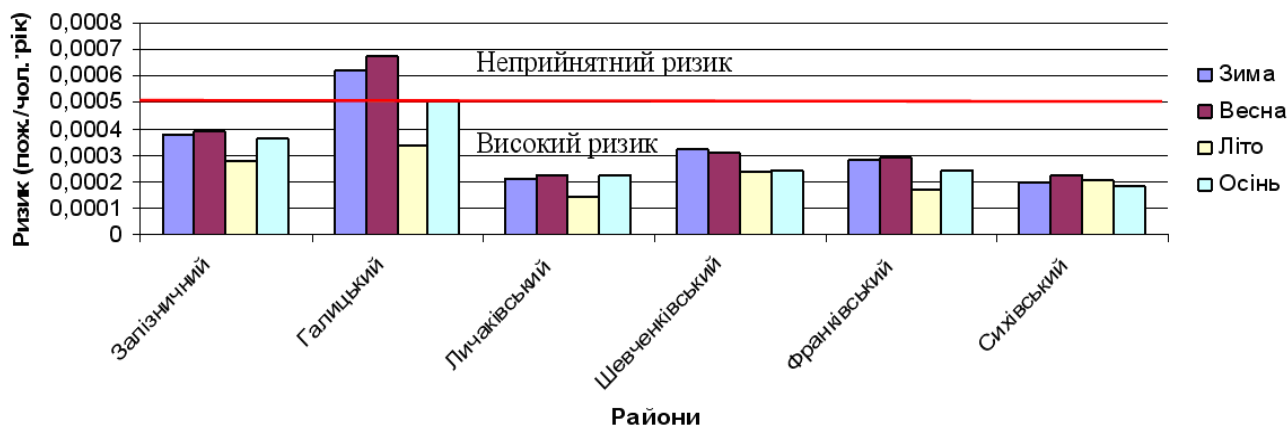


Рисунок 3 – Середні значення ризиків зіткнутися з пожежею за адміністративними районами Львова з причини необережного поводження з вогнем та за сезонами (2002-2011 рр.)

За сезонами середні значення пожежних ризиків зіткнутися з пожежею з причини необережного поводження з вогнем у (2002-2011 рр.) були неприйнятними для Галицького району з переважаючою часткою будинків історичної забудови взимку, навесні та восени, влітку вони були високими. У інших районах у всі сезони вони були високими.

В опалювальний сезон (О.С.) ризик пожеж збільшується як у містах, так і в селах, здебільшого через необережне поводження з вогнем (рис. 4).

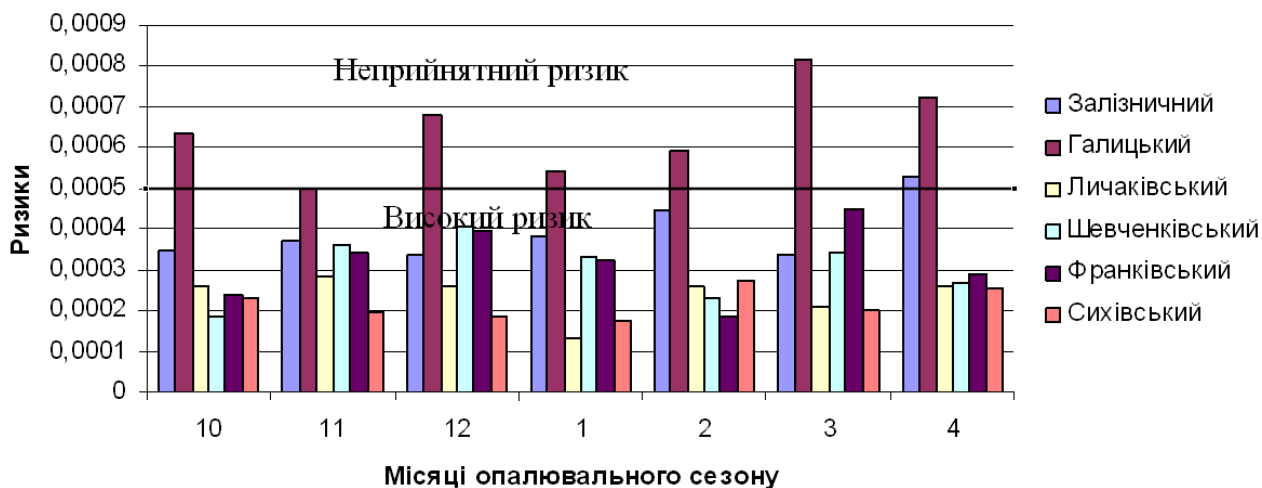


Рисунок 4 – Середні значення ризиків зіткнутися з пожежею за адміністративними районами Львова з причини необережного поводження з вогнем в опалювальні сезони (2002-2011 рр.)

Для більш детальнішого аналізу впливу температури навколишнього середовища на ризик зіткнутися з пожежею здійснено кореляційний аналіз між кількістю пожеж у житлових будинках [2]] і денною температурою [6] (табл.1.).

Таблиця 1– Коefіцієнти кореляції між пожежами у житлових будинках Львова та середньодобовою температурою для кожного місяця зокрема, року та за період опалювального сезону

Рік	Місяці												Рік	О.С.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
2002	0,17	0,06	0,08	-0,03	-0,27	0,01	-0,03	-0,22	0,25	-0,02	0,19	-0,23	-0,09	-0,13
2003	-0,08	0,09	-0,20	0,20	-0,04	0,00	-0,38	0,19	0,14	-0,28	-0,23	-0,42	-0,15	-0,13
2004	-0,07	-0,05	-0,26	0,01	0,29	-0,16	-0,09	0,13	0,01	-0,02	0,16	0,05	-0,16	-0,10
2005	0,05	-0,16	-0,22	-0,19	-0,04	-0,25	0,09	0,24	0,06	0,05	-0,12	-0,13	-0,13	-0,03
2006	-0,20	0,03	-0,35	-0,05	0,04	0,14	-0,04	0,15	-0,40	-0,21	-0,22	0,13	-0,17	-0,12
2007	-0,01	0,20	-0,17	-0,04	-0,30	0,50	0,23	0,39	0,10	0,10	-0,17	0,04	0,03	-0,03
2008	-0,26	0,06	-0,21	0,11	0,20	0,16	0,06	0,05	0,41	-0,05	0,02	0,06	-0,16	-0,17
2009	-0,24	-0,02	-0,28	0,24	0,04	-0,29	0,19	0,07	0,03	-0,22	0,10	-0,02	-0,18	-0,10
2010	-0,06	-0,13	0,02	0,13	0,00	-0,22	-0,11	0,05	-0,12	-0,13	0,06	-0,22	-0,15	-0,10
2011	0,20	0,03	-0,15	-0,03	0,23	0,08	0,06	-0,05	-0,06	0,05	0,17	-0,03	-0,03	-0,05

За десять років з 2002-2011 рр. коefіцієнт кореляції становить $-0,125$ та вказує на незначну залежність між середньодобовою температурою та кількістю пожеж, але він не є статистично значимим. Але при порівнянні середньомісячних показників температури та пожеж за десять років коefіцієнт кореляції був помірним [7], статистично значимим з рівнем значущості $0,05$ [8] і становив $-0,43$. Більшість річних коefіцієнтів кореляції були більшими від коefіцієнтів О.С. (опалювального сезону).

Серед обчислених коefіцієнтів кореляції за місяцями виділяються та є значимими при рівні значущості $0,05$ наступні значення r_{xy} :

- у 2003 р. в липні і в грудні ($r_{xy}=-0,38$ і $-0,42$, емпіричні значення t -критерію Стьюдента $t_{емп.}$ становлять 2,23 і 2,49 при $t_{кр.}= 2,228$);
- у 2006 р. у вересні ($r_{xy}=-0,40$, $t_{емп.} = 2,32$) та у березні ($r_{xy}=-0,35$, $t_{емп.} = 2,028$);
- у 2007 р. в червні ($r_{xy} = 0,50$, $t_{емп.} = 3,05$) та в серпні ($r_{xy} = 0,40$, $t_{емп.} = 2,32$);
- у 2008 р. у вересні ($r_{xy}=0,41$, $t_{емп.} = 2,39$).

Проаналізувавши значимі значення кореляцій за місяцями помічено що ризики пожеж, які виникали впродовж 10 років, мали певні закономірності:

- У 2003 р. з 5 до 13 липня помічено різке зниження денної і вечірньої температур з 23 до 15 °С, яке є аномальним для цього місяця і через яке ймовірно виникло 16 пожеж у житлових будинках. У листопаді пожежі виникали переважно у ранковий та денний час, здебільшого з причини необережного поводження з вогнем, що спричинило 5 смертельних випадків і завдало матеріальних збитків на суму 221384,15 грн. У грудні 2003 року спостерігалися різкі зниження вечірньої температури до -7 °С, що призвело до 30 пожеж у житлових будинках. За опалювальний сезон з 15 жовтня 2002 р. до 15 квітня 2003 р. у місті виникла 221 пожежа. Відзначимо що у 2002 р. з 22 до 26 грудня відбувалося різке зниження вечірньої температури з -2 до -11 °С і в ці дні виникло 9 пожеж, всі з яких – після 18:00. Детальний аналіз у найбільш пожежонебезпечному Галицькому районі виявив, що значення пожежних ризиків у 2003 р. є здебільшого неприйнятними [4] та обернено корельовані з середньомісячною температурою повітря (рис.5).

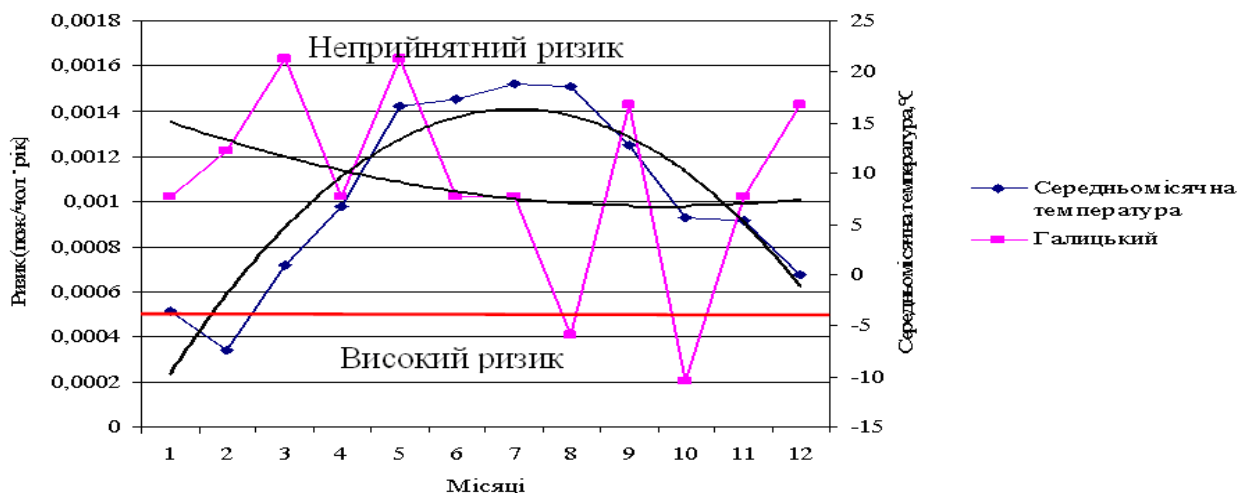


Рисунок 5 – Пожежні ризики зіткнулися з пожежею у Галицькому районі та середньомісячні температури у 2003 р.

Дещо завищеними ризики були у Шевченківському і Франківському районах.

- У місяці опалювального сезону 2004 р. з 5 листопада спостерігалось зниження температури від 15 до -6 °С, що і спричинило підвищення значення ризиків до високих у Галицькому, Шевченківському та Франківському районах. У березні та квітні спостерігалися постійні коливання температур від -2 до $+10$ °С, що спричинило найбільше пожеж у житлових будинках, 77% яких – з причини необережного поводження з вогнем. Внаслідок цих пожеж загинуло 3 особи і завдано матеріальних збитків на суму 318 775,9 грн.

- У 2006 році найбільш низька температура -24 °С спостерігалася у січні і в цей період виникло 38 пожеж, 8 з яких – у Шевченківському районі, що відображено у високих значеннях ризиків через необережне поводження з вогнем, які також добре корелюються з середньомісячними температурами (рис. 6).

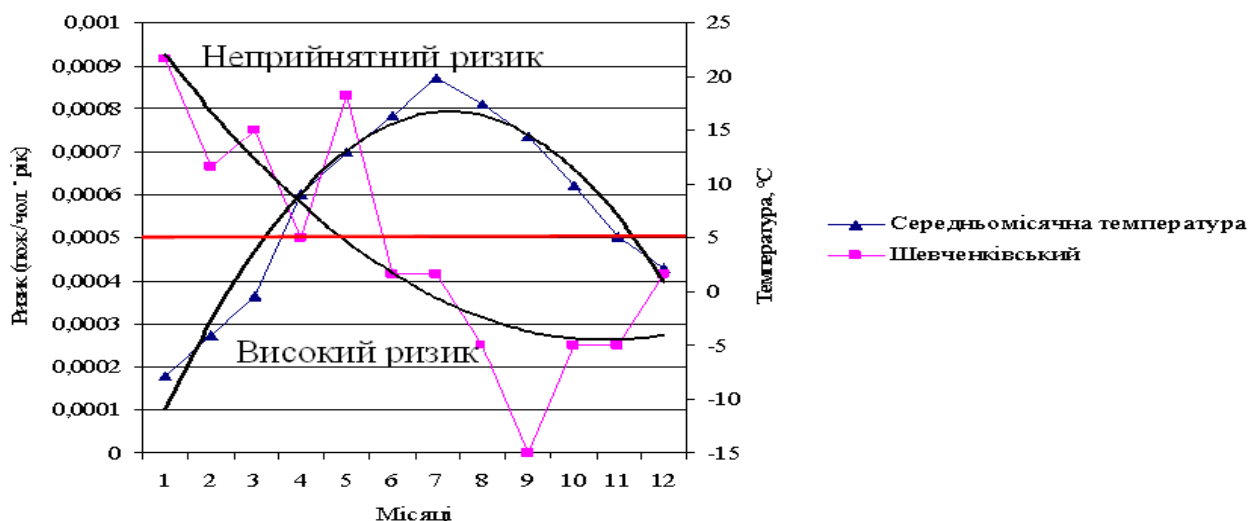


Рисунок 6 – Пожежні ризики зіткнутися з пожежею у Шевченківському районі та середньомісячні температури у 2006 р.

- У 2007 році з 15 червня збільшилась середньодобова температура атмосферного повітря до 29 °С, що ймовірно спричинило 4 пожежі з причини необережного паління, які виникли у вечірній та нічний час. З 21 до 25 серпня спостерігалось підвищення температури повітря з 23 до 33 °С і в цей час виникло 7 пожеж з причини необережного поводження з вогнем. З цієї причини значення ризиків у Шевченківському районі підвищилось до неприйнятних (рис. 7).

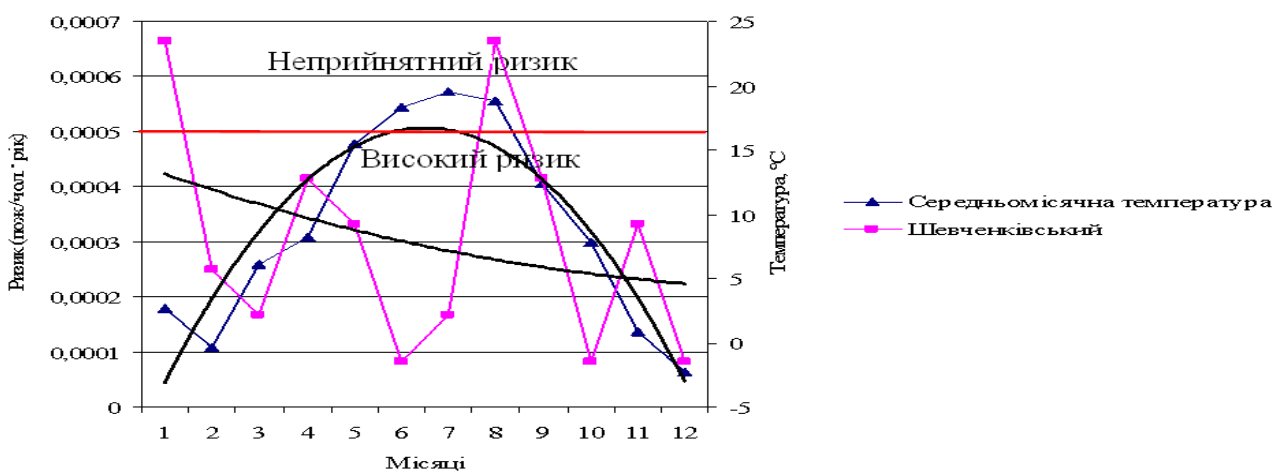


Рисунок 7 – Пожежні ризики зіткнутися з пожежею у Шевченківському районі та середньомісячні температури у 2007 році

Також пожежні ризики з причини необережного поводження з вогнем були неприйнятними на початку року в січні.

- У березні 2008 р. пожежні ризики у Галицькому та Залізничному районах зросли до високих (рис. 8).

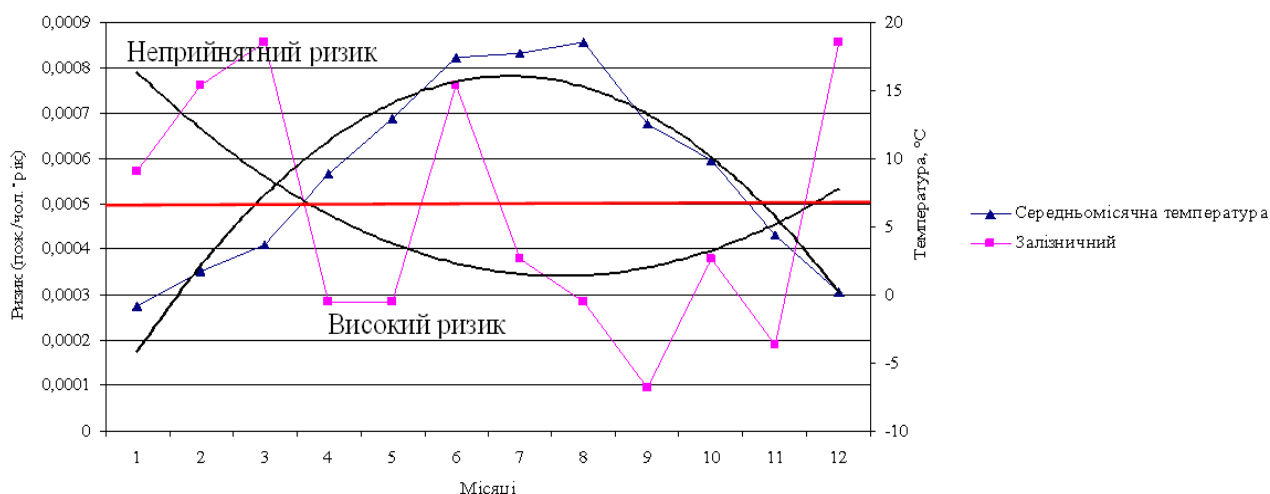


Рисунок 8 – Пожежні ризики зіткнулися з пожежею у Залізничному районі та середньомісячні температури у 2008 р.

У Залізничному районі пожежні ризики зіткнулися з пожежею були неприйнятними у січні, лютому, березні, червні та грудні. У грудні найбільше пожеж виникло через нестійку температуру атмосферного повітря, яка коливалася від +10 до –10 °C, що також спричинило зростання пожежних ризиків у Шевченківському і Сихівському районах. Перевірка кореляційних показників на значимість між пожежами і добовими температурами в опалювальний сезон з 15 жовтня 2007 р. по 15 квітня 2008 р. підтвердила істотність зв'язку між цими величинами.

Висновок. Середні значення пожежних ризиків зіткнулися з пожежею в адміністративних районах Львова за період 2002-2011 рр. з причини необережного поводження з вогнем у житлових будинках більшості районів були високими (з найбільшими значеннями у Залізничному та Шевченківському районах) та неприйнятними у Галицькому районі.

Занепокоєння через неприйнятні значення індивідуальних пожежних ризиків з причин необережного поводження з вогнем викликають особняки майже в усіх районах, історичні будинки у Залізничному та Галицькому районах, а також 9-10-поверхові будинки у Шевченківському та Франківському районах, що слід врахувати при проведенні наглядово-профілактичної роботи.

Пожежні ризики з причин необережного поводження з вогнем зростають із зниженням температури повітря, особливо за її різких коливань: на початку та вкінці опалювального сезону, при досягненні максимумів в літню та осінню пори року та мінімумів в зимову, весняну та осінню пори року, з різкою зміною денної і нічної температури повітря та тривалій нестійкій температурі атмосферного повітря.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2011 році / (Міністерство надзвичайних ситуацій України, Міністерство екології та природних ресурсів України, Національна академія наук України). – К.: 2011. – 359 с.
2. Головне управління статистики у Львівській області [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://lv.ukrstat.gov.ua>
3. Брушлинский Н. Н. О статистике пожаров и о пожарных рисках / Н. Н. Брушлинский, С. В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – Т. 20, № 4. – С. 40-48.
4. Бегун В. Види діяльності щодо контролю безпеки та документи з безпеки / В. Бегун // Надзвичайна ситуація. – 2009. – №6. – С. 34–35.

5. Ємельяненко С. О. Оцінка пожежного ризику з електротехнічних причин у житлових будинках / С. О. Ємельяненко, А. Д. Кузик, Ю. І. Рудик // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів : ЛДУ БЖД, 2012. – № 20. – С. 105-110.
6. Gismeteo прогноз погоди [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://www.gismeteo.ru/diary/4949/2002/1/>
7. Купалова Г. І. Теорія економічного аналізу : навч. посібн. / Г. І. Купалова. – К.: Знання, 2008. – 639 с.
8. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – М. : Высшая школа, 2003. – 479 с.
9. Дослідження пожеж. Довідково-методичний посібник. К. : УкрНДІПБ МВС України, 1999. – 224 с.
10. Методи дослідження пожеж. Методичний посібник. К. : УкрНДІПБ МНС України, 2008 р. – 181 с.

УДК 614.842.6

В.В. Кузмицкий, д.ф.-м.н., с.н.с., В.В. Пармон, к.т.н.,
Р.Р. Асилбейли, Р.И. Сидоров, КИИ МЧС Республики Беларусь

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В РЕЗЕРВУАРАХ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ПОДАЧЕ ВОЗДУШНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ НИЗКОЙ КРАТНОСТИ В СЛОЙ ГОРЮЧЕГО

В работе рассмотрены пути повышения эффективности и надежности систем противопожарной защиты резервуаров нефти и нефтепродуктов. Приведены результаты исследований по разработке эффективных пеногенераторов пены низкой кратности, работающих в кавитационном режиме при высоких противодавлениях

Ключевые слова: пеногенератор, кавитация, критическое число кавитации, угол конусности конфузора, угол конусности диффузора, коэффициент гидродинамического сопротивления.

Введение. В результате анализа сведений о крупных пожарах, произошедших в резервуарах для хранения нефти и нефтепродуктов, показано, что стационарные системы пожаротушения, располагающиеся в верхнем поясе резервуаров, не выполняют свои функции из-за их разрушения при возникновении пожара. Также более чем в 60 % случаев пожары сопровождаются образованием «карманов» (т.е. объемов, в которых горение и прогрев жидкости, а также тепломассообмен при подаче воздушно-механической пены происходят независимо от остальной массы горючего в резервуаре), что значительно затрудняет тушение подачей пены в горящий резервуар сверху.

Решением данной проблемы является использование систем подслоного тушения пожаров. Эффективность этих систем была проверена при проведении экспериментов по тушению натуральных резервуаров, которые позволили установить, что эффективность и надежность работы системы в целом обеспечивается оптимальными гидравлическими характеристиками пеногенератора (эжектора-смесителя) для подслоного тушения пожаров в резервуарах (далее – пеногенератор), который должен обеспечивать пожаротушение при значительных противодавлениях со стороны резервуара.

Перспективным методом повышения эффективности (увеличение коэффициента преобразования давления при обеспечении необходимого расхода огнетушащего вещества и оптимальной кратности воздушно-механической пены низкой кратности) пеногенераторов проточного типа является возбуждение гидродинамической кавитации в потоке движущейся жидкости.

Таким образом, изучение протекания рабочих процессов, разработка методик расчета эффективных пеногенераторов, работающих в кавитационном режиме, а также методик расчета систем пожаротушения, включающих данные элементы, является актуальной задачей.

Математическая модель. С целью теоретического изучения движения огнетушащего вещества в пеногенераторе при наличии развитой кавитации разработана математическая модель движения газожидкостной смеси в диффузоре пеногенератора [1].

Схема течения газожидкостной смеси в диффузоре пеногенератора представлена на рисунке 1.

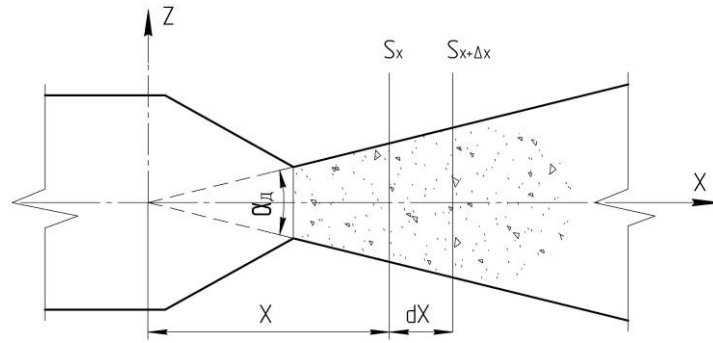


Рисунок 1 – Схема течения двухфазной жидкости в диффузоре, где:
 α_d – угол конусности диффузора;
 $S_x, S_{x+\Delta x}$ – площади сечений элементарного участка диффузора.

В рамках математической модели для элементарного участка диффузора, заключенного между сечениями S_x и $S_{x+\Delta x}$, записан закон сохранения импульса:

$$g_x \cdot [(\rho_z - \rho) \cdot \varphi + \rho] + \frac{2 \cdot \theta}{x} - \frac{2 \cdot \tau}{x \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_d}{2}} - \frac{\partial p_{ox}}{\partial x} - \frac{2 \cdot p_{ox}}{x} = \varphi \cdot \rho_z \cdot \left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_z \cdot \frac{\partial v_z}{\partial x} \right) + (1 - \varphi) \cdot \rho \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \frac{\partial v}{\partial x} \right) + (v - v_z) \cdot \left\{ -\frac{\partial(\varphi \rho)}{\partial t} + \frac{1}{x^2} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \cdot [(1 - \varphi) \cdot \rho \cdot x^2 \cdot v] \right\}, \quad (1)$$

и уравнение неразрывности:

$$\pi \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_d}{2} \cdot \left\{ x^2 \cdot \frac{\partial}{\partial t} \cdot [\rho_z \cdot \varphi + (1 - \varphi) \cdot \rho] + \frac{\partial}{\partial x} \cdot [x^2 \cdot \rho_z \cdot \varphi \cdot v_z + x^2 \cdot \rho \cdot (1 - \varphi) \cdot v] \right\} = 0, \quad (2)$$

где ρ, ρ_r – плотности жидкой и газообразной фаз соответственно; φ – газосодержание; θ – нормальные напряжения на стенке диффузора; τ – касательные напряжения на стенке диффузора; p_{ox} – давление в перпендикулярных оси Ox сечениях; v, v_r – скорости жидкой и газообразной фаз соответственно; t – время.

Сделаны следующие допущения: движение жидкости в диффузоре пеногенератора установившееся; диффузор расположен горизонтально, т.е. проекция ускорения свободного падения g_x равна 0; рабочей жидкостью является вода, ее плотность принята постоянной и на много больше плотности газообразной фазы; величины скоростей жидкой v и газообразной v_r фаз и их приращения одного порядка.

С учетом принятых допущений после преобразований (1) и (2) получена система уравнений, позволяющая рассчитывать распределение осредненного давления по длине кавитационной зоны, а также определять давление на ее границе в конце диффузора:

$$\pi \times \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha_d}{2} \times [\rho_z \times \varphi \times v_z + \rho \times (1 - \varphi) \times v] \times x^2 = \operatorname{const}, \quad (3)$$

$$\frac{dp_{ox}}{dx} + \frac{p_{ox}}{x} = -\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v \cdot (1 - \varphi) \cdot \frac{dv}{dx}. \quad (4)$$

Значение газосодержания задается исходя из необходимой кратности воздушно-механической пены. Определение давления на границе кавитационной зоны в конце

диффузора дает возможность проектировать выходной участок системы с гидродинамическим сопротивлением, обеспечивающим в пеногенераторе режим кавитации.

Экспериментальные исследования моделей пеногенераторов. Точность разработанной математической модели была проверена в ходе экспериментальных исследований моделей пеногенераторов (таблица 1). Конструкции моделей пеногенераторов с углами конусности диффузора менее 6° не рассматривались ввиду значительного увеличения их габаритов. Угол конусности конфузора α_k принят равным 20 и 25° , так как В.П. Бочаровым установлено, что в пределах $\alpha_k = 15\text{--}50^\circ$ коэффициент гидродинамического сопротивления конфузора практически не изменяется [2].

Таблица 1 – Характеристика моделей пеногенераторов

Параметр	Значение параметра для модели							
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
Диаметр входного (выходного) сечения d , мм	20							
Диаметр узкой части d_c , мм	4	5	8	5	5	5	4,3	4,3
Длина узкой части l_c , мм	50	50	68	50	50	50	–	–
Угол конусности конфузора α_k , град	20	20	20	20	20	20	25	25
Угол конусности диффузора α_d , град	10	10	12	13	15	15	8,5	6
Размеры элемента в узкой части, мм	–	–	2 стержня $d_{ст.} = 3; l_{ст.} = 8$	стержень $d_{ст.} = 1; l_{ст.} = 5$	стержень $d_{ст.} = 1,5; l_{ст.} = 5$	пластина $d_{пл.} = 1,5; l_{пл.} = 5$	–	стержень $d_{ст.} = 0,5; l_{ст.} = 4$
Площадь сечения узкой части S_c , мм ²	12,56	19,63	11,2	14,62	9,63	12,13	14,5	12,5

В результате анализа полученных экспериментальных данных (рисунок 2, таблица 2) показано, что в модели пеногенератора № 7 потери давления по сравнению с моделями пеногенераторов № 1–6 снижены в 5–9 раз. Так, в диапазоне расходов до $(1,55 \pm 0,01)$ л/с потери давления при наступлении кавитации не превышали (1000 ± 44) кПа, при этом кавитационное течение имело место при противодавлениях до (5000 ± 52) кПа. Поэтому конструкция модели № 7 принята за основу при дальнейшем проектировании пеногенераторов.

С целью исследования структуры кавитационной зоны в диффузорах исследуемых устройств проведены эксперименты по визуализации процесса кавитации с использованием скоростной киносъемки.

Результаты скоростной киносъемки показали, что процесс схлопывания кавитационных пузырьков происходит по всему объему кавитационной зоны, заполняющей пространство диффузора, что и обеспечивает интенсивное генерирование воздушно-механической пены.

На основе анализа расчетных и экспериментальных данных определено значение оптимального угла конусности диффузора $\alpha_d = 6\text{--}9^\circ$ как обеспечивающее минимум потерь давления в пеногенераторе (расхождение теоретических значений, рассчитанных с использованием разработанной математической модели, по сравнению с экспериментальными составило в среднем 10 %).

Таблиця 2 – Результати експериментів на моделях пеногенераторів

Номер образца	Максимальное давление на выходе p_2 , при котором получен кавитационный режим, кПа	Коэффициент гидродинамического сопротивления ζ	Критическое число кавитации σ_k
1	3700 ± 21	$440,00 \pm 8,28$	$1,70 \pm 0,15$
2	1000 ± 14	$190,00 \pm 4,65$	$1,44 \pm 0,13$
3	1250 ± 18	$443,00 \pm 5,60$	$0,78 \pm 0,07$
4	1450 ± 15	$351,00 \pm 4,96$	$1,26 \pm 0,12$
5	2700 ± 25	$438,00 \pm 8,43$	$1,21 \pm 0,12$
6	2500 ± 24	$607,00 \pm 15,50$	$1,70 \pm 0,17$
7	5000 ± 52	$90,00 \pm 3,76$	$1,26 \pm 0,12$
8	3800 ± 30	$400,00 \pm 6,87$	$1,60 \pm 0,13$

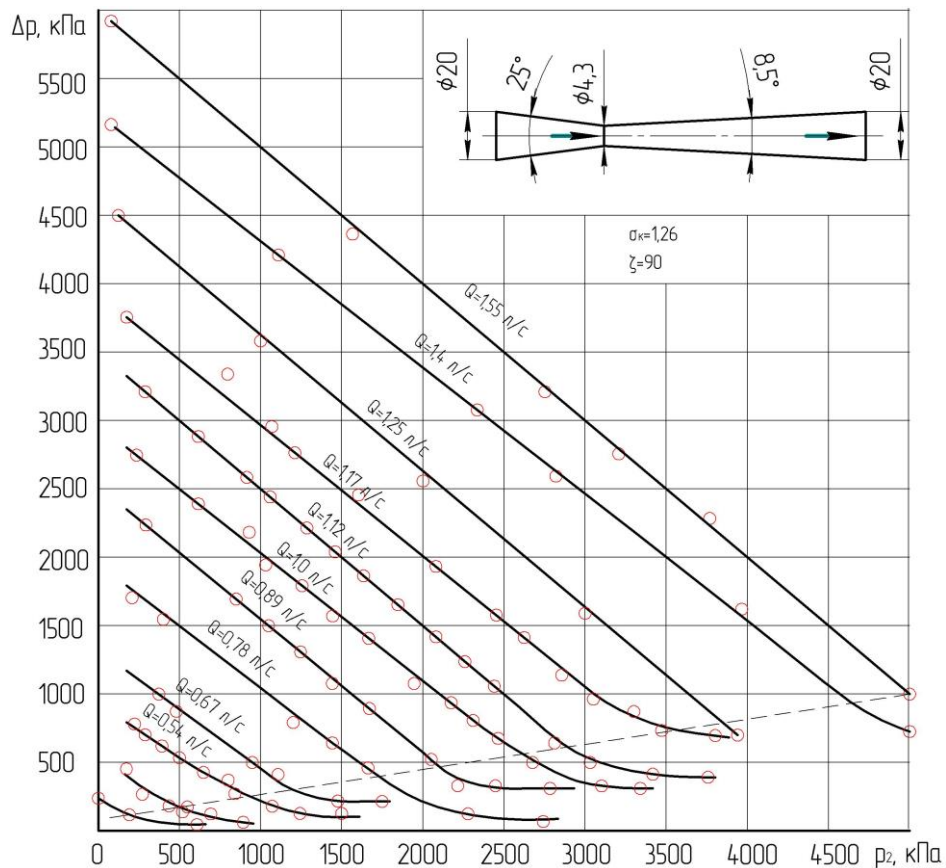


Рисунок 2 – Результаты гидравлических испытаний модели пеногенератора № 7.

Експериментально встановлено, що при кавітаційному теченні витрата Q залишається постійним незалежно від величини протидавлення p_2 . Це згодиться з експериментальними даними, отриманими Е.С. Арзумановим.

В результаті обробки результатів експериментів встановлена емпірична залежність для критичного числа кавітації, що враховує зв'язок критичного числа кавітації з геометричними характеристиками пеногенератора:

$$\sigma_k^B = \frac{4,54}{m \times S_{\text{отн.}}^{2,5} \times \zeta^{0,4}}, \quad (5)$$

де $m = \alpha_k / \alpha_d$; $S_{\text{отн.}} = S_c / S$ – відносна площа; ζ – коефіцієнт гідродинамічного опору; α_k – кут конусності диффузора.

Методика расчета геометрических характеристик пеногенераторов. С использованием зависимости (5) разработана методика расчета оптимальных геометрических характеристик пеногенераторов, обеспечивающих возникновение кавитации при минимальных потерях давления [3].

Как известно, кавитация будет иметь место, если число кавитации σ меньше критического значения σ_k . Следовательно, оптимальными параметрами будут такие, которые обеспечивают возникновение кавитации в пеногенераторе при минимальных потерях давления, т.е. выполняется равенство

$$\sigma = \sigma_k \text{ или } \zeta = \beta \cdot \sigma_k, \quad (6)$$

где $\beta = 1 - p_2/p_1$ – параметр, зависящий от противодействия и связывающий коэффициент гидродинамического сопротивления в момент возникновения кавитации с критическим числом кавитации.

В результате совместного решения уравнений (5) и (6) построен график зависимости критического числа кавитации от $S_{отн.}$ (рисунок 3), а также установлена зависимость $\alpha_d = f(S_{отн.})$:

$$\alpha_d = \frac{\alpha_k \cdot S_{отн.}^{2,5} \cdot \beta^{0,4} \cdot \sigma_k^{1,4}}{4,54}. \quad (7)$$

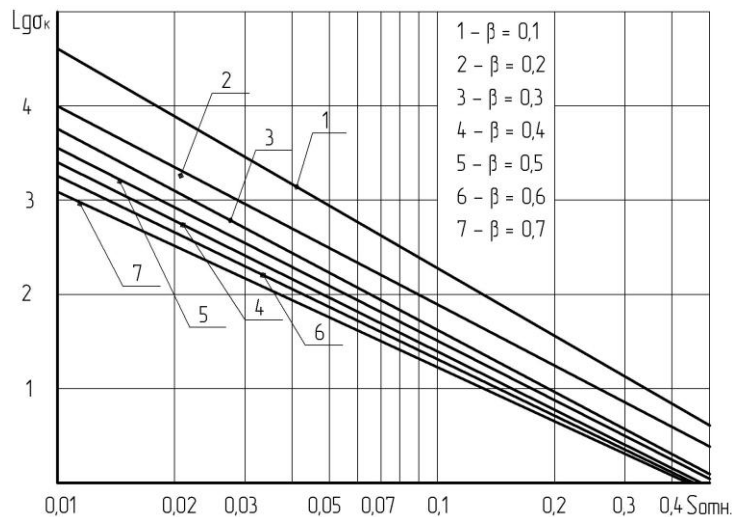


Рисунок 3 – Зависимость критического числа кавитации от относительной площади при $\alpha_k = 25^\circ$.

Используя полученные зависимости, расчет оптимальных геометрических характеристик производится следующим образом. Для заданных параметров (расход огнетушащего вещества Q , давления на входе в пеногенератор p_1 , давление на выходе из пеногенератора p_2 , β) вычисляется $\sigma_k = 2p_1 / \rho \cdot v^2$. По графику (рисунок 3) определяется $S_{отн.}$, которое соответствует значению $\sigma = \sigma_k$. Угол конусности диффузора определяется по формуле (7). Найденные параметры $S_{отн.}$ и α_d пеногенератора обеспечивают возникновение в нем кавитации при минимальных потерях давления.

Методика расчета систем подслоного пожаротушения. Для расчета систем подслоного пожаротушения, включающих пеногенераторы, работающие в кавитационном режиме, предложена методика, которая позволяет рассчитать режим подачи необходимого объема воздушно-механической пены низкой кратности на пожаротушение [4].

Перепад давления, необходимый на преодоление сопротивления элементов, работающих в кавитационном режиме, определяется по формуле

$$\Delta p_{\text{м. кав.}} = \frac{8 \cdot \rho \cdot Q^2}{\pi^2} \sum_{i=1}^k \frac{4,54(1-K_i) \sqrt{n_{\text{сж.и}}^5}}{m_i \cdot \zeta_i^{0,4} \cdot d_i^4}. \quad (8)$$

С учетом перепада давления, необходимого на преодоление сопротивления по длине, а также на преодоление сопротивления элементов, работающих в кавитационном и бескавитационном режимах, перепад, необходимый для транспортировки огнетушащего вещества, определяется следующим образом:

$$\Delta p_{\text{сист.}} = \frac{8 \cdot \rho \cdot Q^2}{\pi^2} \left\{ \sum_{i=1}^n \lambda_i \frac{l_i}{d_i^5} + \sum_{i=1}^m \frac{\zeta_i}{d_i^4} + 4,54 \sum_{i=1}^k \frac{(1-K_i) \sqrt{n_{\text{сж.и}}^5}}{m_i \cdot \zeta_i^{0,4} \cdot d_i^4} \right\}, \quad (9)$$

где λ_i – коэффициент гидравлического трения (выбирается соответствующий режиму движения на участке системы с данным диаметром); l_i – длина отдельного участка системы; d_i – диаметр сечения отдельного участка системы.

Испытания опытных образцов пеногенераторов. С использованием разработанной методики расчета оптимальных геометрических характеристик пеногенераторов, обеспечивающих возникновение кавитации при минимальных потерях давления, рассчитана конструкция опытных образцов пеногенераторов (рисунок 4) по следующим исходным данным: расход огнетушащего вещества – 10, 20 и 30 л/с; давление на входе – $(0,9 \pm 0,1)$ МПа; кратность воздушно-механической пены – не менее 4; коэффициент преобразования давления – не менее 50 % [5].

На первом этапе были проверены основные рабочие характеристики. Подтверждено, что опытные образцы пеногенераторов работают в кавитационном режиме, при этом потери давления не превышают расчетной величины (расхождение расчетных и экспериментальных данных не более 10 %), соответственно максимальное значение коэффициента преобразования давления составляет 50–53 %, а значение кратности воздушно-механической пены – 4–5.

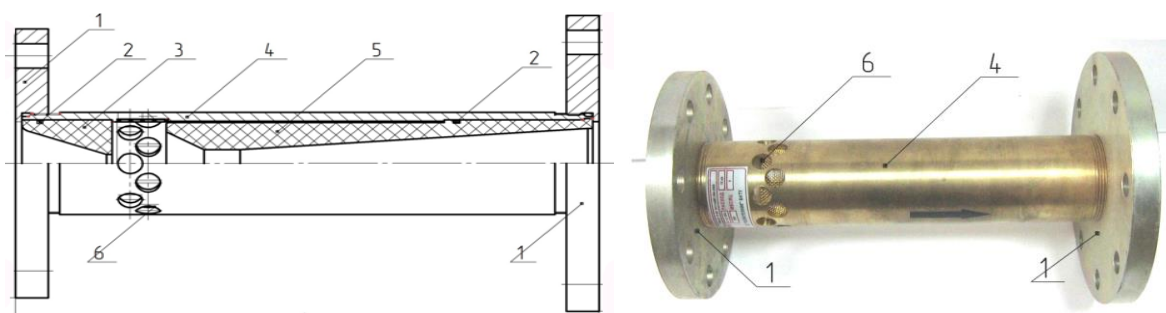


Рисунок 4 – Принципиальная схема и общий вид пеногенератора, где:

- 1 – фланец;
- 2 – прокладка;
- 3 – конфузор;
- 4 – корпус;
- 5 – диффузор;
- 6 – отверстие для эжекции воздуха.

На втором этапе проведены натурные испытания по определению огнетушащей эффективности опытных образцов с использованием комплекта оборудования для оперативной врезки в продуктопровод и подключения системы подслоного пожаротушения при значении коэффициента преобразования давления равном 50 %. В качестве огнетушащего вещества использовался 6%-й раствор фторсинтетического пленкообразующего пенообразователя «Барьер-пленкообразующий». Схема резервуара приведена на рисунке 5.

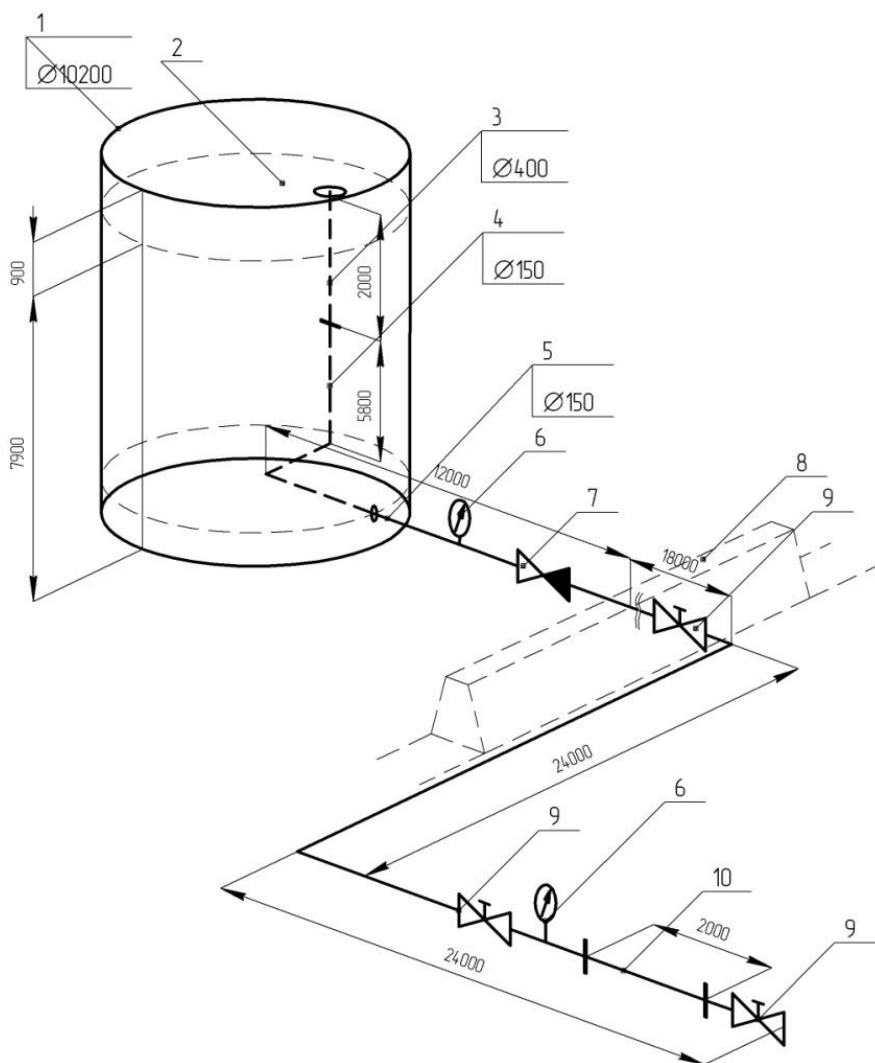


Рисунок 5 – Схема резервуара для натурных испытаний, где:

- 1 – резервуар;
- 2 – противень для горючей жидкости;
- 3 – трубопровод $\text{Ø}400$;
- 4 – трубопровод $\text{Ø}150$;
- 5 – продуктопровод $\text{Ø}150$;
- 6 – манометр;
- 7 – обратный клапан;
- 8 – обвалование;
- 9 – шаровый кран;
- 10 – тренировочный участок продуктопровода.

В задачи натурных испытаний входили:

апробирование в реальных условиях эксплуатации пеногенератора, работающего в кавитационном режиме, при использовании комплекта оборудования для проведения оперативной врезки в продуктопровод и подключения системы подслоного пожаротушения (определение времени тушения горючей жидкости в резервуаре и свойств воздушно-механической пены);

апробирование в реальных условиях эксплуатации методики расчета систем пожаротушения при наличии в них кавитирующих элементов.

Испытания проводились в следующей последовательности:

1. Определялись параметры окружающей среды.
2. Участки трубопроводов и поддон резервуара заполнялись водой (при определении времени тушения – горючей жидкостью).
3. Производилось развертывание рукавных линий, выполнялась оперативная врезка в тренировочный участок продуктопровода для дальнейшего подключения пеногенератора согласно схеме, приведенной на рисунке 6.

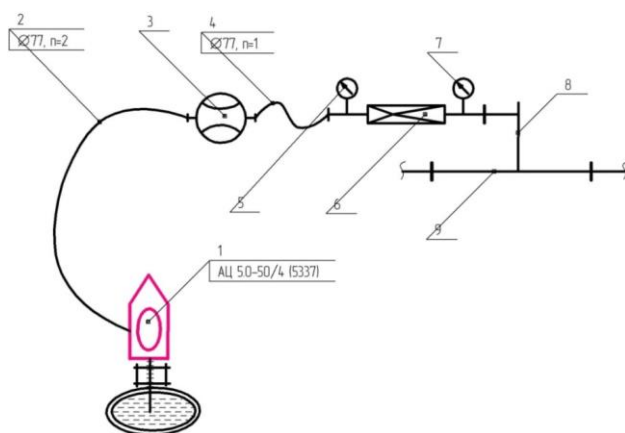


Рисунок 6 – Схема подачи огнетушащего вещества, где:

- 1 – пожарная автомобильная цистерна;
- 2 – магистральная рукавная линия;
- 3 – расходомер;
- 4 – напорная рукавная линия;
- 5 – манометр для контроля давления на входе в пеногенератор;
- 6 – пеногенератор;
- 7 – манометр для контроля давления на выходе из пеногенератора;
- 8 – устройство для оперативной врезки;
- 9 – тренировочный участок продуктопровода.

В ходе натурных испытаний в первую очередь было определено время с момента подачи огнетушащего вещества до момента появления воздушно-механической пены на поверхности зеркала резервуара, определен расход огнетушащего вещества и произведены замеры параметров подаваемой воздушно-механической пены низкой кратности и давления на различных участках продуктопровода

При подаче раствора пенообразователя в течение 56 с в резервуаре наблюдался процесс вытеснения воды из коммуникаций (рисунок 7, а). В дальнейшем происходил выход воздушно-механической пены в противень резервуара (рисунок 7, б). Отбор проб воздушно-механической пены показал, что ее кратность находится в диапазоне от 4 до 5. Это говорит о хороших гидродинамических характеристиках и высокой работоспособности разработанных устройств при использовании в системах подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах.



Рисунок 7 – Подача воздушно-механической пены на зеркало резервуара:

а – вытеснение жидкости из продуктопровода;

б – появление воздушно-механической пены.

Затем была апробирована методика расчета систем пожаротушения при наличии в них кавитирующих элементов.

Расчетные потери на входе в пеногенератор получились меньше экспериментальных приблизительно на 10 %. Это можно объяснить тем, что в расчетах не учтены поворот при переходе от системы врезки в магистраль, потери в самом устройстве врезки, так как его гидродинамика не изучена.

Затем определяли время тушения резервуара. При его определении в качестве нефтепродукта использовались жидкость дегазирующая РД-2 и масляная отработка. Для усложнения процесса тушения в противне резервуара был сымитирован «карман».

Время свободного горения составляло 120 с, по истечении которого на охлаждение резервуара подавали воду с расходом 22,2 л/с и водный раствор пенообразователя к пеногенератору ГПВ-10 при давлении на входе в пеногенератор $(0,9 \pm 0,1)$ МПа.

Прекращение горения в резервуаре наблюдалось по истечении 110 с с момента подачи водного раствора пенообразователя.

Проведенные испытания показали:

полученные экспериментальные данные подтверждают принятую методику расчета систем пожаротушения при наличии в них кавитирующих элементов;

проведенные испытания по тушению модельного резервуара свидетельствуют о высокой огнетушащей эффективности разработанного высоконапорного пеногенератора, в том числе при использовании комплекта оборудования для проведения оперативной врезки в продуктопровод и подключения системы подслоного пожаротушения к резервуарам, не оборудованным стационарной системой пожаротушения.

Результаты натурных испытаний опытных образцов пеногенераторов соответствуют требованиям «Инструкции по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах методом подачи пены в слой горючего» (постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 26.06.2007 № 61 и СТБ 11.13.05-2009 «Система стандартов пожарной безопасности. Генераторы пены низкой кратности для подслоного тушения резервуаров. Общие технические требования и методы испытаний» (постановление Госстандарта Республики Беларусь от 24.04.2009 № 19).

Заключение. Разработана математическая модель, отличающаяся тем, что в ней учитывается неравномерный характер движения газожидкостной смеси в диффузоре пеногенератора, которая позволяет рассчитывать распределение осредненного давления в диффузоре по длине и на границе кавитационной зоны, а также определять потери давления в диффузоре, что дает возможность проектировать выходной участок гидравлической

системы с гидродинамическим сопротивлением, обеспечивающим работу пеногенератора в режиме кавитации.

Определены значения параметров математической модели движения газожидкостной смеси в диффузоре пеногенератора: теоретически рассчитана и экспериментально подтверждена оптимальная величина угла конусности диффузора $\alpha_d = 6-9^\circ$, обеспечивающая минимум потерь давления в пеногенераторе; экспериментально определены значения критического числа кавитации σ_k и коэффициента гидродинамического сопротивления ζ при бескавитационной работе, которые позволяют рассчитать значение параметра, характеризующего степень развития кавитации, и предельное значение противодавления. В частности, для модели пеногенератора с углами конусности конфузора $\alpha_k = 25^\circ$ и диффузора $\alpha_d = 8,5^\circ$, коэффициент гидродинамического сопротивления составил $\zeta = (90,00 \pm 3,76)$, а критическое число кавитации $\sigma_k = (1,26 \pm 0,12)$.

Экспериментально установлено, что при возникновении кавитационного течения расход огнетушащей жидкости Q через пеногенератор остается постоянным независимо от величины противодавления p_2 . Это является следствием сжимаемости газожидкостной кавитационной зоны, изменения длины кавитационной зоны в диффузоре пеногенератора и, соответственно, величины гидродинамического сопротивления пеногенератора, обратно пропорционального давлению на выходе p_2 . Это означает, что при режиме кавитационного течения изменение противодавления p_2 на выходе пеногенератора не влияет на основные рабочие характеристики (давление на входе p_1 , кратность воздушно-механической пены, коэффициент преобразования давления).

С помощью скоростной киносъемки определена зависимость размеров кавитационной зоны от противодавления p_2 на выходе из пеногенератора. Установлено, что интенсивное генерирование воздушно-механической пены на выходе из пеногенератора обеспечивается процессом схлопывания кавитационных пузырьков по всему объему кавитационной зоны, заполняющей пространство диффузора.

На основе условий минимизации гидродинамического сопротивления и возникновения режима кавитации разработана методика численного расчета оптимальных параметров кавитационных пеногенераторов. Для противодавлений до 8 МПа использована полученная эмпирическая зависимость критического числа кавитации σ_k от коэффициента гидродинамического сопротивления при бескавитационной работе ζ ; полученная зависимость учитывает связь между значением критического числа кавитации σ_k и геометрическими характеристиками пеногенератора. Разработанная методика позволяет рассчитать геометрические характеристики пеногенераторов, обеспечивающие возникновение и развитие кавитации при минимальном гидродинамическом сопротивлении.

Рассчитана и разработана конструкция эффективного пеногенератора кавитационного типа ГПВ, обеспечивающая основные рабочие характеристики: расход огнетушащего вещества – 10, 20 и 30 л/с; давление на входе – $(0,9 \pm 0,1)$ МПа; кратность воздушно-механической пены – не менее 4; коэффициент преобразования давления – не менее 50 %. Экспериментально подтверждено, что потери давления не превышают расчетной величины, соответственно, максимальное значение коэффициента преобразования давления составляет 50–53 %.

Разработана методика расчета систем подслоного пожаротушения, которые представляют собой протяженную линию трубопроводов и оборудования, включая кавитационные пеногенераторы. Методика позволяет учесть изменения гидродинамического сопротивления всей системы, в том числе изменения давления на входе в пеногенератор, изменения гидродинамического сопротивления пеногенераторов и рассчитать режим подачи необходимого объема воздушно-механической пены низкой кратности на пожаротушение.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Уравнения движения кавитационного двухфазного потока в диффузоре пеносмесителя ПС-5 / И.В. Карпенчук, И.Ю. Аушев, С.Г. Петуховский, В.В. Пармон // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2005. – № 7 (17). – С. 154–160.

2 Пармон, В.В. Экспериментальные исследования моделей высоконапорных пеногенераторов (эжекторов-смесителей) проточного типа, работающих в кавитационном режиме. Выбор оптимального параметра кавитации, расчет пределов кавитации и потерь давления / В.В. Пармон // Вестник Командно-инженерного института. – 2010. – № 2 (12). – С. 59–69.

3 Карпенчук, И.В. Методика расчета оптимальных параметров кавитационных эжекторов-смесителей / И.В. Карпенчук, В.В. Пармон // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2006. – № 20 (20). – С. 76–82.

4 Карпенчук, И.В. Особенности расчета гидравлических систем при подслоном тушении пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах / И.В. Карпенчук, В.В. Пармон // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2007. – № 1 (21). – С. 94–103.

5 Карпенчук, И.В. Высоконапорный кавитационный пеногенератора проточного типа, предназначенный для тушения пожаров нефти и нефтепродуктов подслоным способом / И.В. Карпенчук, В.В. Пармон, С.М. Палубец // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2009. – № 1 (25). – С. 90–99.

УДК 541.128.12

В.В. Кукуєва, к.х.н., доц., Р.В. Романюк,
АПБ ім. Героїв Чорнобиля

КВАНТОВО-ХІМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНГІБУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИХЛОРТРИФЛУОРЕТАНУ

Представлені результати квантово-хімічних розрахунків галогеновмісних молекул органічних речовин, які є інгібіторами горіння. Показано, що дихлоротрифлуоретан при термічному розкладанні утворює частинки, які можуть бути пастками для активних центрів полум'я. Показано, що збільшення числа атомів флуору в молекулі, а також подовження вуглецевого ланцюга збільшують активність інгібітора, при відповідному зменшенні озоноруйнівного потенціалу.

Ключові слова: квантово-хімічний розрахунок, інгібування, вогнегасна ефективність.

Постановка проблеми. Бромовмісні речовини в минулому використовувалися як вогнегасні [1, 2]. Бромфлуорометан CF_3Br (хладон R-13B1) є одним з найбільш ефективних інгібіторів полум'я. Виробництво та застосування бромовмісних хладонів припинено відповідно до Монреальського протоколу (1987) про речовини, що руйнують озоновий шар [3]. В якості показника для характеристики озоноруйнівних властивостей речовин застосовується ODP (ozone depletion potential). Флуоровмісні вуглеводні (HFC) в науковій літературі розглядаються як прийнятні для навколишнього середовища альтернативні речовини для заміни хладонів. HFC не містять атоми хлору або броду і отже, мають озоноруйнівний потенціал близький до нуля. В останні два десятиліття кількість HFC, які використовуються в якості альтернативи хладонам постійно збільшується. Наприклад, CF_3H (HFC-23) використовується, як заміник холодоагентів CCl_3F (CFC-11), як вогнегасна речовина, а також в напівпровідниковій промисловості. Стабільність CFC (хлорфлуоровмісні вуглеводні), в поєднанні з вмістом хлору в їх сполуках, впливає на виснаження захисного озонowego шару Землі. В результаті, припинено виробництво CFC-11 і введено екологічно прийнятну альтернативу, а саме HCFC-123. Дихлоротрифлуоретан ($\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_2\text{H}$) пропонується в якості екологічно прийнятної, негорючої заміни хлорфлуоровуглеводню CFC-11 в холодильних і теплообмінних установках, які були розроблені понад 60 років тому. CFC-11 має безліч унікальних властивостей: низька токсичність, негорючість, антикорозійна здатність, сумісність використання у поєднанні з іншими матеріалами. Ця речовина використовується як холодоагент, для пакування та амортизації піни, як засіб прибирання іржі з поверхні металевих деталей та електронних компонентів різноманітних устаткувань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Термодинамічні та фізичні властивості HCFC-123, в поєднанні з його негорючістю, зробили її ефективною і безпечною заміною холодоагенту CFC-11. Насправді, HCFC-123 виявляє кращу ефективність в якості альтернативи для використання в холодильних установках. HCFC-123 був обраний в якості заміни CFC-11, тому що обидві сполуки виробляють приблизно однаковий робочий тиск і температуру в охолоджуючих установках [1]. Копенгагенська поправка до Монреальського протоколу (1992) вимагає, щоб використання HCFC-123 та інших гідрохлорфторвуглеводів також було припинено до 2020 року. У країнах, які ратифікували Копенгагенську поправку до Монреальського протоколу, виробництво, імпорту і експорту HCFC-123 та інших гідрогенхлорфторвуглеводнів буде припинено до 2020 року, хоча і дуже невелика кількість буде як і раніше доступна до 2030 року для обслуговування існуючого обладнання. Отже, дослідження HCFC-123 в якості тимчасової заміни хладонів зберігає свою актуальність.

Один з підходів, що використовуються для дослідження ефективності інгібіторів ґрунтується на основі розрахунків, де хімічна кінетика відтворюється за допомогою детального механізму елементарних хімічних реакцій. Цей підхід був застосований для дослідження ефективності CH_3Br [5] і CF_3Br [6-9]. Такий підхід часто використовується також для оцінки ефективності альтернативних вогнегасних речовин, де CF_3Br використовується як еталон [9]. У цих дослідженнях полум'я метану в повітрі часто використовується в якості моделі.

Постановка проблеми та її вирішення. Таким чином, HCFC-123 в даний час використовується в якості заміни озоноруйнівних хлорфторвуглеводнів. Молекула HCFC-123 містить хлор та атоми гідрогену. Перш ніж продукти деструкції досягнуть озонового шару, вони майже повністю розкладаються в нижніх шарах атмосфери при дії високих температур. В тропосфері, HCFC-123 може взаємодіяти з гідроксильними радикалами. Оскільки хлор розсіюється на більш низьких висотах, HCFC має відносно короткий час життя в атмосфері і набагато нижчу здатність до виснаження озонового шару (ODP для HCFC-123 становить 0,02 порівняно з 1,00 CFC-11).

В більшості випадків HCFC-123 потрапляє в навколишнє середовище з викидів в атмосферу - наприклад, від витоків під час нормальної роботи або технічного обслуговування кондиціонерів, установок, від застосування вогнегасних речовин, які містять HCFC-123, або від випаровування розчинників, що використовуються в металевих або електронних установках для очищення робочих поверхонь. HCFC-123 буде розкладатися під впливом дії високої температури, або електричного опору нагрівачів. Розкладання може викликати утворення токсичних і подразнюючих сполук, таких як фтористий і хлористий водень, їдкий запах яких подразнює ніс і горло і взагалі змусить людей покинути район дії речовини. Отже для запобігання розкладання слід уникати впливу високих температур на даний холодоагент, евакуювати населення перед використанням даної речовини при гасінні пожежі, особовому складу рятувальних підрозділів рекомендовано працювати в апаратах для захисту органів дихання [3].

Важливо переглянути будівельні матеріали для забезпечення сумісності при проектуванні нового обладнання, модернізації існуючого обладнання або підготовки зберігання та обробки об'єктів з використанням речовини HCFC-123. Оскільки HCFC-123 може бути використаний в якості холодоагента, а також пропонується для застосування у вогнегасінні, необхідно проаналізувати його токсичність і фізико-хімічні властивості. Літературні дані свідчать, що інгаляційна токсичність HCFC-123 не представляє гострої або хронічної небезпеки, коли вона здійснюється у відповідності існуючих рекомендацій. Користувачі повинні інформувати співробітників про небезпеку HCFC-123 і вживати заходи для захисту населення у випадку виникнення надзвичайних ситуацій [10].

Відомі фізико-хімічні властивості трифлуордихлоретану ($\text{C}_2\text{HCl}_2\text{F}_3$), трихлорфлуорметану (CCl_3F), трифлуорбром метану (CF_3Br), представлені в таблиці 1 [11]. У фізико-хімічних даних досліджуваних речовин спостерігається відносно однакова температура кипіння, критичний тиск та молекулярна маса. Критична температура, тим не менше, приблизно однакова у $\text{C}_2\text{HCl}_2\text{F}_3$ та CCl_3F , але істотно відрізняється від температури кипіння CF_3Br – це свідчить про те, що дана речовина ймовірно буде перебувати у газоподібному стані. Як було зазначено вище, $\text{C}_2\text{HCl}_2\text{F}_3$ має досить низький ODP. Якщо порівняти з CCl_3F , то нижче в п'ятдесят разів, а в порівнянні з CF_3Br – у 660 разів нижче.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні властивості досліджуваних речовини.

Хімічна формула речовини	C ₂ HCl ₂ F ₃ HCFC-123	CCl ₃ F CFC-11	CF ₃ Br R-1301
Озоруйнівний потенціал (ODP)	0,02	1.00	13.2
Потенціал глобального потепління	0,01	4600	6900
Температура кипіння, °C	27,6	23.77	-57,8
Критичний тиск, кПа	3638	4410	3956
Критична температура, °C	183,68	198	66.9
Молекулярна маса	152,93	137.37	148.91

Серед дослідників галогеновмісних вогнегасних речовин досі не існує остаточної точки зору щодо механізму їхньої інгібувальної дії. Серед проблем, що постають перед експериментаторами, також є питання про те, яким чином інгібітор припиняє горіння: діючи самою молекулою, чи продуктами її розкладання. Враховуючі високотемпературний режим досліджуваної системи, більшість дослідників все ж таки вважають, що взаємодія з радикалами полум'я відбувається після термічного розкладання вогнегасної речовини [2, 4, 5]. Механізм, який використовується для моделювання ефекту інгібування бромовмісними речовинами включає в себе мономолекулярне розкладання $RBr \rightarrow R^{\bullet} + Br^{\bullet}$ як початкову стадію розкладання добавки. Існують роботи, де основним шляхом реакції вважається атака молекули інгібітора активними центрами полум'я [8, 9]. Для подальшого дослідження механізму інгібувальної дії проведені квантово-хімічні розрахунки ab initio в базисному наборі 6-31*G імовірних шляхів термічної деструкції обраних речовин. Як було зазначено вище, загальна кінетика процесу в цілому буде відтворена шляхом ретельного аналізу взаємодії досліджуваних речовин на рівні елементарних реакцій. Для розрахунку міцності зв'язків атомів у молекулах було розраховано енергії кожного реагенту і реакції в цілому. Результати розрахунків представлені в таблиці 2.

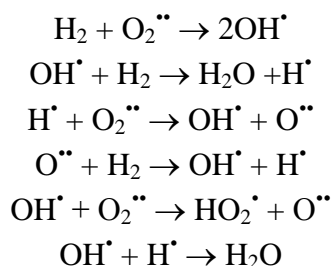
Таблиця 2 – Квантово-хімічний розрахунок можливих шляхів термічної деструкції досліджуваних молекул методом Хартрі-Фока в базисному наборі 6-31*G.

№	Молекула	Енергія ккал/моль
Дихлоротрифлуоретан, CHCl ₂ CF ₃ (HCFC-123)		
1.	CHCl ₂ CF ₂ – F → CHCl ₂ CF ₂ [•] + F [•]	63.69
2.	CHCl ₂ – CF ₃ → CHCl ₂ [•] + CF ₃ [•]	69.15
3.	CHClCF ₃ – Cl → CHClCF ₃ [•] + Cl [•]	29.56
4.	CCl ₂ CF ₃ – H → CCl ₂ CF ₃ [•] + H [•]	83.39
Трихлорфлуорметан, CCl ₃ F (CFC-11)		
1.	CCl ₃ – F → CCl ₃ [•] + F [•]	45,74
2.	CCl ₂ F – Cl → CCl ₂ F [•] + Cl [•]	26,79
Трифлурбромметан CF ₃ Br (R-1301)		
1.	CF ₂ Br – F → CF ₂ Br [•] + F [•]	62.37
2.	CF ₃ – Br → CF ₃ [•] + Br [•]	32.25

Аналіз результатів розрахунків (табл.2) показує, що найменшою є енергія відриву атомів хлору від молекул трихлорфлуорметану (CFC-11) та дихлоротрифлуоретану (HCFC-123). Енергія відриву атому бромів від молекули трифлурбромметану (R-1301) неістотно

відрізняється від енергії відщеплення радикалу хлору. Порівняно невелика енергія відриву радикалів хлору та бромю від досліджуваних молекул при термічній деструкції підтверджує висновки експериментаторів про інгібувальну ефективність речовин, які в своїй молекулярній структурі містять атоми хлору або бромю. Щодо радикалу флуору, то найменша енергія відщеплення його від молекули CCl_3F , однакова енергія відриву радикалу флуору від молекул CHCl_2CF_3 та CF_3Br свідчить про те, що дихлоротрифлуоретан можна також ефективно використовувати, як заміну трифлурбромметану.

Наступним етапом в нашому дослідженні є визначення імовірності взаємодії продуктів деструкції досліджуваних речовин з радикалами полум'я. Згідно теорії ланцюгового горіння, розробленого М. Семеновим [12], серед багатьох реакцій, які відбуваються при горінні можна виділити декілька таких, які впливають на загальну швидкість поширення полум'я. Це ті елементарні реакції, в результаті яких відбувається розгалуження ланцюгів з утворенням H^\bullet , $\text{O}^{\bullet\bullet}$, OH^\bullet (активні центри полум'я, АЦП):



На захоплення цих радикалів спрямована дія інгібіторів. При взаємодії інгібітора з АЦП утворюється проміжна сполука InhX^\bullet (де Inh - інгібітор, а X^\bullet - АЦП). Навіть якщо утворений інтермедіат проіснує менше хвилини відбувається обрив сотні ланцюгів реакцій горіння. Отже, чим легше утворюється інтермедіат (чим менша енергія), тим імовірніше інгібування. Механізм інгібування на рівні елементарних стадій [13]:



Навіть якщо утворений інтермедіат проіснує кілька секунд, вона перерве тисячі елементарних реакцій горіння, що в свою чергу буде сприяти припиненню горіння. Для визначення ймовірності проходження хімічних реакцій, які призводять до інгібування полум'я, було проведено квантово-хімічне дослідження енергії взаємодії продуктів деструкції з активними центрами полум'я. Результати представлені в табл. 3.

Таблиця 3 – Енергія взаємодії продуктів деструкції досліджуваних молекул з АЦП, розрахована методом Хартрі-Фока в базисному наборі 6-31*G.

Активні центри полум'я (АЦП)	Енергія зв'язку E, ккал/моль		
	F [•]	CF ₃ [•]	Cl [•]
H [•]	77,25	90.48	59,6
OH [•]	45,8	72.29	65,8
O [•]	77,3	40.16	77,25

Отримані результати розрахунків (табл. 3) свідчать про те, що радикал флуору з найменшою енергією взаємодіє з радикалом OH^\bullet , радикал CF_3^\bullet найкраще буде захоплювати радикал O^\bullet , а Cl^\bullet в свою чергу з найменшою енергією взаємодії буде захоплювати радикал H^\bullet . Захоплення інших радикалів атомами інгібітора буде відбуватися з дещо більшою

енергією, яка знаходиться в допустимих межах. Отже утворені внаслідок термічного розкладу досліджуваних молекул радикали взаємодіють з активними центрами полум'я, що у свою чергу підтверджує інгібувальні властивості досліджуваних речовин і можливість їх використання, як альтернативну заміну хладонам у пожежогаєсінні.

Висновок. В результаті проведеного дослідження було в черговий раз підтверджено, що найефективнішими вогнегасними речовинами є хладони. Необхідно звертати особливу увагу на безпечне для екосистеми використання саме речовин, які не містять атомів бром та хлору та проявляють інгібувальні властивості шляхом безпосередньої взаємодії продуктів деструкції вогнегасних речовин з активними центрами полум'я. Аналіз результатів дослідження показали, що збільшення числа атомів флуору в молекулі, а також подовження вуглецевого ланцюга збільшують активність інгібітора, при відповідному зменшенні озноуруйнівного потенціалу. Порівнявши властивості обраних речовин можна сказати, що молекула, яка не містить атомів бром та хлору, а саме дихлоротрифлуоретан є можливим варіантом альтернативи (щоправда з меншою ефективністю) для бромовмісних вогнегасних речовин через відносно екологічну безпеку даної речовини, яка значно менше впливає на озоновий шар Землі. Результати квантово-хімічних розрахунків узгоджуються з експериментальними даними [11-14].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. E.T. Denisov, V.V. Azatyan, Inhibition of Chain Reactions, Gordon and Breach, London, 2000. pp. 1–337.
2. V. Babushok, W. Tsang, Combust. Flame 123 (2000) 488–506.
3. The Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer, 1989;
4. V. Babushok, T. Noto, D.R.F. Burgess, A. Hamins, W. Tsang, Combust. Flame 107(1996) 351–367.
5. Noto, V. Babushok, A. Hamins, W. Tsang, Combust. Flame 112 (1998) 147–160.
6. Y. Saso, Y. Ogawa, N. Saito, H. Wang, Combust. Flame 118 (1999) 489–499.
7. Y. Saso, Proc. Combust. Inst. 29 (2002) 337–344.
8. B.A. Williams, J.W. Fleming, Proc. Combust. Inst. 29 (Part 1) (2002) 345–351.
9. Nizovtsev A.S., Bogdanchikov a G.A., Baklanov A.V. The computational study of the “inversion substitution” reactions $CX_3Br + O_2 \rightarrow CX_3O_2 + Br$ (X = H, F) Combustion and Flame. – 2010. – V. 157. – PP. 1382–1389
10. DuPont Fluorochemicals, Wilmington. – DE 19880-0711(800) 235-SUV
11. Burgess, D.R.F., Jr., Zachariah, M.R., Tsang, W., and Westrnoreland, P.R., Thermochemical and Chemical Kinetic Data for Ftuorinated Hydrocarbon Flames// National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD. – 1994, NET Technical Note. – (submitted).
12. Семенов Н.Н., О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 639 с.
13. Нестерко Н.А., Таран Э.Н., Спектроскопическое изучение механизма ингибирования диэтиламино и галоидосодержащими соединениями процесса горения ацетилено-воздушного пламени, Физика горения и взрыва, т.14, №5, 1978, с. 96.
14. Proc. Of International Conf. on Fire Research and Engineering, Inhibition of Premixed Methane-Air Flames by Halon Alternatives, (L. Truett). – Sept. 10-15, 1995. – Orlando FL.

УДК 614.8.084

С.П. Мосов, д.військ.н., проф., В.С. Щербина, АПБ ім. Героїв Чорнобиля

СТАН ПИТАННЯ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ АДМІНІСТРАТИВНО-ГРОМАДСЬКИХ ЗАКЛАДІВ З УРАХУВАННЯМ ЗМІНИ ПОЖЕЖНОНЕБЕЗПЕЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

За результатами моніторингу вітчизняних методик і методик іноземних країн щодо оцінювання рівня пожежної небезпеки об'єктів проаналізовано ступінь врахування в них зміни пожежнебезпечних навантажень, які впливають на кількість пожеж в адміністративно-громадських закладах.

Ключові слова: пожежна безпека, адміністративно-громадський заклад, оцінювання, методика.

Постановка проблеми. Методологія оцінювання ризику виникнення пожеж є на теперішній час основою для підтримання прийняття рішень щодо забезпечення прийняттого рівня безпеки практично в усіх сферах людської діяльності. Слід зазначити, що це є законодавчою нормою європейських країн [1].

Сучасні науково-методологічні підходи та досвід розвинених країн свідчать, що ефективна модель такого захисту має спиратися на оцінку ризику виникнення пожежі та її можливих наслідків, імовірність якого змінюється зі зміною різноманітних пожежнебезпечних навантажень у адміністративно-громадських закладах (далі – АГЗ): зростання кількості одиниць офісної техніки, збільшення одиниць обладнання приміщень, використання горючих оздоблювальних матеріалів, збільшення одночасного навантаження офісними приладами електричних мереж тощо.

У цих умовах важливим проблематичним питанням залишається врахування динаміки зміни різноманітних пожежнебезпечних навантажень у АГЗ під час оцінювання ризику виникнення в них пожежі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками публікується велика кількість наукових праць з проблем пожежної безпеки та її забезпечення. Більшість авторів аналізують і розкривають різні аспекти пожежної безпеки, її види, рівні, сутність, риси, теоретичні засади забезпечення пожежної безпеки, досліджуються політичні, юридичні та інші її аспекти тощо. У наукових виданнях висвітлено підходи до вивчення проблем пожежної безпеки, але вони здебільшого розглядаються у контексті визначення місця і ролі органів управління, вироблення технічних і технологічних рішень [2, 3-7].

Аналіз джерел науково-технічної інформації щодо методик оцінювання небезпек показав, що значний внесок у вирішення проблеми аналізу та оцінки ризику виникнення пожеж на різного роду об'єктах внесли вітчизняні та закордонні вчені: А. Корольченко, С. Якуш, С. Пузач, В. Акімов, В. Бегун, М. Брушлінський, А. Качинський, Г. Лисиченко та інші. Оцінку ризику виникнення небажаної події вони розглядають як перший крок до кількісного вираження небезпеки від функціонування об'єктів та пропонують критерії прийняттого ризику використовувати для розробки планів дій у надзвичайних ситуаціях і вжиття заходів щодо зниження рівня потенційної небезпеки суб'єктів господарювання.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою статті є визначення змін факторів, неврахування яких при оцінці рівня пожежної небезпеки АГЗ наявними методиками, негативно впливає на точність та об'єктивність такої оцінки і, відповідно, на кількість пожеж на таких об'єктах. Вирішення поставленої задачі відбувалось шляхом вивчення факторів, встановлених за результатами причинно-наслідкового аналізу пожеж в Україні та факторів, що підлягають перевірці наявними методиками.

Виклад основного матеріалу. На теперішній час відома певна кількість методів оцінювання ризику виникнення пожеж, серед яких виділяють феноменологічні, детерміністичні та ймовірнісні [8]. Вибір конкретної математичної моделі для оцінювання ризику залежить від конкретної ситуації. Наслідком цього є поява та існування значної кількості методів і підходів щодо визначення оцінювання, але недосконало досліджені питання проведення оцінювання ймовірних небажаних подій на певному об'єкті чи території, а також які саме превентивні заходи необхідно вживати з метою мінімізації можливості виникнення небезпечних ситуацій і масштабів їх наслідків.

Серед методів оцінювання природно-техногенного ризику феноменологічний метод, найбільш простий для застосування, базується на визначенні можливості протікання катастрофічних процесів, що впливають з результатів аналізу необхідних умов, пов'язаних з тими чи іншими явищами та подіями. Незважаючи на простоту застосування методу, він дає найбільш точні та надійні результати. Слід відмітити, що феноменологічний метод оцінювання ризику найбільш прийнятний у випадку порівняння рівня безпеки потенційно небезпечних об'єктів і реалізується шляхом застосування фундаментальних закономірностей [3].

Детерміністичний метод [3] передбачає проведення аналізу послідовності етапів розвитку пожежі, аварії, катастрофи, починаючи від початкової події, через послідовність ймовірних стадій відмов, деформацій і руйнувань компонентів до кінцевого стану системи. Хід процесу надзвичайної ситуації вивчається за допомогою застосування математичного моделювання, побудови імітаційних моделей і проведення складних розрахунків. Зазначений підхід забезпечує наочність і психологічну прийнятність, так як дозволяє виявити основні фактори, які визначають хід процесу. При цьому слід відмітити і недоліки методу, а саме: наявність потенційної можливості не помітити при розвитку надзвичайної ситуації важливих подій, які рідко реалізуються; складність побудови достатньо адекватних математичних моделей; складність та коштовність проведення експериментальних досліджень при тестуванні розрахункових програм. Результати оцінювання, проведені із застосуванням детерміністичного методу, дають певний запас надійності, проте величина цього запасу може стати причиною нераціональних затрат для забезпечення безпеки об'єкту.

Ймовірнісний метод [3] передбачає проведення як оцінювання ймовірності виникнення надзвичайної ситуації, так і розрахунок відносних ймовірностей різних шляхів її розвитку. Розрахункові математичні моделі при застосуванні цього методу значно простіші у порівнянні з раніше розглянутими методами. Процес виникнення небезпечної ситуації вивчається та аналізується за допомогою системного моделювання. Особливістю цього методу є побудова «дерев подій» та «дерев відмов», які на сьогодні в Україні при аналізуванні та розрахунку рівня ризику використовуються найчастіше [9]. «Дерева подій» та «дерева відмов» – це логічні представлення ймовірнісних подій, які можуть або призвести, або навпаки, запобігти виникненню небажаних наслідків пожеж. Використання цього методу дає можливість отримати якісну оцінку і кількісні значення ризику. Даний метод вважається одним з найбільш корисних аналітичних інструментів під час оцінювання надзвичайно складних або деталізованих систем. Завдячуючи тому, що при застосуванні цього методу використовується дедуктивний логічний метод (тобто поступовий рух від загального до конкретного), даний метод досить корисний при дослідженні можливих умов, які можуть викликати небажані наслідки, або певним чином вплинути на ці наслідки. Метод аналізу «дерева подій» і «дерева відмов» реалізований різноманітними програмними кодами. Один з найбільш поширених з них – це код «IRRAS», описаний у роботі [10], а також більш сучасна його версія «SAPHIRE» [3].

На основі ймовірнісного методу за існуючою вихідною інформацією можна виділити методики оцінювання ризику для життя та здоров'я населення, які в залежності від вихідної інформації поділяються на: статистичну (ймовірність визначається за статистичними даними), теоретико-ймовірнісну (використовуються у випадках, коли для оцінки ризиків статистика майже відсутня (мається на увазі негативні події чи явища, що трапляються

доволі рідко, але це не виключає їх повторюваність у майбутньому) та евристичну. Остання базується на використанні суб'єктивних ймовірностей, які можна отримати шляхом експертного оцінювання. Ця методика використовується під час оцінювання комплексних ризиків від сукупності небезпек, коли відсутні не лише статистичні дані, але й математичні моделі.

Слід зазначити, що об'єкт вважається безпечним у тому випадку, коли значення властивих йому ризиків не перевищують допустимих значень [11]. Забезпечення пожежної безпеки об'єктів має починатися з аналізування та оцінювання ризиків виникнення пожежі, що дає можливість розробляти технології управління цими ризиками з метою цілеспрямованого зниження їх значень до прийняттого рівня. Для цього необхідно мати методику, що забезпечує проведення адекватної оцінки рівня протипожежного стану об'єкту та дозволяє визначити шляхи його зниження.

Щоб з'ясувати стан нормативної бази з даного напрямку, проведено аналіз діючих і відомих в Україні методик оцінки рівня забезпечення пожежної безпеки об'єктів, враховуючи їх адаптивність до АГЗ.

До нормативних документів України, якими передбачається проведення оцінки рівня небезпеки об'єктів, у т.ч. пожежної, можна віднести:

- Проект «Концепції управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» [12];
- Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки» [13];
- Міждержавний ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [14];
- Схема надзора за противопожарным состоянием объекта [15];
- Наказ МНС України «Про затвердження Порядку проведення перевірок органами Державної інспекції техногенної безпеки України» [16].

Із іноземних методик оцінювання протипожежного стану об'єктів були проаналізовані:

- наказ МНС РФ «Об утверждении Методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [17];
- методика М. Гретенера [18] (широко використовується в країнах Європи та США).

Для аналізу вибраних методик для оцінювання рівня протипожежного стану АГЗ наведемо фактори, врахування яких сприяє підвищенню точності оцінки, а неврахування – знижує. За результатами проведеного причинно-наслідкового аналізу пожеж на АГЗ України такими факторами можуть бути:

- відповідність нормам конструкції та виробництва електроустановок;
- вірогідність виникнення короткого замикання електромережі;
- якість обслуговування електропроводки та її старіння;
- прогнозовані в часі, періодичні перевантаження електромережі;
- об'ємно-просторове розташування пройм;
- об'ємно-просторове розташування елементів питомої пожежної навантаги;
- зміни об'ємно-планувальних параметрів приміщень;
- зміни пожежнебезпечних навантажень приміщення.

Для забезпечення об'єктивності аналізу взяті також загальновідомі фактори, котрі можуть враховуватися при проведенні оцінки пожежонебезпеки об'єктів:

- вогнестійкість будівлі;
- основні джерела запалювання;
- наявність та ефективність системи оповіщення про пожежу;
- наявність та ефективність системи пожежогасіння;
- ділення будівлі на протипожежні відсіки;

- ефективність системи евакуації;
- прогнозовані втрати від пожежі;
- економічна ефективність протипожежних заходів.

Одним з останніх нормативних документів України, в яких розглядається оцінка рівня забезпечення безпеки об'єкту, є проект Концепції управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру [3]. У проекті передбачено, що нормативна база ризиків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру в Україні спирається на два основні нормативні рівні ризиків: мінімально можливий і гранично припустимий. Прийнятний рівень ризику – це ризик, менший або рівний гранично припустимого рівня ризику, а мінімально можливий – це той рівень, нижче якого зниження ризику є економічно недоцільним. Орієнтиром для визначення рівнів прийнятного ризику в Україні є значення ризиків, прийняті у розвинених країнах, які становлять:

- мінімально можливий ризик: не більший, ніж $1 \cdot 10^{-6}$;
- гранично припустимий: менший, ніж $1 \cdot 10^{-4}$.

Для кожної галузі економіки, небезпечної виробничої діяльності, території, типу техногенного чи природного об'єкту згідно проекту [12], повинні визначатися свої нормативи мінімально можливого та прийнятного ризиків, які мають знаходитись у межах аналогічних загальнонаціональних значень. Самі методики оцінки в зазначеному документі відсутні.

Ще одним документом, в якому обумовлюється рівень пожежної небезпеки об'єктів, є Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки» [13]. Але ним не передбачено кількісної чи якісної оцінки рівня протипожежного стану об'єкту, а лише відповідно до встановлених критеріїв, суб'єкти господарювання незалежно від форми власності та видів господарської діяльності, з урахуванням значення прийнятного ризику для життєдіяльності щодо пожежної безпеки, належать до одного з трьох ступенів ризику: з високим, середнім та незначним. Фактичний рівень пожежної небезпеки, конкретного об'єкту не розглядається. Цей розподіл використовується, для визначення термінів проведення перевірок у сфері техногенної та пожежної безпеки.

Наступні п'ять із згаданих документів, включають у себе методики, тому розглядатимемо їх у площині наведених вище факторів.

«Відповідність нормам конструкції та виробництва електроустановок» розглядається в додатку №5 ГОСТу [14], згідно якого виріб вважається якісним, якщо вірогідність виникнення пожежі в ньому (від нього) не перевищує 10^{-6} рік. Відповідно Схеми [15] та Порядку [16], передбачається перевірка відповідності, вибору і монтажу електроустановок і електромереж, класу приміщень та зон ПУЕ. В інших документах даний фактор не враховується.

«Вірогідність виникнення короткого замикання електромережі» досить детально розглядається в додатку №3 ГОСТу [14], але даний додаток призначений для розрахунку вірогідності виникнення пожежі в пожежовибухонебезпечному об'єкті, тому застосовність його до АГЗ є сумнівною. Схемою [15], передбачається перевірка відповідності та справності апаратів захисту електромереж, а Порядком [16] – лише їх наявність.

Перевірка «якості обслуговування електропроводки та її старіння» передбачається, лише у Схемі [15], де вказується про необхідність проведення технічного обслуговування та планово-попереджувальних ремонтів електрогосподарства. Також, згідно Схеми, на об'єкті повинні проводитись аналізи аварій, пожеж в електроустановках і розробляти міри по їх попередженню.

«Прогнозовані в часі, періодичні перевантаження електромережі» певною мірою враховуються лише у Методиці [17], де одним з коефіцієнтів, при обчисленні індивідуального пожежного ризику, є вірогідність присутності людей в будівлі, $R_{пр} = t/24$.

Разом з тим, «об'ємно-просторове розташування пройм», по різному обумовлюється в усіх методиках, крім Схеми [15] та Порядку [16]. У ГОСТі [14] при обчисленні об'ємів газообміну в приміщенні використовуються його ширина, нижня та верхня межі пройм, а в Методиці [16], ширина та площа, але газообмін в будівлі розраховується досить детально. У Методиці Гретенера [18] величина даного коефіцієнта таблична у відсотках, як відношення площі прорізів до площі приміщення.

«Об'ємно-просторове розташування елементів питомої пожежної навантаги» не враховується в жодному із зазначених документів, а от «зміни характеристик питомої пожежної навантаги приміщення» чітко контролюються лише Методикою Гретенера [18], у котрій крім маси матеріалів, визначаються теплоти їх згорання, токсичність і димоутворююча здатність. Лише згідно двох методик, Схеми [15] та Порядку [16], детально обстежуються «зміни об'ємно-планувальних параметрів приміщень» та їх оздоблення.

При оцінці пожежонебезпеки об'єктів, «вогнестійкість будівель» враховується лише в Схемі [15] та Методиці Гретенера [18], причому в першій буквально перевіряється відповідність наявної вогнестійкості вимогам норм, а в другій, залежно від наявних будівельних конструкцій, беруться п'ять табличних значень, добуток яких є чисельним вираженням фактору.

Такий фактор, як «основні джерела запалювання», враховується лише у вищезгаданому додатку №3 ГОСТу [14], причому розрахунок проводиться по всім джерелам досить детально.

Важливими факторами, що характеризують рівень захищеності об'єкту, є «наявність та ефективність системи оповіщення про пожежу» та «...пожежогасіння» на ньому. У Методиці [17], вірогідність ефективного спрацювання установок пожежогасіння, є одним з коефіцієнтів при обчисленні індивідуального пожежного ризику, а пожежна сигналізація, є складовою системи, призначеної для безпечної евакуації людей. ГОСТом [14] обидва фактори розглядаються як вірогідність ефективного спрацювання протипожежного захисту, що використовується при обчисленні рівня захищеності людини. У Методиці Гретенера [18] системи оповіщення про пожежу та пожежогасіння відносяться до спеціальних заходів, чисельні значення яких, у залежності від наявного обладнання, беруться з таблиці. Разом з тим, спрацювання даних систем вважається апріорно ефективним. Згідно Схеми [15] та Порядку [16] перевіряється лише відповідність нормам та справність систем автоматичного пожежогасіння та сигналізації.

Наступним фактором, що служить для недопущення розповсюдження пожежі, є «ділення будівлі на протипожежні відсіки». У Методиці Гретенера [18] таке ділення впливає на ступінь вогнестійкості будівлі і визначається в залежності від площі секції по таблиці. Схемою [15] передбачено перевірку необхідності ділення будівлі протипожежними перепонами, а при наявності, їх відповідності. Іншими методиками даний фактор не розглядається.

На відміну від вітчизняних методик у Методиці Гретенера [18] взагалі не розглядається «ефективність системи евакуації» чи, наприклад, відповідність нормам евакуаційних шляхів, як у Схемі [15] чи Порядку [16]. Значно більше уваги даному питанню приділено в ГОСТі [14], де вірогідність евакуації є однією з основних складових при визначенні рівня забезпечення пожежної безпеки людей. Обчислюється даний фактор досить детально з врахуванням великої кількості критеріїв. Найбільше ж уваги системі евакуації приділено в Методиці [17], де для визначення ефективності наявних евакуаційних заходів призначені п'ять із шести додатків. У цілому, Методика побудована так, що рівень пожежної небезпеки об'єкту оцінюється ефективністю системи евакуації людей, і якщо при розрахунках отримано негативний результат, то пропонуються заходи по вдосконаленню даної системи.

Лише в одній із зазначених методик, ГОСТі [14], передбачається розрахунок «прогнозованих втрат від пожежі» та «економічної ефективності протипожежних заходів», при чому перший фактор є складовою в обчисленні другого. У ГОСТі для оцінки економічної ефективності систем пожежної безпеки мається окремий додаток, згідно якого

обчислюються, а потім зіставляються сума коштів при можливих втратах від пожежі та сума коштів, що витрачаються на забезпечення пожежної безпеки.

Слід зазначити, що методичні підходи до самого оцінювання рівня пожежонебезпеки об'єкту в усіх документах різні. Так, у ГОСТі [14] показником оцінки рівня забезпечення пожежної безпеки людей на об'єктах є вірогідність недопущення дії на них небезпечних факторів пожежі, значення якої 0,999999 є єдиним для всіх об'єктів і встановлене цим же документом. Відповідно, оцінка зводиться до порівняння наявної вірогідності, яка обчислюється за допомогою математичних формул із зазначеною.

За схожим принципом діє Методика [17], згідно якої розрахунки по оцінці пожежного ризику проводяться шляхом зіставлення розрахункових величин пожежного ризику з нормативними його значеннями, встановленими Федеральним законом Росії від 22 липня 2008 року №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Відмінність Методики Гретенера [18] у тому, що в ній і фактичне значення пожежонебезпеки, і припустиме, обчислюються безпосередньо для обраного об'єкта, і якщо їх частка менше одиниці, то він вважається достатньо захищеним, а якщо більше, то спостерігається підвищена пожежонебезпека.

Якщо згідно попередніх трьох методик, оцінка рівня пожежонебезпеки об'єкту, здійснюється за допомогою математичних обчислень, і має чисельне вираження, то Схемою [54], передбачено лише перевірку та констатацію факту відповідності, чи навпаки, наявних протипожежних заходів, нормам з пожежної безпеки.

Відмінність Порядку [16] у тому, що крім питань, які перевіряються в ході обстеження, в ньому викладені організаційні аспекти проведення перевірок об'єктів, права та обов'язки сторін. Характерним для Порядку, є наявність «Акту перевірки додержання (виконання) вимог законодавства у сферах пожежної і техногенної безпеки, цивільного захисту, контролю за діяльністю аварійно-рятувальних служб». В даному акті прописані універсальні для всіх об'єктів питання, котрі перевіряючий при обстеженні повинен з'ясувати та поставити відмітку відповідності «так», «ні», «не вимагається» або «не перевірялося». Проведення кількісної чи якісної оцінки протипожежного стану об'єкту методикою не передбачається, хоча загальне враження можна сформулювати за співвідношенням відміток «так» чи «ні» в акті.

Висновки. Результати проведеного дослідження свідчать, що жодна з аналізованих методик не враховує всі вищенаведені фактори, котрі характеризують пожежну небезпеку об'єкту. Враховуючи, що Концепція [12], Постанова [13] та Порядок [16] не мають в своєму складі методик оцінювання рівня пожежонебезпеки об'єктів, діючим в Україні документом з визначення ступеню захищеності від пожеж залишається міждержавний ГОСТ12.1.004-91 [14].

Для визначення шляхів підвищення ефективності оцінки протипожежного стану АГЗ визначено фактори, котрі не регламентовані на теперішній час ГОСТом [14], але врахування яких, за результатами проведеного причинно-наслідкового аналізу, може зменшити кількість пожеж на даних об'єктах. Це такі фактори:

- якість обслуговування електропроводки та її старіння;
 - врахування прогнозованих у часі періодичних перевантажень електромережі;
 - врахування зміни пожежонебезпечних навантажень приміщення;
 - врахування змін об'ємно-планувальних параметрів приміщень;
- Із обраних загальновідомих факторів ГОСТом не враховується:
- перевірка вогнестійкості будівлі;
 - перевірка необхідності ділення будівлі на протипожежні відсіки.

Отримані результати є підтвердженням зазначеного раніше [19], що саме використання в оздобленні приміщень легкогорючих і токсичних матеріалів, збільшення кількості офісних меблів з переплануванням шляхів евакуації, зростання навантаження на електромережі через збільшення кількості оргтехніки та робочих місць на м² площі, зумовлюють зростання рівня пожежної небезпеки адміністративних та офісних приміщень.

Перспективи подальших досліджень. Враховуючи вищевикладене, доцільним є пошук та визначення основних шляхів вдосконалення методичного апарату оцінювання рівня пожежної небезпеки АГЗ з врахуванням зміни пожежонебезпечних навантажень, які безпосередньо впливають на кількість пожеж.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Директива Ради 96/82/ЕС від 9 грудня 1996 р. стосовно контролю безпеки від великомасштабних аварій, що включають небезпечні речовини. Офіційний журнал L 010, 14/01/1997 стор. 0013 – 00.
2. Доманський В.А. Державне управління пожежною безпекою України (організаційно-правовий аналіз за матеріалами діяльності Державного департаменту пожежної безпеки) [Текст]: дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.07 / Національна академія внутрішніх справ України. - К., 2004.
3. Звіт про науково-дослідну роботу. Провести дослідження з визначення методології оцінювання пожежних ризиків та їх застосування у сфері пожежної безпеки / УкрНДПБ. – 2010. – 276 с.
4. Скакун В.О. Методика комплексної оцінки техногенної та природної безпеки України в регіональному вимірі / В.О. Скакун, Г.А. Хміль // Комплексний підхід до оцінки пожежної та техногенної небезпеки на основі ризик-орієнтованих підходів: Матеріали науково-практичного семінару у рамках спеціалізованої виставки “Пожежна та техногенна безпека в Україні 2005”. – К.: МНС України, 2005. – С. 4-5.
5. Хом’як Я.І. Застосування ризик-орієнтованих підходів у здійсненні наглядової діяльності / Я.І. Хом’як, О.П. Якименко, Р.В. Климась // Збірник наукових праць ЛДУБЖД Пожежна безпека. – Львів: № 14, 2009. – С. 25-30.
6. Михайлова А.В. Запобігання виникнення НС, в тому числі пожеж, на суб’єктах господарювання за допомогою ризик-орієнтованого підходу // Науковий вісник будівництва ХДТУБА. Харків: № 53, 2009. – С. 249-253.
7. Климась Р.В., Михайлова А.В. Визначення методології оцінювання ризиків у сфері пожежної безпеки / Р.В. Климась, А.В. Михайлова // Безпека життєдіяльності особистості – підґрунтя сталого розвитку суспільства: Тези доповіді на Всеукраїнській науково-методичній конференції з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2009. – С. 117-119.
8. Акимов В.А. Природные и техногенные ситуации: опасности, угрозы, риски / В.А. Акимов, В.Д.Новиков, Н.Н. Радаев. – М.: ЗАО ФИД “Деловой экспресс”, 2001. – 344 с.
9. Бегун В.В. Вероятностный анализ безопасности атомных станций / [В.В. Бегун, О.В. Горбунов, И.Н. Каденко и др.]. – К., 2000. – 558 с.
10. Бегун В.В. Предупреждение чрезвычайных ситуаций на основе мониторинга важных для безопасности расчетных параметров безопасности предприятий / В.В. Бегун, С.И. Осипенко // Комплексний підхід до оцінки пожежної та техногенної небезпеки на основі ризик-орієнтованих підходів: Матеріали науково-практичного семінару у рамках спеціалізованої виставки «Пожежна та техногенна безпека в Україні 2005». – К.: МНС України, 2005. – С. 34-39.
11. Климась Р.В. До питання визначення методології оцінювання пожежних ризиків та їх застосування у сфері пожежної безпеки / Р.В. Климась, А.В. Михайлова // Пожежна безпека – 2009: Збірник тез доповідей ІХ міжнародної науково-практичної конференції. – Львів: ЛДУБЖД, 2009. – С. 25-26.
12. Концепція управління ризиками надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру (проект) [Електронний ресурс]: Міністерство надзвичайних ситуацій України. - Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/education_kurns.html.
13. Постанова Кабінету Міністрів України Про затвердження критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від провадження господарської діяльності та визначається

періодичність здійснення планових заходів державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки від 29 лютого 2012 р. № 306.

14. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования.

15. Схема надзора за противопожарным состоянием объекта / УПО МВД Украинской ССР / Киев – 1986. – 12с.

16. Про затвердження Порядку проведення перевірок органами Державної інспекції техногенної безпеки України, наказ МНС України №863 від 25.05.2012 року.

17. Об утверждении Методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, приказ МЧС РФ от 30.06.2009 г. № 382.

18. Дмитрієв С.Л. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Пожежна профілактика в будівництві» / Укл. Дмитрієв С.Л. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 23с.

19. Мосов С.П. Обґрунтування доцільності комплексного підходу до оцінювання та прогнозування рівня пожежної безпеки об'єктів адміністративно-господарського призначення / С.П. Мосов, Ю.Ю. Дендаренко, В.С. Щербина // Збірник наукових праць «Пожежна безпека: теорія і практика» – 2011. – №7. – С.116–122.

УДК 629.33.02:517

М.В. Підгорний, к.т.н., О.В. Огій, ЧДТУ,
В.П. Мельник, АПБ ім. Героїв Чорнобиля

РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНЬОЇ ШВИДКІСНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ, ЩО ПЕРЕВОЗЯТЬ ОСОБЛИВО НЕБЕЗПЕЧНІ ВАНТАЖІ

Представлено чотири методи розрахунків постійних коефіцієнтів апроксимуючих рівнянь формули Лейдермана для отримання зовнішньої швидкісної характеристики двигуна автотранспортного засобу, що перевозить особливо небезпечні вантажі. Розрахунки порівнюються з паспортними даними двигуна DONG FENG CY4102BZLQ.

Ключові слова: зовнішня швидкісна характеристика, потужність, крутний момент.

Постановка проблеми. В розрахунок основних складових автомобіля, що перевозить особливо небезпечні вантажі входить розрахунок параметрів двигуна. Основні параметри, що характеризують двигун, – потужність N_e і крутний момент M_e . Для визначення показників тягово-швидкісних властивостей важливо знати швидкісні характеристики двигуна автомобіля. Графічну залежність зовнішніх параметрів роботи двигуна від частоти обертання його колінчастого вала при максимальній подачі палива називають *зовнішньою швидкісною характеристикою (ЗШХ)* двигуна [1, ст. 131]. За допомогою ЗШХ можна оцінити відповідність типу двигуна умовам його застосування, переваги і недоліки того або іншого типу двигуна.

Постановка завдання. Необхідно визначити коефіцієнти залежностей ЗШХ різними методами, побудувати графіки $N_e=f(n)$ і $M_e=f(n)$. Отримані результати перевірити з паспортними даними двигуна DONG FENG CY4102BZLQ, який досліджується.

Основний матеріал. Залежність $N_e=f(n)$ апроксимується кубічним тричленом за формулою Лейдермана [2, ст. 27]:

$$N_e = N_{e_{\max}} \left(a \left(\frac{n}{n_N} \right) + b \left(\frac{n}{n_N} \right)^2 - c \left(\frac{n}{n_N} \right)^3 \right), \quad (1)$$

де $N_{e_{\max}}$ – максимальна потужність двигуна, кВт;

a, b, c – постійні коефіцієнти для конкретного двигуна;

n_N – частота обертання при максимальній потужності двигуна, об/хв;

n – поточне значення частоти обертання колінчастого вала, об/хв.

$$M_e = \frac{9550 N_e}{n}$$

Користуючись рівнянням (1) і враховуючи, що M_e визначимо аналітичний вираз залежності $M_e=f(n)$:

$$M_e = M_{eN} \left(a + b \left(\frac{n}{n_N} \right) - c \left(\frac{n}{n_N} \right)^2 \right), \quad (2)$$

де M_{eN} – крутний момент при максимальній потужності, Н·м.

Для аналітичного методу розрахунку тягово-швидкісних властивостей зручно залежність крутного моменту від частоти обертання представляти у вигляді:

$$M_e = a_M n^2 + b_M n + c_M, \quad (3)$$

де $a_M = -c \cdot \frac{M_{eN}}{n_N^2}$, $b_M = b \cdot \frac{M_{eN}}{n_N}$, $c_M = a \cdot M_{eN}$ – постійні коефіцієнти.

Значення коефіцієнтів a_M , b_M , c_M можна визначити декількома способами.

Якщо є реальна залежність $M_e=f(n)$, то для розрахунку коефіцієнтів можна скористатися інтерполяційною формулою Лагранжа.

Коефіцієнти рівняння (3) можна також визначити, вирішуючи систему з 3-х рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{e\min} = a_M n_{\min}^2 + b_M n_{\min} + c_M \\ M_{eN} = a_M n_N^2 + b_M n_N + c_M \\ M_{e\max} = a_M n_M^2 + b_M n_M + c_M \end{array} \right.$$

Якщо реальна залежність відсутня, але є дві точки цієї характеристики: $M_{e\max}$, n_M і M_{eN} , n_N , які зазвичай приводяться в технічній характеристиці, то коефіцієнти a , b і c можна визначити таким чином.

Формула (1) має загальний характер, тому вона повинна бути вірною в точці $n=n_N$:

$$N_{e\max} = N_{eN} (a + b - c)$$

Звідси:

$$a + b - c = 1. \tag{4}$$

Функція $M_e=f(n)$ має екстремум в точці $n=n_M$, тобто в цій точці похідна функції $M_e=f(n)$ дорівнює нулю, $dM_e/dn=0$. Продиференціювавши рівняння (2) по n , знаходимо:

$$b - 2c \left(\frac{n}{n_N} \right) = 0, \text{ але } n=n_M \quad n_M = \frac{b \cdot n_N}{2c} \tag{5}$$

Підставивши значення n_M в (2) отримаємо:

$$M_{e\max} = M_{eN} \left(a + \frac{b^2}{4c} \right) \tag{6}$$

Для двигунів, що не мають обмежувача частоти обертання, при $n=n_N$ повинна виконуватися рівність $dN_e/dn=0$, звідки:

$$a + 2b - 3c = 0. \tag{7}$$

Відношення $\frac{M_{e\max}}{M_{eN}} = K_M$ називається коефіцієнтом пристосування за крутним

моментом, а $\frac{n_N}{n_M} = K_\omega$ – коефіцієнтом пристосування за частотою обертання колінчастого валу [2, ст. 27]. Значення коефіцієнтів K_M , K_ω визначають здатність двигуна автоматично пристосовуватися до зміни навантаження і діапазону стійкої роботи двигуна. Крива $M_e=f(n)$ має максимум при частоті $n_M < n_N$. Якщо $n > n_M$, то збільшення навантаження на двигун викликає зниження n , що призводить до зростання M_e , тобто двигун автоматично

приспосовується до зміни навантаження. Зазвичай цю здатність оцінюють, крім коефіцієнтів K_M , K_ω , величиною запасу крутного моменту M_3 (%) [3, ст. 18]:

$$M_3 = (M_{\text{emax}}/M_{eN} - 1) \cdot 100 = (K_M - 1) \cdot 100. \quad (8)$$

1-й метод

Якщо реальна залежність відсутня і немає жодної з двох точок характерних точок (M_{emax} , n_M і M_{eN} , n_N), які зазвичай приводяться в технічній характеристиці, то коефіцієнти a , b і c можна визначити таким чином: для дизельного двигуна $a=0,5$, $b=1,5$, $c=1$, для карбюраторного двигуна $a=b=c=1$.

Таблиця 1 – Результати розрахунків за 1 методом

n_e , об/хв	1-й метод		Паспортні дані		Похибка	
	$N_{e, \text{кВт}}$	M_e , Н·м	$N_{e, \text{кВт}}$	M_e , Н·м	e_{N_e} , кВт	e_{M_e} , Н·м
1200	36,175	287,892	40,1	319,0	3,925	31,108
1400	44,000	300,143	49,5	336,0	5,500	35,857
1600	51,825	309,331	57,0	343,0	5,175	33,669
1800	59,458	315,456	64,0	341,0	4,542	25,544
2000	66,706	318,519	70,0	336,0	3,294	17,481
2200	73,376	318,519	76,0	329,0	2,624	10,481
2400	79,277	315,456	80,1	321,0	0,823	5,544
2600	84,216	309,331	84,5	312,0	0,284	2,669
2800	88,000	300,143	88,0	302,0	0,000	1,857

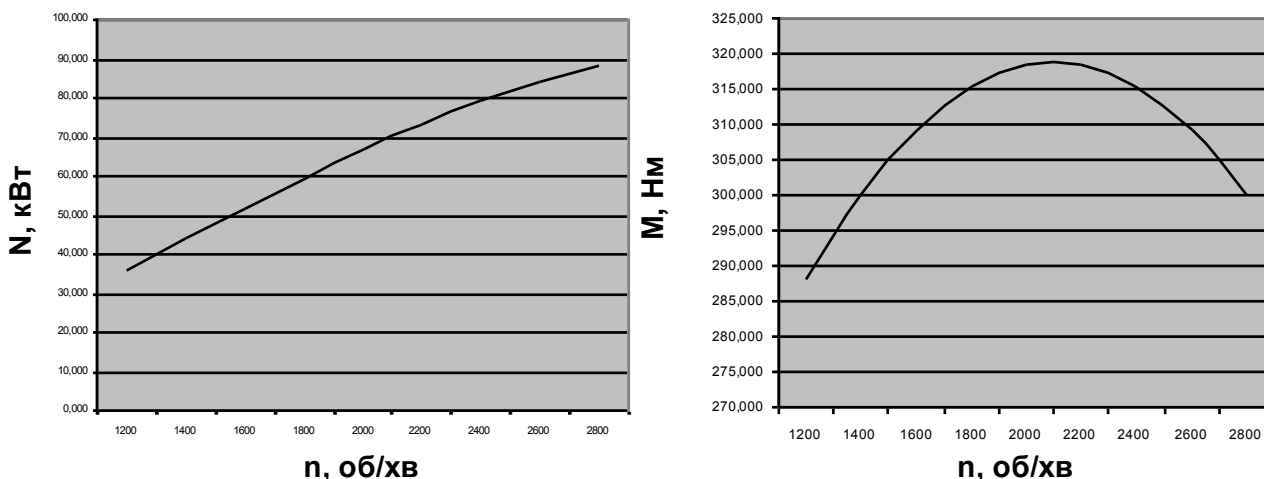


Рисунок 1 – Графік ЗШХ, визначений за першим методом.

2-й метод

Для двигунів з регулятором частоти обертання, враховуючи (8) і вирішуючи спільно рівняння (4), (5), (6), знаходимо [3, ст. 19]:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 1 - \frac{M_3 K_\omega (2 - K_\omega)}{100 (K_\omega - 1)^2} \\ b = 2 \frac{M_3 K_\omega}{100 (K_\omega - 1)^2} \\ c = \frac{M_3}{100 (K_\omega - 1)} \end{array} \right. \quad (9)$$

Для двигунів, що не мають обмежувача:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = 2 - \frac{25}{M_3} \\ b = \frac{50}{M_3} - 1 \\ c = \frac{25}{M_3} \end{array} \right. \quad (10)$$

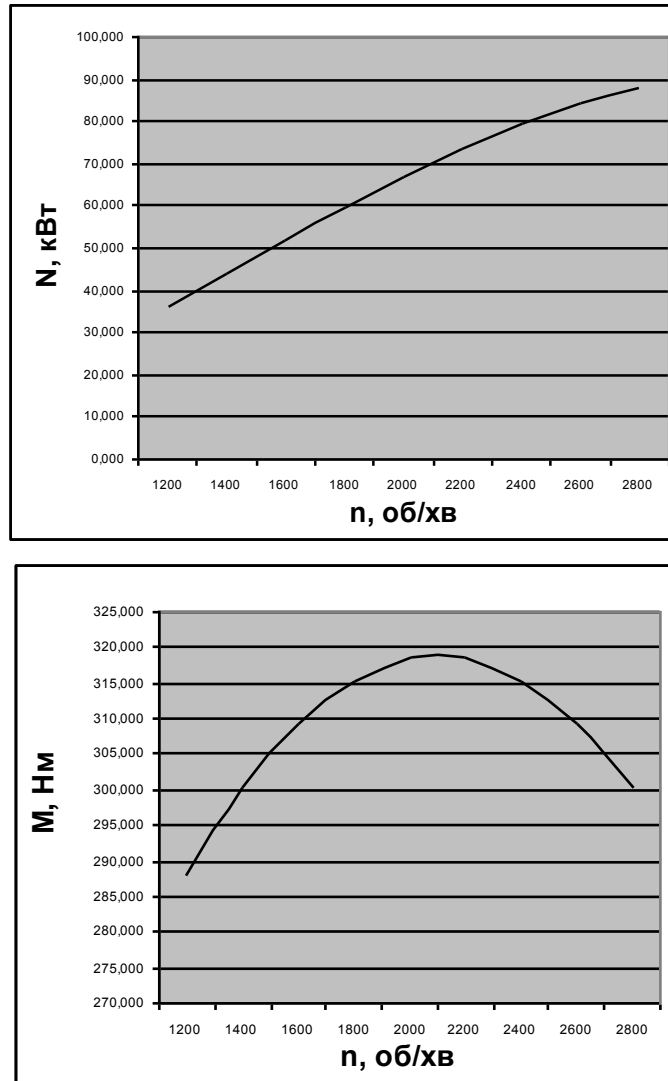


Рисунок 2 – Графік ЗШХ, визначений за другим методом.

Таблиця 2 – Результати розрахунків за 2 методом

n _e , об/хв	2 ^й метод		Паспортні дані		Похибка	
	N _e , кВт	M _e , Н·м	N _e , кВт	M _e , Н·м	ε _{N_e} , кВт	ε _{M_e} , Н·м
1200	37,704	300,061	40,1	319,0	2,396	18,939
1400	46,741	318,839	49,5	336,0	2,759	17,161
1600	55,666	332,255	57,0	343,0	1,334	10,745
1800	64,142	340,309	64,0	341,0	-0,142	0,691
2000	71,832	343,000	70,0	336,0	-1,832	-7,000
2200	78,400	340,329	76,0	329,0	-2,400	-11,329
2400	83,509	332,296	80,1	321,0	-3,409	-11,296
2600	86,821	318,901	84,5	312,0	-2,321	-6,901
2800	88,000	300,143	88,0	302,0	0,000	1,857

3-й метод

За відсутності реальної ЗШХ двигуна коефіцієнти рівняння (3) можна визначити сумісним вирішенням рівнянь (2) і (3) або вирішенням наступної системи рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{eN} = a_M n_N^2 + b_M n_N + c_M \\ M_{e\max} = a_M n_M^2 + b_M n_M + c_M \\ 2a_M n_M + b_M = 0 \end{array} \right.$$

Третє рівняння системи отримано диференціюванням 2-го рівняння по n в точці $n=n_M$. Вирішуючи спільно рівняння даної системи, отримуємо:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_M = -\frac{M_{e\max} - M_{eN}}{(n_M - n_N)^2} \\ b_M = \frac{2(M_{e\max} - M_{eN})n_M}{(n_M - n_N)^2} \\ c_M = M_{e\max} - \frac{(M_{e\max} - M_{eN})n_M^2}{(n_M - n_N)^2} \end{array} \right. \quad (11)$$

Таблиця 3 – Результати розрахунків за 3 методом

n _е , об/хв	3-й метод		Паспортні дані		Похибка	
	N _е , кВт	M _е , Н·м	N _е , кВт	M _е , Н·м	ε _{N_е} , кВт	ε _{M_е} , Н·м
1200	42,501	338,238	40,1	319,0	-2,401	-19,238
1400	50,108	341,810	49,5	336,0	-0,608	-5,810
1600	57,466	343,000	57,0	343,0	-0,466	0,000
1800	64,425	341,810	64,0	341,0	-0,425	-0,810
2000	70,835	338,238	70,0	336,0	-0,835	-2,238
2200	76,547	332,286	76,0	329,0	-0,547	-3,286
2400	81,412	323,952	80,1	321,0	-1,312	-2,952
2600	85,279	313,238	84,5	312,0	-0,779	-1,238
2800	88,000	300,143	88,0	302,0	0,000	1,857

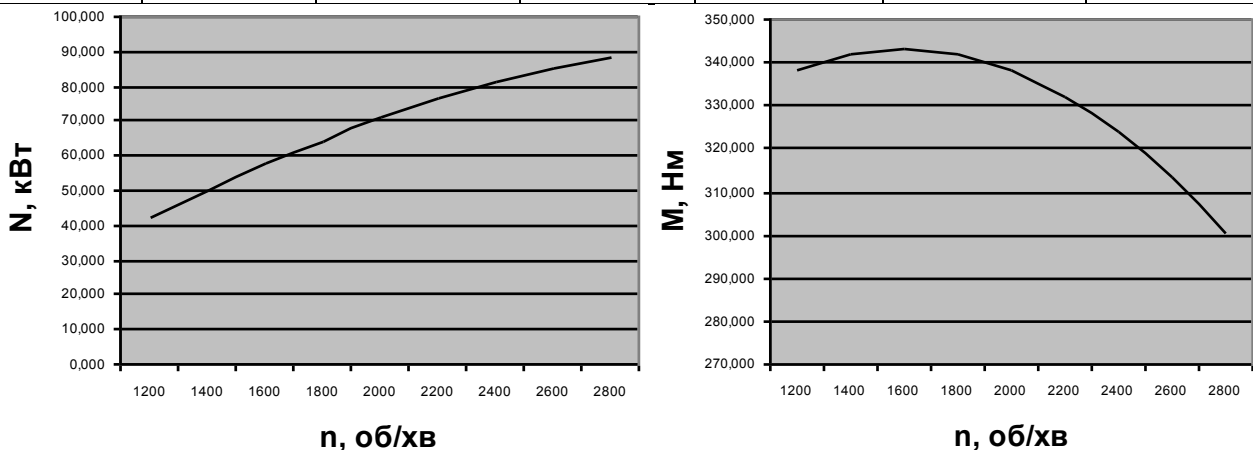


Рисунок 3 - Графік ЗШХ, визначений за третім методом.

4-й метод

Для всіх типів двигунів можна знайти послідовно коефіцієнти a , b і c і підставити в рівняння (1) і (2):

$$\left. \begin{aligned} \tilde{n} &= \frac{\left(\frac{M_{e \max}}{M_{eN}} - 1 \right)}{\left(\frac{n_M}{n_N} \right)^2 + 1 - \left(\frac{n_M}{n_N} \right)} \\ b &= 2c \left(\frac{n_M}{n_N} \right) \\ a &= 1 - b + c \end{aligned} \right\} \cdot \quad (12)$$

Таблиця 4 – Результати розрахунків за 4 методом

n _e , об/хв	4 ^й метод		Паспортні дані		Похибка	
	N _e , кВт	M _e , Н·м	N _e , кВт	M _e , Н·м	e _{N_e} , кВт	e _{M_e} , Н·м
1200	38,879	309,409	40,1	319,0	1,221	9,591
1400	45,486	310,278	49,5	336,0	4,014	25,722
1600	52,032	310,568	57,0	343,0	4,968	32,432
1800	58,482	310,278	64,0	341,0	5,518	30,722
2000	64,798	309,409	70,0	336,0	5,202	26,591
2200	70,944	307,961	76,0	329,0	5,056	21,039
2400	76,884	305,934	80,1	321,0	3,216	15,066
2600	82,581	303,328	84,5	312,0	1,919	8,672
2800	88,000	300,143	88,0	302,0	0,000	1,857

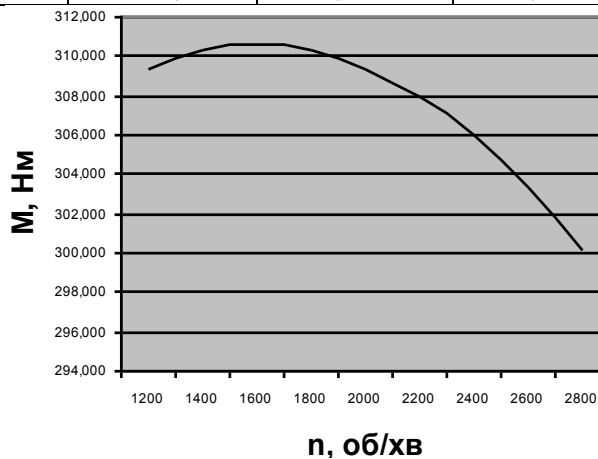
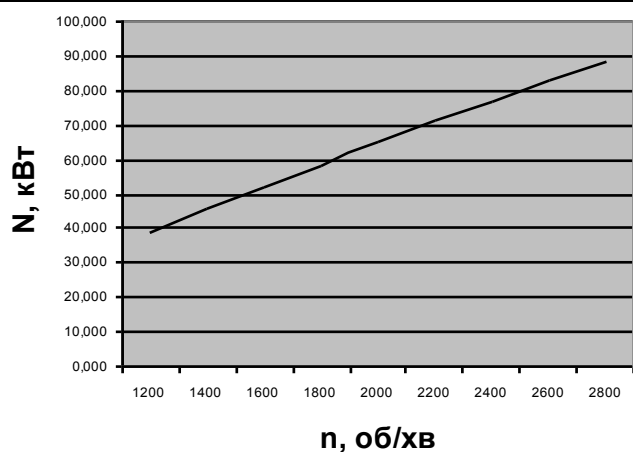


Рисунок 4 – Графік ЗШХ, визначений за четвертим методом.

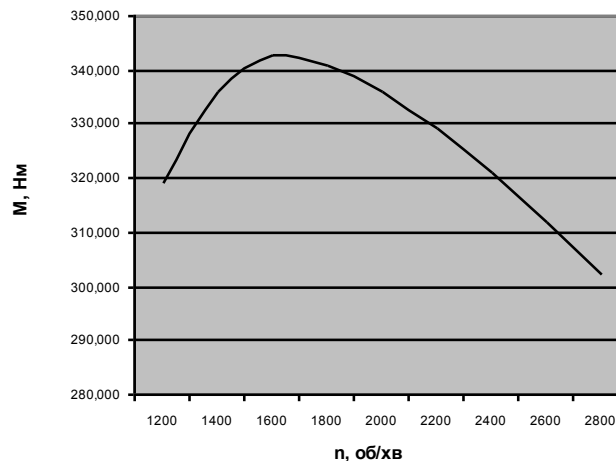
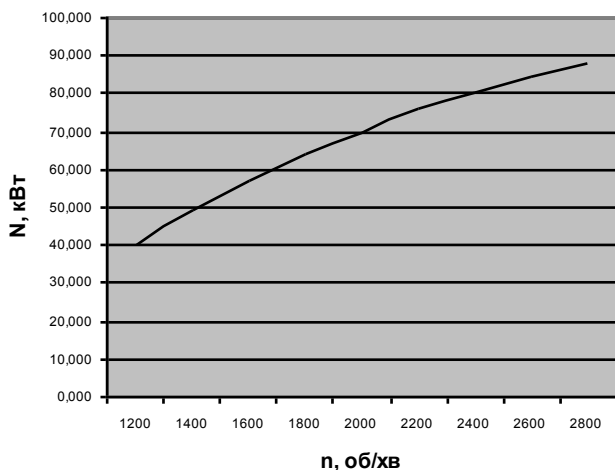


Рисунок 5 – Паспортні дані двигуна DONG FENG CY4102BZLQ.

Результати розрахунків за всіма чотирма методами, зводимо у вигляді табл. 1 – табл. 4, будемо ЗШХ двигуна (рис. 1 – рис. 4) та порівнюємо їх із паспортними даними (рис. 5) методом найменших квадратів, який є одним із базових методів регресійного аналізу для оцінки невідомих параметрів регресійних моделей за вибірковими даними. Метод заснований на мінімізації суми квадратів залишків регресії.

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (13)$$

Таблиця 5 – Найменші квадратичні відхилення

	ε_{Ne}	ε_{Me}
1 метод	12,396	499,586
2 метод	4,587	125,013
3 метод	1,095	48,224
4 метод	15,487	467,18

Висновки. Проаналізувавши отримані результати за допомогою методу найменших квадратів, відзначаємо, що для даного класу двигунів розрахунки, які проведені за третім методом найбільш наближені до паспортних даних. Це обумовлено тим, що швидкісні характеристики двигунів, які виготовляються для створення автотранспортних засобів, отримують при стендових випробуваннях по різних методиках. Запропонований в статті третій метод може бути використаний для вибору двигуна при створенні автотранспортних засобів для перевезення особливо небезпечних вантажів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сирота В.І. Основи конструкції автомобілів: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2005. – 280 с.
2. Солтус А.П. та ін. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2006. – 176 с.
3. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. – М: Машиностроение, 1984. – 272 с.

УДК 624. 012

А.В. Поздеев, О.В. Некора, к.т.н., с.н.с.,
АПБ им. Героев Чернобыля,
С.В. Поздеев, д.т.н., доц.,

Институт государственного управления в сфере гражданской защиты,
А.Н.Семенчук, Территориальное управление МЧС Украины в Винницкой области

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО НАГРЕВА

Проведено экспериментальное исследование влияния модификаторов на механические характеристики бетона в условиях высокотемпературного нагрева. Осуществлено испытание кубических образцов с модифицированным и не модифицированным составом по их нагреву в муфельной печи с последующим приложением механической нагрузки. Построены диаграммы деформирования для образцов из бетонов без добавок, а также модифицированными суперпластификаторами и морозостойкими добавками при различных режимах прогрева. Получены зависимости коэффициента снижения прочности и модуля упругости бетона от температуры нагрева.

Ключевые слова: модифицированный бетон, деформирование, коэффициент снижения прочности, модуль упругости, плотность бетона.

Постановка проблемы.

В работах многих авторов изложены и обоснованы методики, которые применяются при определении огнестойкости современных железобетонных конструкций. Процедуры методов вошли в стандарты и соответствующие нормы многих ведущих стран. Однако в этих методах не предусмотрен учет влияния модификаторов бетона, что может привести к ошибочному определению огнестойкости несущих железобетонных конструкций, в частности, изгибаемых конструкций.

Огнестойкость строительных конструкций определяется тремя предельными состояниями: потеря несущей способности, потеря целостности, потеря теплоизолирующей способности. Теплоизолирующая способность достаточно рассмотрена многими специалистами, которые имеют большие достижения в этой области. Работ относительно целостности и несущей способности существует значительно меньше, так как необходимо учитывать напряженно-деформационное состояние строительной конструкции, которое зависит от одновременного действия силовых и температурных факторов. При высокотемпературном нагреве (более 500 °С) механические свойства бетона сильно ухудшаются, что отражается на несущей способности железобетонных конструкций в этих условиях. Таким образом, определение деформационных характеристик в условиях нагрева бетонных образцов с помощью силовых испытаний является важнейшим этапом в учете влияния модификаторов бетона при определении огнестойкости железобетонных конструкций.

Анализ последних достижений и публикаций. В результате проведенного анализа [1] установлено, что за последние годы значительно возросло число работ в области разработки составов добавок в бетон и их применения в различных отраслях строительства. Так, за последнее двадцатилетие опубликовано несколько тысяч патентов только на составы добавок. Бетоны с добавками используются для изготовления сборных и монолитных армированных и неармированных изделий и конструкций. Ожидаемые эффекты, улучшающие свойства бетона, определяют существование широкого спектра добавок.

Анализ их применения [1] показал, что наиболее часто применяются суперпластификаторы, морозостойкие добавки, а также комплексные составы (2 добавки и более). В работах [2-3] проведены экспериментальные исследования режимов прогрева модифицированного бетона. При проведении тепловых испытаний установлено, что наличие модификаторов повышает скорости прогрева бетонных образцов, причем наибольшим эффектом обладают пластификаторы. На основе полученных экспериментальных данных были рассчитаны теплофизические характеристики для модифицированного бетона испытанных образцов.

Постановка задачи и ее решение. Учитывая изложенное, необходимо провести эксперимент по нагреву кубических образцов изготовленных из модифицированного и немодифицированного бетона при различных температурных режимах, с последующими их механическими испытаниями на сжатие. Для оценки механических характеристик модифицированного и немодифицированного бетона в условиях нагрева необходимо построение диаграмм деформирования, а также температурных зависимостей коэффициента снижения прочности и снижения модуля упругости.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается статья.

Определение деформационных характеристик модифицированного бетона в условиях нагрева с помощью силовых испытаний является ранее нерешенной проблемой в учете влияния модификаторов бетона при определении огнестойкости железобетонных конструкций.

Выкладка основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов.

При изучении влияния, которое могут оказывать добавки в бетоны на их механические свойства при нагреве, были проведены исследования кубических бетонных образцов при их испытаниях на сжатие в нагретом состоянии. Испытания проводились на базе лаборатории предприятия по производству пенобетона ООО «Ротис плюс» г. Кривой Рог.

Изготовленные образцы испытывались в муфельной печи по 1 шт. за 1 цикл нагрева. Печь муфельная СНОЛ-16/1250 оснащена устройством вытяжки продуктов сгорания, максимальная температура 1050° С, мощностью 2,2 кВт. Для каждой из групп образцов предусматривались особые температурные режимы прогрева камеры печи (табл. 2.1.). Температура измерялась с помощью ртутного термометра с диапазоном до 800° С.

После нагрева образцы подвергались испытанию на прочность. Нагружение образцов осуществлялось на гидравлическом прессе ИП-500, который предназначен для статических испытаний на сжатие стандартных образцов бетонов с наибольшей предельной нагрузкой 500 кН. На протяжении всего испытания на сжатие фиксировалось значение нагрузки в момент разрушения образца, а также деформации в различные моменты нагружения. Режимы нагрева образцов и особенности статического испытания на сжатие кубических образцов приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Режимы нагрева образцов и порядок испытания на сжатие

№, п/п	Состав	Количество образцов	Вид испытания
1	2	3	4
1.1.	Бетон без добавок	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования).
1.2.	Бетон без добавок	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 500°С 20 мин и последующего охлаждения (вн. 100°С).
1.3.	Бетон без добавок	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 500°С 45 мин и охлаждения (вн. 300°С).

Продолжение табл. 1.

1	2	3	4
1.4.	Бетон без добавок	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 700°C 50 мин и последующего охлаждения (вн. 500°C).
1.5.	Бетон без добавок	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 900°C 90 мин и последующего охлаждения (вн. 700°C).
1.6.	Бетон без добавок	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 900°C 120 мин и последующего охлаждения. (вн. 800°C)
2.1.	Бетон с добавкой №1*	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования).
2.2.	Бетон с добавкой №1*	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 500°C 20 мин и последующего охлаждения (вн. 100°C).
2.3.	Бетон с добавкой №1*	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 500°C 45 мин и последующего охлаждения (вн. 300°C).
2.4.	Бетон с добавкой №1*	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 700°C 50 мин и последующего охлаждения (вн. 500°C).
2.5.	Бетон с добавкой №1*	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 900°C 90 мин и последующего охлаждения (вн. 700°C).
2.6.	Бетон с добавкой №1*	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 900°C 120 мин и последующего охлаждения. (вн. 800°C)
3.1.	Бетон с добавкой №2**	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования).
3.2.	Бетон с добавкой №2**	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 500°C 20 мин и последующего охлаждения (вн. 100°C).
3.3.	Бетон с добавкой №2**	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 500°C 45 мин и последующего охлаждения (вн. 300°C).

Продолжение табл. 1.

1	2	3	4
3.4.	Бетон с добавкой №2**	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 700°C 50 мин и последующего охлаждения (вн. 500°C).
3.5.	Бетон с добавкой №2**	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 900°C 90 мин и последующего охлаждения (вн. 700°C).
3.6.	Бетон с добавкой №2**	3 шт.	Стандартные испытания на сжатие (с построением диаграммы деформирования), после нагрева, выдержки образца при 900°C 120 мин и последующего охлаждения (вн. 800°C).

*Добавка №1 суперпластификатор «РЕЛАМИКС»;

**Добавка №2 противоморозная добавка «КРИОПЛАСТ СП15-1».

На рис. 1. показан процесс испытания бетонных образцов.



Рисунок 1 - Процесс проведения испытаний кубических образцов из модифицированного и не модифицированного бетона при их сжатии в нагретом состоянии.

В результате проведенных испытаний получены данные о механических свойствах модифицированного бетона. На рис. 2 показаны диаграммы деформирования образцов из модифицированного бетона для испытаний при разных температурах нагрева.

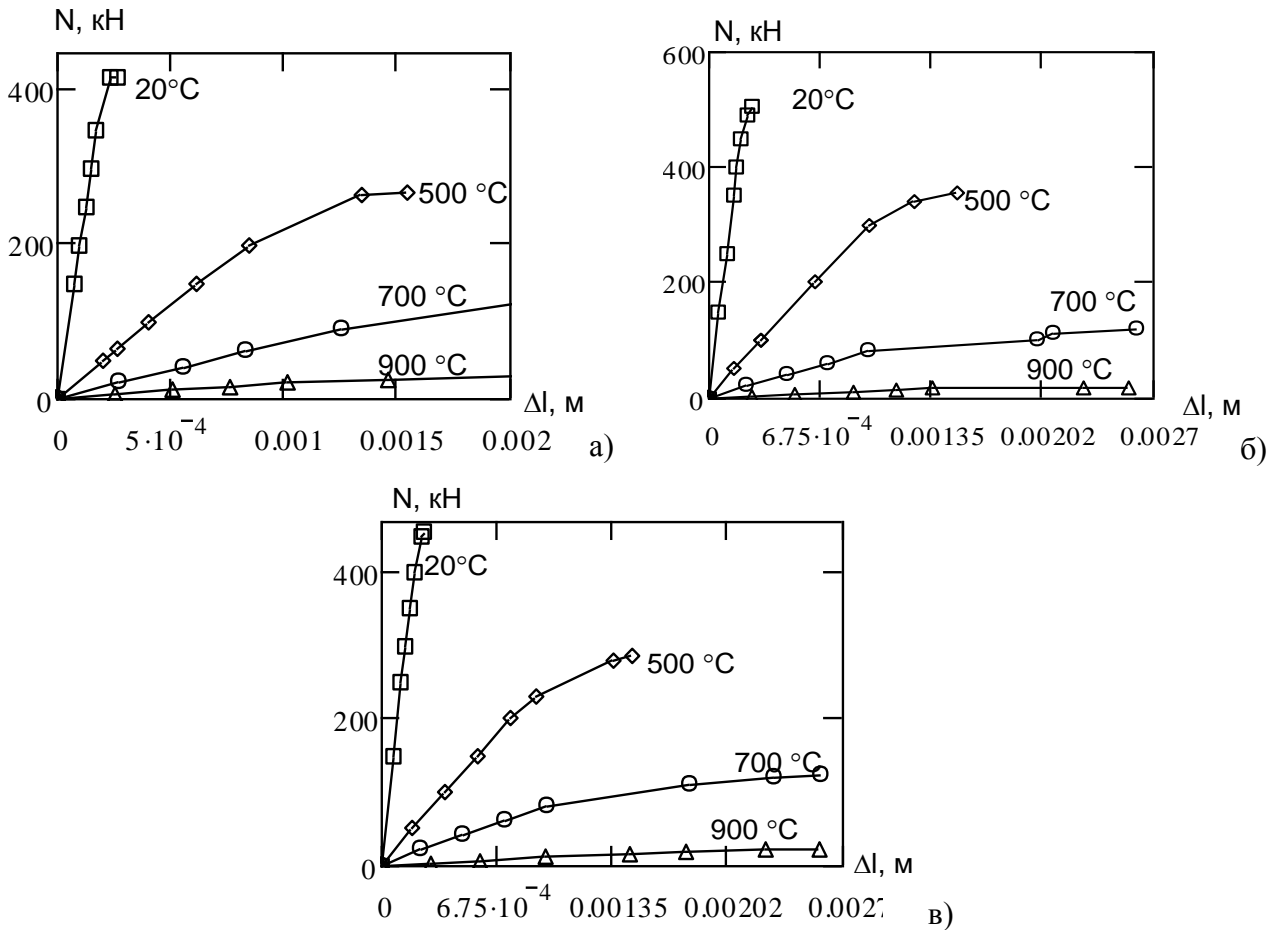
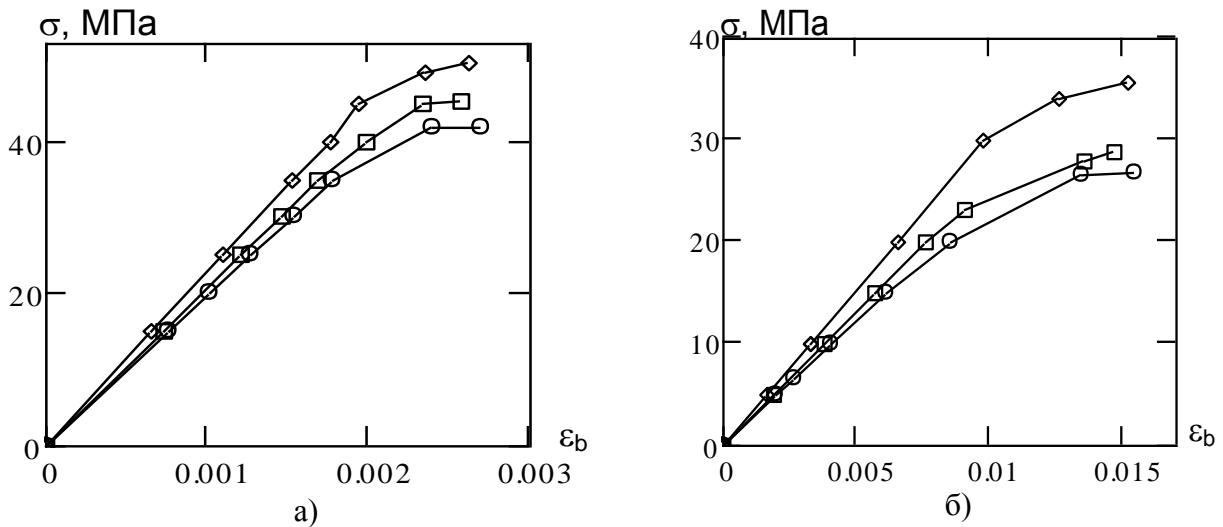


Рисунок 2 - Диаграммы деформирования образцов из бетона :

- а - без добавок;
- б - с суперпластификатором «РЕЛАМИКС»;
- в - с противоморозной добавкой «КРИОПЛАСТ СП15-1».

При оценке возможного влияния добавок на механические свойства был проведен сравнительный анализ на построенных диаграммах в координатах «напряжения - относительные деформации». На рис.3 показаны диаграммы деформирования для определенных температурных режимов нагрева образцов.



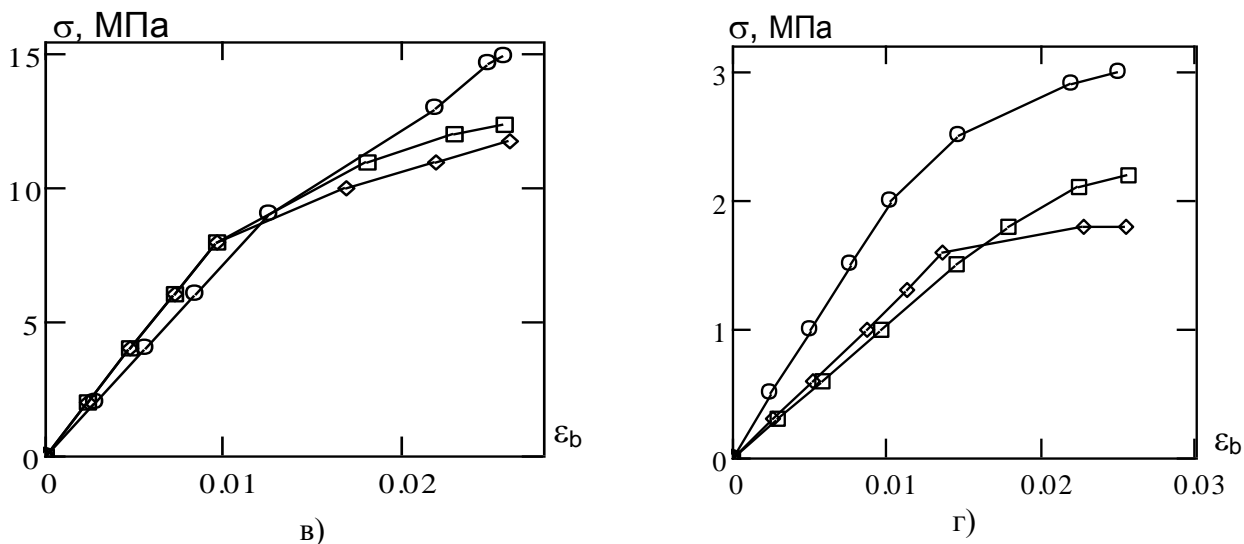


Рисунок 3 - Диаграммы деформирования при:

а - нормальных условиях для бетона;

б - прогреве бетона до 500 °С;

в - прогреве бетона до 700 °С;

г - прогреве бетона до 900 °С.

○-○-○ - без добавок; ◇-◇-◇ - с суперпластификатором «РЕЛАМИКС»;

■-■-■ - с противоморозной добавкой «КРИОПЛАСТ СП15-1».

Анализ рис. 3 (а-г) показал, что при температурах до 500 °С прочность образцов с добавками выше, чем бетона без добавок, но при температурах выше этого предела картина меняется и прочность образцов с добавками снижается значительно быстрее.

На рис. 4 приведены графики зависимости коэффициента работы бетона (а) и начального модуля упругости бетона (б), которые описывают динамику снижения прочности бетона при нагреве.

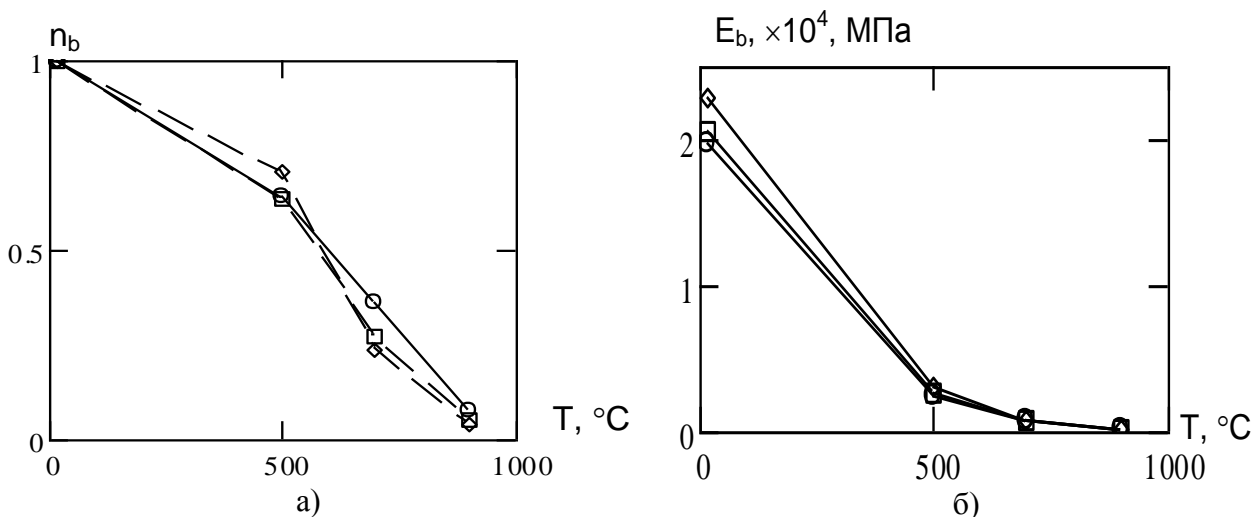


Рисунок 4 – Зависимости:

а - коэффициента снижения прочности бетона от температуры нагрева;

б - начального модуля упругости бетона от температуры нагрева.

○-○-○ - бетон без добавок; ◇-◇-◇ - бетон с суперпластификатором «РЕЛАМИКС»;

■-■-■ - бетон с противоморозной добавкой «КРИОПЛАСТ СП15-1».

Также исследовались деформационные характеристики. На рис. 5 показана зависимость коэффициента снижения начального модуля упругости бетона.

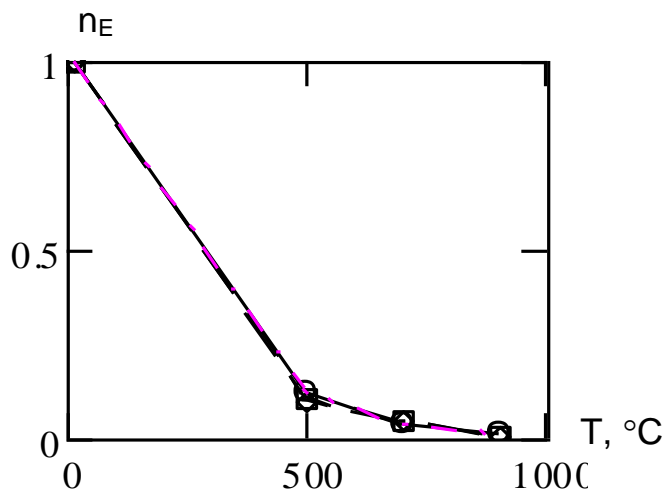


Рисунок 5 - Зависимости коэффициента снижения начального модуля упругости бетона от температуры нагрева:

○-○-○ - бетон без добавок; ◇-◇-◇ - бетон с суперпластификатором «РЕЛАМИКС»;
 ▣-▣-▣ - бетон с противоморозной добавкой «КРИОПЛАСТ СП15-1».

Анализ рис. 4 и рис. 5 показывает, что наличие добавок практически не оказывает влияния на коэффициент снижения модуля упругости бетона.

Для изучения возможных причин влияния модификаторов на прочность бетона при нагреве была измерена плотность образцов до и после проведения испытаний. На рис. 6 показан график изменения плотности и удельной плотности образцов в зависимости от температуры их нагрева.

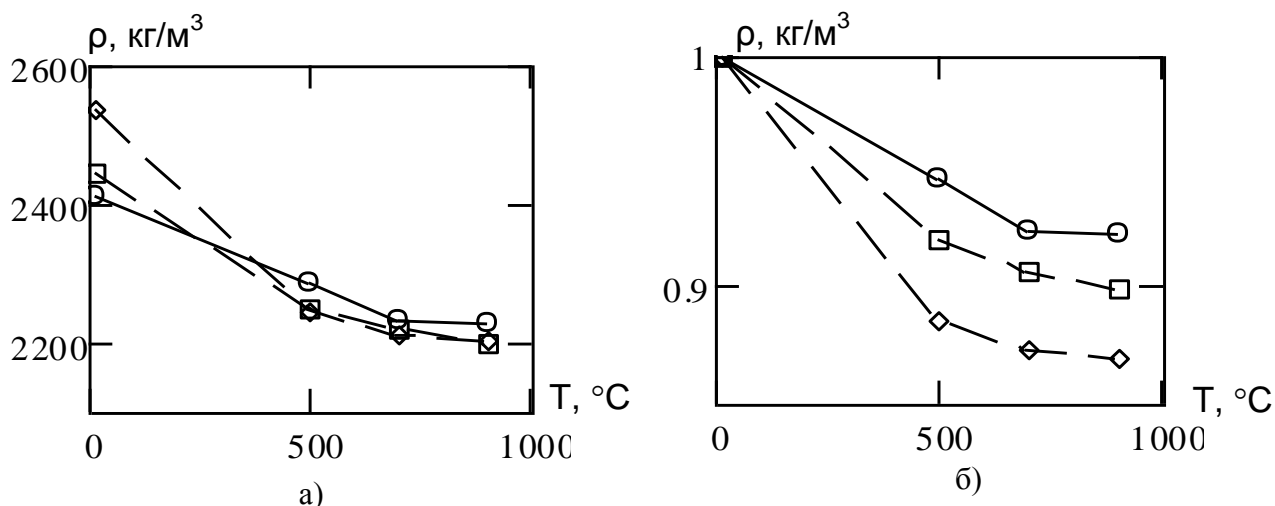


Рисунок 6 - Зависимости снижения плотности (а) и снижения удельной плотности (б) бетона от температуры нагрева:

○-○-○ - бетон без добавок; ◇-◇-◇ - бетон с суперпластификатором «РЕЛАМИКС»;
 ▣-▣-▣ - бетон с противоморозной добавкой «КРИОПЛАСТ СП15-1».

Данные рис. 6 говорят о том, что снижение прочности имеет корреляцию с резким снижением плотности образцов из модифицированного бетона в области 400 – 500 °С, что связано с процессами выгорания пористого каркаса цементного камня, приводящими к последующей быстрой потере прочности бетона в области более высоких температур.

Проведенные исследования показали, что наличие модификаторов в бетоне обуславливает его специфическое поведение в условиях нагрева. Прочность бетона

модификаторами начинает снижаться быстрее по сравнению с бетоном без добавок и значения бетона с добавками, который был прочнее чем бетон без добавок в условиях нагрева до температур меньше чем 500 °С, в области более высоких температур его прочность ощутимо уменьшается чем прочность бетона без добавок.

Описанные явления обусловлены химическими процессами деструкции цементного камня с модифицированным составом. Данные результаты показывают, что пределы огнестойкости железобетонных конструкций, изготовленных из модифицированного бетона, могут быть существенно снижены.

Выводы: Таким образом, при помощи усовершенствованной расчетной и испытательной базы проведены исследования прочностных и упругопластических свойств модифицированного бетона. Показано, что при температурах от 500 °С и выше происходит более интенсивное снижение прочности модифицированного бетона в сравнении с бетоном без добавок в большей степени для суперпластификаторов и в меньшей степени для противоморозных добавок. Исследования плотности образцов из модифицированного и немодифицированного бетона до и после нагрева показали, что в диапазоне температур 400 – 500 °С уменьшение плотности в результате нагрева для модифицированных образцов происходит существенно быстрее.

Изменение плотности коррелирует с изменением прочностных свойств, что объясняется деградацией прочностных свойств модифицированного бетона, которая обусловлена химическими процессами деструкции цементного камня с модифицированным составом.

Перспективы дальнейших исследований. Силовые испытания кубических образцов в гидравлическом прессе проводились после нагрева в муфельной печи, что обуславливает недостаток данного метода, который состоит в резком изменении нагретого состояния при переноске образцов для установки в прессе. Таким образом, дальнейшим этапом исследования прочностных и упругопластических свойств модифицированного бетона является проведение испытаний цилиндрических образцов по одновременному нагреву и силовому воздействию на установке комбинированных испытаний по методике, разработанной в [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поздеев А.В., Осипенко В.И., Гвоздь В.М., Стащенко С.И., Нуянзин В.М. Влияние модифицирующих добавок в бетоны на обеспечение огнестойкости железобетонных строительных конструкций // Пожежна безпека: теорія і практика. Збірник наукових праць. Черкаси: АПБ. – Випуск 7. - 2011 - С. 123-129.
2. Поздеев А.В. Определение теплофизических характеристик модифицированного бетона расчетно-экспериментальным методом // Науковий вісник УкрНДПБ. – 2011. – № 2(24). – С. 104-112.
3. Влияние добавок, повышающих подвижность бетонной смеси на теплофизические характеристики при пожаре / Поздеев А.В., Тищенко А.М., Некора О.В., [и др.] // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2011. – № 9. – С. 106-114.
4. Поздеев С.В. Экспериментально-расчетный метод построения диаграмм деформирования бетона при высоких температурах / Поздеев С.В. // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – Алчевск : ДонДТУ. – № 33. – 2011. – С. 275–283.

УДК 614.8

О.О. Тесленко, к.ф.-м.н., доц., А.Ю. Бугаїв, НУЦЗУ, О.М. Моргун, к.т.н., доц.,
АПБ ім. Героїв Чорнобиля

НАДІЙНІСТЬ АЛГОРИТМУ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ АВАРІЙНОГО ЗЛИВУ НЕБЕЗПЕЧНОЇ РЕЧОВИНИ

Розглянуто проблему надійності алгоритму визначення розрахункових характеристик аварійного зливу. Запропоновано більш точні алгоритми розрахунку параметрів зливу, що дозволяють досягти більшої надійності і уникнути надмірності захисного обладнання. Уперше випробуваний узагальнений чисельний алгоритм визначення умов зворотного руху рідини, у випадку декількох апаратів, підключених до одного трубопроводу.

Ключові слова: аварійний злив, пожежна безпека технологічних процесів, абсолютна помилка, час спорожнювання технологічних апаратів, аварія, надзвичайна ситуація, модель.

Постановка проблеми. Масштаби пожежі залежать від кількості горючої речовини, що перебуває в області заpalення та областях, на яких пожежа поширюється. Для зменшення заподіюваного пожежею збитку необхідно зменшити обсяг горючої речовини, що постійно перебуває в зоні виробництва. Сутність технологічного процесу не завжди дозволяє таке зменшення. Якщо виробнича необхідність змушує зберігати значні обсяги небезпечних речовин у зоні можливої аварії, проблему зменшення масштабу аварії часто вдається вирішити видаленням горючої речовини з небезпечної зони після того, як аварійна ситуація почалася або безпосередньо перед початком аварії, коли очевидно, що аварійна ситуація наступить. Видалення рідкої горючої речовини з області, охопленої аварією, по трубопроводу самопливом або за допомогою перекачування називається аварійним зливом.

Незважаючи на той факт, що установка аварійного зливу є важливою проблемою, постановка якої зроблена значний час назад, вирішення задачі розрахунку параметрів зливу має потребу в додатковому дослідженні. Необхідність таких досліджень обумовлена відсутністю даних про вірогідність і надійність таких розрахунків. Невідомо, як позначаться порушення технологічного режиму й (або) неточність вихідних характеристик обладнання, що є захисним, на здатність аварійного зливу виконувати свої функції. Як буде показано нижче, рішення задачі визначення параметрів зливу приводить до використання як прямої задачі розрахунку швидкості рідини й часу зливу по відомих напорах і параметрам трубопроводу, так і зворотної, коли потрібно визначати параметри трубопроводу. У випадку ітераційних обчислень, що приведено нижче, пряма та зворотна задачі використовуються в одному алгоритмі. Якщо прямі задачі характеризуються стійкістю своїх алгоритмів, то зворотні є, як правило, нестійкими. Як наслідок, незначні зміни технологічного режиму апаратів або властивостей суміші речовин у них можуть призвести до неприйнятних змін у розрахункових параметрах аварійного зливу.

Постановка задачі та її рішення. Задача аварійного зливу в короткій формі описана, наприклад, в [1, 2]. Головний параметр аварійного зливу – час аварійного зливу ($\tau_{зливу}$).

$$d\tau_{зливу} = \frac{dV}{Q(H)}, \quad (1)$$

де V - обсяг рідини в апараті; H - висота рівня рідини над зливальним отвором в аварійній

ємності; Q - витрата рідини під час аварійного зливу.

Повний час аварійного зливу визначиться формулою

$$\tau_{зливу} = \int_{H_2}^{H_1} \frac{S(H)dH}{Q(H)}, \quad (2)$$

де H_1 – висота рівня рідини безпосередньо перед початком зливу; H_2 – висота рівня рідини наприкінці зливу; $S(H)$ – площа поверхні рідини в апараті при напорі H (S не залежить від H , якщо апарат має форму вертикального циліндра). Q завжди є функцією H , швидкості рідини в трубопроводі w (як наслідок, функцією критерію Рейнольдса Re , діаметра трубопроводу d , в'язкості μ і густини ρ рідини, що зливає,).

w має нелінійну залежність від H :

$$w = 4,42945 \cdot \varphi_{сист} \sqrt{H}. \quad (3)$$

У пропонованих алгоритмах [1, 2] використовується усереднене значення швидкості $w_{середнє}$ (середнє арифметичне значення швидкості на початку і наприкінці зливу).

$$w_{середнє} = 2,21472 \cdot \varphi_{сист} (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}), \quad (4)$$

де $\varphi_{сист}$ - коефіцієнт витрати системи аварійного зливу, що у свою чергу від швидкості w [3] (така циклічна залежність призводить до необхідності застосування ітераційного алгоритму розрахунку трудомісткого у випадку рахунку «вручну», у якому виникають питання збіжності й стійкості, не обговорювані в цій статті), H_1, H_2 – H на початку і наприкінці зливу. Як наслідок, в обчислювальних алгоритмах [1-3], швидкість w вважається постійною, рівною середньому арифметичному від своїх значень на початку і наприкінці аварійного зливу. Коефіцієнт витрати трубопровідної системи $\varphi_{сист}$ вважається під час зливу теж постійним і відповідає швидкості $w_{середнє}$.

Дослідження алгоритму [1, 2] показують нелінійний характер залежності $\varphi_{сист}$ від H рис. 1.

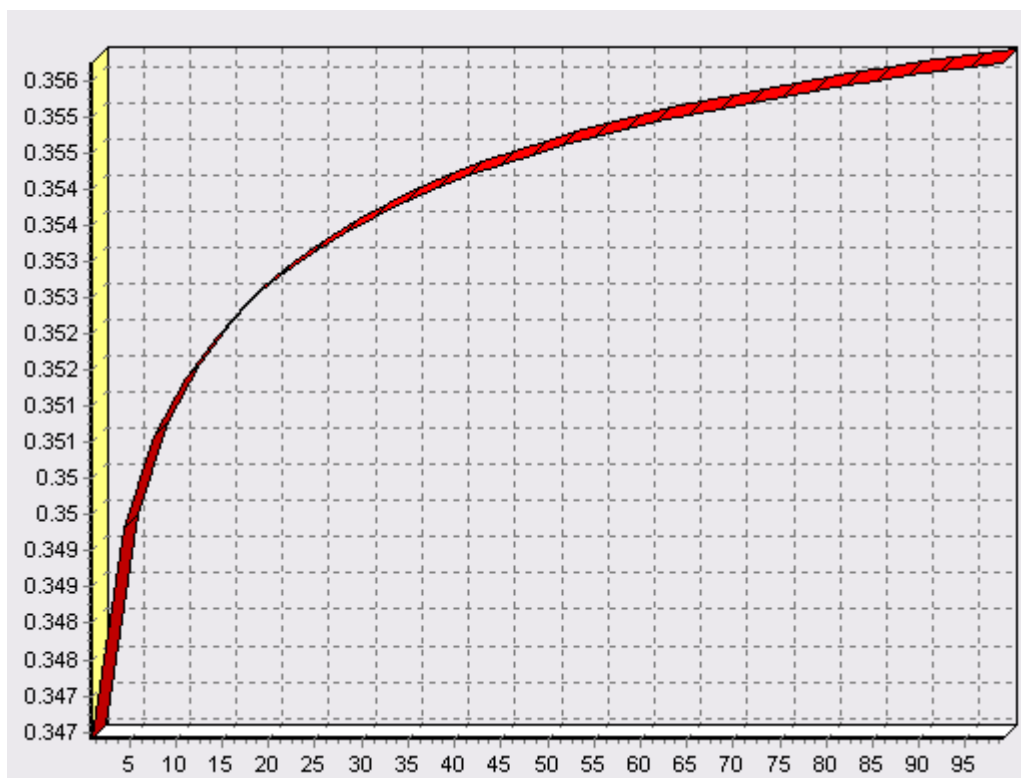


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта витрати трубопровідної системи φ_{syst} від напору H (м).

З огляду на нелінійний характер залежності, показаний на мал. 1, усереднення, зроблене у формулі (4), некоректно, але може служити наближеною оцінкою реального значення. Можна знайти вірне $w_{\text{середнє}}$, але це зажадає чисельних розрахунків для кожного варіанта трубопровідної системи. У роботі пропонується підхід, що складається в чисельному інтегруванні (2), при Q , вираженому через точне значення швидкості.

$$Q = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot w = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot 4.42945 \cdot \varphi_{syst} \sqrt{H}, \quad (5)$$

де d - діаметр трубопроводу.

Даний підхід дає більш точне значення часу аварійного зливу, дозволяє зробити конструкцію трубопроводу менш надлишковою.

Повні й надійні чисельні результати, що характеризують вірогідність розрахунків, можна одержувати тільки для конкретних застосувань аварійного зливу в імітаційних експериментах. Методи й деякі результати цих експериментів представлені в [1,2]. Для схеми «один апарат - одна аварійна ємність» й обмеженої кількості випадків реалізації цієї схеми отримані оцінки погрішності в одержуваних результатах. Для часу аварійного зливу й діаметрів труб погрішності не перевищують 2-4%. З огляду на деяку надмірність у захисних властивостях (наприклад, вибираються для використання труби більшого діаметра, чим розрахунковий, з числа промислово вироблюваних та доступних), прийняту при постановці й реалізації задачі розрахунку аварійного зливу, ця погрішність є прийнятною.

Підхід без усереднень (безпосереднім записом чисельного обчислення (2) з використанням (3,5)) дозволяє вирішити більш загальну задачу захисту довільної кількості апаратів. Для випадку двох апаратів така задача вирішена в [3]. Для трьох і більше апаратів в

[3] пропонується використати графічний підхід, що навіть у випадку трьох апаратів є громіздким. Вперше запропоновано у даній статті чисельний підхід рішення завдання аварійного зливу значно менш трудомісткий у застосуванні. В [3] для випадку двох апаратів вказувалося, що є можливим перелив рідини з одного апарата в іншій (зворотний рух рідини по трубопроводу) замість зливу в аварійну ємність. Така можливість є додатковим джерелом небезпеки і повинна бути повністю виключена. У чисельних дослідженнях, представлених в [2], показані випадки, коли це відбувається. Імітаційне моделювання дозволяє передбачати можливість виникнення зворотного руху рідини і підібрати надійну схему трубопроводу.

Висновки. Імітаційні експерименти з розрахунковим алгоритмом з [3] показують наближений характер розрахунків. Алгоритм на основі чисельного інтегрування (2) успішно вирішує задачу розрахунку параметрів аварійного зливу. За його допомогою вдається передбачати властивості аварійного зливу й розробити зміни до конструкції для запобігання зворотного руху рідини. Імітаційне моделювання аварійного зливу дозволяє чисельно визначити надійність розрахунків.

Перспективи подальших досліджень. У цей момент в Україні відсутнє програмне забезпечення до розрахунку параметрів аварійного зливу. Запитання фахівців на спеціалізованих інтернет-ресурсах показує необхідність такого забезпечення. Запропоноване програмне забезпечення має деяку кількість недоліків. Наприклад, не враховано, що рідина в кожному апараті може мати різні фізичні властивості (густина, в'язкість та т.п.). В цьому разі розрахунок буде мати більш складний алгоритм.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Modeling for emergency – Создание и исследование модели производства // <http://www.emergencemodeling.narod.ru/>
2. Modeling for fire overflow – Аварийный слив. // <http://www.fire-overflow.narod.ru/>
3. Алексеев М.В. Пожарная профилактика технологических процессов производств./ Алексеев М.В., Волков О.М., Шатров Н.Ф.- Москва: Высшая инженерно-техническая школа МВД СССР, 1986. – 371 с.

УДК 614.84

О.М. Тищенко, к.т.н., доц., Ю.Ю. Дендаренко, к.т.н., доц., О.Д. Блашук,
АПБ ім. Героїв Чорнобиля

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПІД ЧАС ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ ЗБЕРІГАННЯ ЗРІДЖЕНИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ГАЗІВ

На основі раніше проведених досліджень щодо виникнення аварійних ситуацій, які пов'язані з пожежами зріджених вуглеводневих газів здійснено аналіз, узагальнення, систематизацію та представлено методологію визначення кількісних показників небезпечних факторів, що виникають при аварійних ситуаціях на об'єктах зберігання зріджених вуглеводневих газів

Ключові слова: зріджені вуглеводневі гази, теплова дія, інтенсивність теплового випромінювання, небезпечні фактори

Постановка проблеми. Під час пожеж, які пов'язані з горінням зріджених вуглеводневих газів (ЗВГ), особливо при їхньому зберіганні під тиском, практично завжди існує небезпека руйнування (розриву) ємностей, комунікацій і допоміжного технологічного обладнання, що супроводжується викидом великих об'ємів палаючого газу, вибуху (хлопками та спалахами). Це відбувається через швидке зростання тиску всередині вказаних ємностей і комунікацій в результаті їх нагрівання (запобіжна арматура не завжди дозволяє „стравити” його в атмосферу та на факел), а також втрати міцності (за тієї ж причини) металевих поверхонь, які обмежують парорідинний простір. Запобігти руйнуванню резервуарів можна шляхом охолодження його поверхні водяними струменями. Але традиційна методика охолодження не сприяє ефективному відведенню тепла від металевої оболонки ємності із ЗВГ через неможливість одночасного охоплення компактним водяним струменем максимальної площі її поверхні.

Пожежі на об'єктах зберігання та переробки ЗВГ характеризуються можливістю прояву у різному поєднанні таких небезпечних явищ:

- теплової дії спалаху (вибухове виникнення горіння);
- дії хвилі стиснутого повітря (вибухова хвиля);
- теплової дії факела палаючого газу;
- теплової дії полум'я під час горіння проливу;
- теплової дії вогневої кулі.

Для впровадження профілактичних заходів, спрямованих на мінімізацію негативних наслідків від дії небезпечних факторів, важливим є використання найбільш сучасних методик кількісної оцінки їх параметрів.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Проведений аналіз існуючих методик дозволяє зробити висновок про доцільність використання для розробки оперативних планів пожежогасіння та планів ліквідації аварійних ситуацій (ПЛАС) на об'єктах з наявністю ЗВГ наведених нижче методик.

Чисельні описи пожеж на об'єктах зберігання та переробки ЗВГ свідчать про те, що внаслідок вільного витоку газу в атмосферу виникає досить складна обстановка через утворення пароповітряних хмар з високим ступенем токсичності. Крім того, палаючий струмінь газу, що виходить під високими температурою та надлишковим тиском, негативно впливає на безпеку особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби, а також

сприяє швидкій втраті конструктивних властивостей корпусу (металевої оболонки) палаючого та сусідніх з ним резервуарів під дією потужного теплового потоку.

При розгерметизації обладнання та вільному виході ЗВГ в атмосферу внаслідок високої швидкості випаровування можуть утворюватись пароповітряні хмари великих розмірів, які залежать від кількості газу, що миттєво вийшов, або швидкості витікання, а також кліматичних умов (швидкості вітру, температури повітря тощо).

Найбільш ймовірною причиною аварійного витікання продукту є втрата герметичності обладнання через порушення технологічного процесу та несправності протиаварійних систем і пристроїв. Спалахування виникає, як правило, від стороннього джерела, тому що максимальна температура продукту не перевищує температури самоспалахування.

Розміри та форма факела визначаються характером пошкодження: з отворів круглої форми – компактні струмені, зі щілинних отворів – розпилені струмені. Для оперативної оцінки витрати ЗВГ по довжині полум'я керівник гасіння пожежі може використовувати дані, що наведені у табл. 1 [2].

Таблиця 1 – Залежність довжини полум'я від витрати газу

Вид струменя	Витрата ЗВГ, кг/с при довжині факела полум'я, м											
	2	3	5	10	15	20	25	30	35	40	50	55
Компактний	–	–	0,1	0,4	1,0	2,0	3,0	5,0	7,0	10	15	20
Розпилений	0,5	1,0	2,0	7,5	14	20	30	40	55	–	–	–

Постановка задачі та її розв'язання. Задачею роботи є розробка методології визначення показників небезпечних факторів під час виникнення аварійної ситуації на об'єктах зберігання зріджених газів з метою її подальшого впровадження.

Вклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

1. Методика визначення масової швидкості витікання ЗВГ із резервуарів під тиском та трубопроводів.

Дана методика наведена в роботі [2].

1.1. При розгерметизації резервуарів (трубопроводів) для зберігання ЗВГ під тиском можливе витікання парової (при розгерметизації вище рівня рідини) та рідкої (при розгерметизації нижче рівня рідини) фаз. Відповідно слід розрізняти масові швидкості витікання парової та рідкої фаз ЗВГ.

1.2. Масову швидкість витікання парової фази ЗВГ G_v (кг/с·м²) обчислюють за формулою:

$$G_v = \sqrt{\left(\frac{P_c \cdot M}{R \cdot T_c}\right) \cdot P_c \cdot (0.167 \cdot P_R^5 + 0.534 \cdot P_R^{1.95})}, \quad (1)$$

де P_c – критичний тиск, Па (визначається за довідковими даними);

M – молярна маса, кг/моль;

R – універсальна газова стала, що дорівнює 8,31 Дж/моль·К;

T_c – критична температура, К (визначається за довідковими даними);

$P_R = P/P_c$;

P – тиск в резервуарі (трубопроводі), Па.

1.3. Масову швидкість витікання рідкої фази ЗВГ G_l (кг·с⁻¹·м⁻²) обчислюють за формулою:

$$G_I = G_V \cdot \frac{\sqrt{(\rho_I \cdot \rho_V) \cdot P_R}}{1.22 \cdot T_R^{3/2}}, \quad (2)$$

де ρ_I, ρ_V - густини рідкої та парової фаз ЗВГ, кг/м³ (визначають за довідковими даними);
 $T_R = T/T_c$;

T – температура ЗВГ, що знаходиться в резервуарі (трубопроводі), К.

2. Методика визначення розмірів вибухонебезпечних зон при витіканні ЗВГ з трубопроводів.

Дана методика отримана на основі опрацювання експериментальних даних за розмірами вибухонебезпечних зон та наведена в роботі [3].

Горизонтальний розмір вибухонебезпечної зони за напрямком вітру $X_{нкмр}$ (г/м³), що утворюється при витіканні ЗВГ з трубопроводу, обчислюють за формулою:

$$X_{нкмр} = 40 \cdot (G/U)^{0.5}, \quad (3)$$

де G – масова швидкість надходження горючого газу в навколишнє середовище, кг/с (приймається постійною та обчислюється у відповідності з розділом 1);

U – швидкість вітру, м/с.

Формула отримана за результатами експериментів та застосована при $U \geq 1$ м/с.

3. Методика визначення параметрів ударної хвилі при згоранні газоповітряних хмар.

3.1. Величина надлишкового тиску ΔP (кПа), що розвивається при згоранні газоповітряних хмар, визначається за формулою:

$$\Delta P = P_0 \cdot \left(0.8 \cdot m_{np}^{0.33} / r + 3 \cdot m_{np}^{0.66} / r^2 + 5 \cdot m_{np} / r^3 \right), \quad (4)$$

де P_0 – атмосферний тиск, кПа (допускається приймати 101 кПа);

r – відстань від геометричного центру газоповітряної хмари, м;

$m_{зв}$ – зведена маса газу чи пару, кг, обчислюється за формулою:

$$m_{np} = (Q_{зг} / Q_0) \cdot m \cdot Z, \quad (5)$$

де $Q_{зг}$ – питома теплота згорання газу чи пару, Дж/кг (визначається за довідковими даними) [1];

Z – коефіцієнт участі палива у вибуху, який допускається приймати рівним 0,1;

Q_0 – константа, яка дорівнює $4,52 \cdot 10^6$ Дж/кг;

m – маса горючих газів і (чи) парів, що надійшла в результаті аварії в навколишній простір, кг.

3.2. Величину імпульсу хвилі тиску, Па·с і визначають за формулою:

$$i = 123 \cdot m_{np}^{0.66} / r. \quad (6)$$

4. Методика визначення інтенсивності теплового випромінювання при пожежах проливів ЗВГ.

Основні положення даної методики приведені в роботах [2; 4].

4.1. Величину інтенсивності теплового випромінювання q , кВт/м², розраховують за формулою:

$$q = E_t \cdot F_q \cdot \tau, \quad (7)$$

де E_t – середньповерхнева густина теплового випромінювання полум'я, кВт/м²;
 F_q – кутовий коефіцієнт опромінення;
 τ – коефіцієнт пропускання атмосфери.

4.2. Значення E_t приймається на основі експериментальних даних. При їх відсутності допускається приймати величину E_t , що дорівнює 100 кВт/м².

4.3. Розраховують ефективний діаметр d , м, проливу:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \quad (8)$$

де F – площа проливу, м².

Величину F визначають, виходячи з топографії місцевості та наявності обвалування. Допускається визначати F за умов, що 1 л рідини розливається на 0,15 м².

4.4. Обчислюють висоту полум'я H , м:

$$H = 42 \cdot d \cdot \left(\frac{m}{\rho_b \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61}, \quad (9)$$

де m – питома масова швидкість вигорання ЗВГ, кг/м²/с (допускається за відсутності експериментальних даних приймати 0,1 кг/м²/с;)

$\rho_b = 1,2041$ кг/м³ при температурі +20°C – густина оточуючого повітря;

$g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння.

4.5. Визначають кутовий коефіцієнт опромінення F_q :

$$F_q = \sqrt{F_v^2 + F_H^2}, \quad (10)$$

$$F_v = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{1}{S} \cdot \arctg \left(\frac{h}{\sqrt{S^2 - 1}} \right) - \frac{h}{S} \times \left\{ \arctg \left(\sqrt{\frac{S-1}{S+1}} \right) - \frac{A}{(A^2 - 1)^{\frac{1}{2}}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}} \right) \right\} \right];$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\frac{(B-1/S)}{\sqrt{B^2 - 1}} \cdot \arctg \left(\sqrt{\frac{(B+1) \cdot (S-1)}{(B-1) \cdot (S+1)}} \right) - \frac{(A-1/S)}{\sqrt{A^2 - 1}} \times \arctg \left(\sqrt{\frac{(A+1) \cdot (S-1)}{(A-1) \cdot (S+1)}} \right) \right];$$

де $A = (h^2 + S^2 + 1) / (2 \cdot S)$;

$B = (1 + S^2) / (2 \cdot S)$;

$S = 2 \cdot r / d$;

$h = 2 \cdot H / d$;

$$r = \frac{391}{d_v} \cdot \left(\frac{0,55}{\lambda} \right)^{1,3}$$

– спектральний коефіцієнт ослаблення інфрачервоного випромінювання;
 d_v – метеорологічна видимість;
 λ – довжина хвилі інфрачервоного випромінювання, нм.

4.6. Визначають коефіцієнт пропускання атмосфери:

$$\tau = \exp[-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0,5 \cdot d)]. \quad (11)$$

5. Методика визначення параметрів факелів полум'я ЗВГ.

5.1. Наведений метод дає задовільні результати для кута відхилення факелу від вертикалі, коли швидкість вітру перевищує 5 м/с.

При менших значеннях швидкості вітру цей кут слід вважати нульовим.

5.2. Геометричні параметри газових факелів у випадку витікання парової фази ЗВГ обчислюються за формулами (для швидкості вітру не менше 5 м/с):

$$\theta = 94 - \frac{1,1}{R_v} - 30 \cdot R_v; \quad (12)$$

$$L_{BV} / D_s = 6 + \frac{2,35}{R_v} - 20 \cdot R_v; \quad (13)$$

$$W_1 / D_s = 49 - \frac{0,22}{R_v} - 380 \cdot R_v + 950 \cdot R_v^2; \quad (14)$$

$$W_2 / D_s = 80 - \frac{0,57}{R_v} - 570 \cdot R_v + 1470 \cdot R_v^2; \quad (15)$$

$$R_v = \frac{U_a}{U_j}; \quad (16)$$

$$D_s = d_0 \sqrt{\frac{\rho_{\pi}}{\rho_j}}; \quad (17)$$

$$U_j = \sqrt{\gamma \cdot P_0 / \rho_j}, \quad (18)$$

де U_a – швидкість вітру, м/с;

U_Q – швидкість

U_j – швидкість витікання парової фази ЗВГ, приймається рівним швидкості звуку, м/с;

d_0 – діаметр отвору витікання, м;

ρ_j – густина витікаючої парової фази за зрізом сопла (при атмосферному тиску), кг/м^3 , що визначається за формулою:

$$\rho_j = \rho_{\pi} \cdot M_j / M_a, \quad (19)$$

де ρ_v – густина повітря, кг/м^3 ;
 γ – показник адіабати витікаючої парової фази (допускається приймати 1,2);
 P_0 – атмосферний тиск, Па;
 θ – кут нахилу осі факелу до вертикалі, град;
 M_j – молярна маса витікаючої парової фази, кг/кмоль ;
 M_a – молярна маса повітря, кг/кмоль ;
 L_{BV} – висота центру верхньої основи факелу над горизонтом, м;
 W_1, W_2 – діаметри нижньої та верхньої основ факелу, м
 ρ_p – густина повітря, кг/м^3 .

5.3. Висота та діаметр факелу, що утворюється при витіканні рідкої фази ЗВГ, описуються формулами

$$L_{\phi} / D_1 = 29 \cdot [u^2 / (g \cdot D_1)]^{0,2}, \quad (20)$$

де D_1 – ефективний діаметр отвору витікання, м;

$$b/D_1 = 3,3[u^2/(g \cdot D_1)]^{0,3};$$

$$D_1 = d_0 \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_a}};$$

$$u = G_1 / (\rho_{\text{ж}} \cdot F),$$

де ρ_p – густина рідкої фази, кг/м^3 ;
 G_1 – витрата фази через отвір витікання, кг/с ;
 F – площа отвору витікання рідкої фази, м^2 ;
 L_{ϕ} – висота факелу, м;
 g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;
 b – діаметр факелу, м.

5.4. Теплове випромінювання факелів на різних відстанях від місця витікання розраховують у відповідності з розділом 5. При цьому ефективні висота $L_{\text{еф}}$ (м) та діаметр обчислюються за формулою:

$$L_{\text{еф}} = L_{BV} / \sin(90^\circ - \theta); \quad (21)$$

$$d_{\text{еф}} = \left\{ \frac{1}{3} (W_1^2 + W_2^2 + W_1 \cdot W_2) \right\}^{1/2}. \quad (22)$$

Висновки. Дана методологія дозволить визначати кількісні показники небезпечних факторів під час виникнення аварійної (надзвичайної) ситуації на об'єктах зберігання зріджених вуглеводневих газів, а також під час складання ПЛАС.

Перспективи подальших досліджень. Перспективами подальших досліджень автори вважають розробку та впровадження методологій з визначення параметрів та меж розповсюдження парів ЗВГ, планування оперативно-тактичних дій підрозділів оперативно-рятувальної служби, а також визначення гідравлічних параметрів нових пристроїв та приладів подавання вогнегасних речовин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Справочник по сжиженным углеводородным газам. – Л.: Недра, 1986. – 543 с.
2. Обеспечение пожарной безопасности объектов хранения и переработки СУГ: Рекомендации. – М.: ВНИИПО, 1999. – 78 с.
3. Взрывоопасные зоны и горение компактных струй сжиженного газа при аварийном истечении: Экспрессинформ. Сер. 3. Пожарная профилактика в технологических процессах и строительстве. – М.: ВНИИПО, 1975. – Вып. 36.
4. Шебеко Ю.Н., Шевчук А.П., Смолин И.М. О возможности предотвращения взрыва резервуара с перегретой жидкостью в очаге пожара путем использования предохранительных устройств // Химическая промышленность. – 1994. – № 12.

УДК 614.840

С.В. Цвиркун, к.т.н., доц., П.И. Заика, к.т.н., доц., С.В. Куценко, к.т.н., В.М. Тупицкий,
АПБ им. Героев Чернобыля

ОБЗОР ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Представлен сравнительный анализ программных комплексов, которые используются для расчета времени эвакуации людей из зданий и сооружений.

Ключевые слова: программный комплекс, эвакуационные модели, время эвакуации.

Постановка проблемы. Расчет времени эвакуации людей является основной частью при оценке уровня безопасности жизнедеятельности в зданиях и сооружениях. В одном случае специалисты пожарной безопасности используют ручные методы расчета оценки безопасности, в другом случае используют эвакуационные модели. Ручной расчет позволяет рассчитать только массовый поток людей. В процессе эвакуации люди скапливаются в дверных проемах каждого этажа. Расчет ориентирован главным образом на места сужения здания (обычно двери), при этом рассчитывается время нахождения человека в потоке в этих местах [1].

Анализ последних достижений и публикаций. Данной проблемой занимаются такие ведущие ученые как В.В. Холщевников, Д.А. Самошин, А.П. Парфененко. В настоящее время существует большое количество эвакуационных моделей, каждая со своими особенностями, характеристиками и спецификой.

Цель работы. Провести аналитический обзор программных комплексов для расчета эвакуации людей из зданий и сооружений с описанием моделей эвакуации, с их преимуществами, недостатками и особенностями.

Эвакуационные модели можно разделить на три основных типа [1]:

- Модель поведения. Агенты (люди) объединяются, выполняя одинаковые действия в дополнении к движению. Данная модель может объединять принятие решений и/или действия в зависимости от окружающей среды.

- Модель движения. Агенты перемещаются из одной точки в здании в другую (обычно это выход или безопасное расстояние). Результаты расчетов данных моделей являются показатели задержек и блокировки. Тем самым они являются оптимизационными моделями (оптимизация времени эвакуации).

- Частичная модель поведения. В первую очередь рассчитывается движение людей, но расчет начинается с моделирования их поведения, такие как обгон, а также добавление опасного фактора пожара - дым. Движение происходит на основании наблюдаемых данных за поведением агента. Программные комплексы, реализующие данные модели, способны моделировать все здание целиком.

Поведение людей представлено большим количеством различных видов эвакуационных моделей.

- Неявное поведение. Поведение моделируется неявно, присваиваются определенные задержки, реакции или характеристики людей, которые влияют на движение в процессе эвакуации [9].

- Условное (или правила) поведение. Присваиваются индивидуальные действия агенту или группе агентов, на которых влияют окружающие условия эвакуации.

- Искусственный интеллект. Реализация человеческого интеллекта в процессе эвакуации.

- Вероятностная. Означает, что большое количество правил или основные условия модели являются стохастическими, что позволяет изменять конечный результат, повторяя определенные моделирования.

Некоторые модели имеют возможность присвоения вероятностей определенного поведения, специфичных для каждой группы агентов. Многие из частично поведенческих моделей позволяют производить вероятностное распределение до начала эвакуации, такие как скорость перемещения, и/или влияние дыма.

Движение. Данный тип описывает то, как агенты будут двигаться в процессе эвакуации. Для большинства моделей пользователь сам присваивает определенные скорости агентам (без учета препятствий). Различия в агентных моделях проявляются к тому моменту, когда плотность становится высокой, люди стоят близко друг к другу и в результате чего образуются блокировки и задержки. Движения людей в здании можно промоделировать различными способами, перечисленными ниже:

- Зависимость от плотности. Модель устанавливает скорость, поток для агентов или группе агентов в зависимости от плотности. При расчете скорость зависит от плотности.

- Пользовательский выбор. Пользователь сам задает скорость, поток и плотность агентов для помещений.

- Межагентная дистанция. Каждый агент полностью окружен “окружностью”, которая позволяет ему придерживаться минимальной дистанции от других агентов, препятствий и различных частей здания (стены, углы и т.д.).

- Потенциал. Каждая ячейка в пространстве задается определенным числовым значением (или потенциально возможным), которое будет перемещать агента в определенном направлении. Вероятный маршрут может быть выбран исходя из таких данных, как терпение агента, привлекательность выхода, знакомство с другими агентами в здании и т.д. (которые, как правило, указывает пользователь).

- Пустая следующая ячейка. В некоторых моделях агент не будет двигаться в следующую ячейку, потому что она уже занята другим агентом. Таким образом, агент будет ждать, пока не освободится соседняя ячейка, и если более одного агента ждут одной и той же ячейки, то модель разрешает любые конфликты, которые возникают при выборе агентом маршрута движения.

- Условное. Движение по всему зданию зависит от условий окружающей среды, структуры и различной эвакуационной и/или пожарной ситуации. Задержкам уделяется небольшое внимание.

- Функциональные аналогии. Такие как движение жидкости или магнетизм. В некоторых случаях уравнения зависят от плотности пространства.

- Накапливание знаний. Движение основано исключительно на приобретенных знаниях, полученных в течение эвакуации. Для этой модели нет никаких реальных алгоритмов движения, потому что время эвакуации не рассчитывается, рассчитываются только места возникновения задержек.

- Беспрепятственный поток. Рассчитывается только беспрепятственное перемещение. Расчетное время эвакуации, задержки и оптимизация времени складываются или вычитаются для получения конечного результата.

- Клеточный автомат. Агенты в этой модели переходят из одной ячейки в другую ячейку. Имитируется бросание игровой кости[8].

Пожар. Некоторые модели позволяют пользователю добавить фактор пожара в процесс эвакуации. Однако пожар можно добавить различными способами и это важно для пользователя, в понимании всей сложности связи. Модель может включать пожар одним из следующих способов: импорт пожара из других моделей, что позволяет пользователю ввести конкретные данные о пожаре в определенные периоды времени, в течение времени эвакуации, или модель эвакуации может иметь свои собственные модели пожара [1]. В качестве отдельных моделей пожара могут выступать такие бесплатные программные

пакеты, как CFAST и FDS, разработанные NIST (National institute of Standard and Technology).

Упрощенная аналитическая модель. Основной концепцией этой модели является то, что для каждого эвакуационного участка определяется плотность потока. По плотности определяется интенсивность движения, которая зависит от ширины следующего участка. По интенсивности движения, согласно табличным константам, определяется скорость движения и, зная длину эвакуационного участка, определяется время прохождения данного участка. Слияние потоков происходит по соответствующей формуле. Область применения – здания с простой внутренней планировкой, где нет необходимости вести учет за каждым человеком, и нет сложности в создании людского потока. Например – школы, учебные заведения. Процесс расчета происходит следующим образом: из дерева выбирается самая отдаленная вершина, далее расчет происходит вверх по дереву. Если дерево имеет еще самые отдаленные вершины, тогда процедура повторяется n-раз. По результатам расчета выбирается самое большое время эвакуации – самый неблагоприятный сценарий.

Математическая модель индивидуально-поточного движения людей из здания. Моделируется движение каждого, отдельно взятого человека, а не целого потока, как описано в методике выше. Известно время эвакуации при достижении опасных факторов пожара. В течение данного промежутка времени происходит эвакуация. Расчет движения каждого человека происходит с заданным промежутком времени Δt . В каждый момент Δt определяется координата человека. Вычисляется плотность человека в группе и по тем же самым зависимостям, что и в первой методике (скорости от плотности), определяется скорость каждого человека. Область применения – здания со сложной внутренней планировкой, где затруднено создание потоков и важен учет индивидуального движения человека. Например - торговые центры.

Программные комплексы.

Ситис Эватек. Данный программный комплекс может быть использован для различных типов зданий. Реализован алгоритм в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 [3].

Тип модели: частичная модель поведения/модель движения. По умолчанию моделируется только движение. Пользователь может задать несколько различных профилей, ролей агентам и сценарии их поведения:

- расчет времени эвакуации людей с учетом особенностей индивидуального движения людей в потоке на основе российских стандартов скорости человека от плотности людей в прямоугольной области вокруг человека;
- ввод исходных данных для расчета с помощью встроенного графического редактора, возможность импорта геометрии из DXF файлов;
- отображение карты плотностей, пройденных и текущих путей всех агентов;
- возможность воспроизведения и записи результатов расчета;
- 2D/3D режимы визуализации движения;
- формирование отчета, включающего исходные данные, результаты моделирования, графики максимальной и средней плотности в моменты времени, процент используемых выходов;
- экспорт оформленного отчета в формат DOC-файла.

Ситис Флоутек. Данный программный комплекс может быть использован для различных типов зданий. Реализован алгоритм в соответствии с [3].

Тип модели: модель движения.

Основные характеристики системы:

- ввод исходных данных для расчета с помощью встроенного графического редактора на основе сканированных планов здания.
- поддержка параметризации. Значения некоторых свойств, например количество человек, плотность, время начала эвакуации можно задавать в виде математических выражений.

- работа с единым файлом проекта в составе комплекса программ СИТИС для расчета пожарного риска.
- возможность создания нескольких сценариев эвакуации.
- отображение карты расчетных участков и пути эвакуации.
- 2D/3D анимация движения людских потоков с возможностью пошагового просмотра.
- просмотр основных параметров для каждого расчетного участка.
- формирование отчета, включающего исходные данные, таблицы расчета времени эвакуации из каждого помещения, таблицы времени выхода с этажей, таблицы участков с задержкой движения, сводную таблицу времени эвакуации для всех сценариев, карты участков расчета, изображения путей эвакуации.

Evacnet 4. Данный программный продукт может быть использован для различных типов зданий, таких как офисы, стадионы, высотные здания, отели, рестораны и школы. Основной задачей модели является оптимизация эвакуации из здания. Это значит, что сводится к минимуму время эвакуации из здания [1;5].

Тип модели: модель движения. Структура модели: сетевая модель. Поведение агентов: нет.

Building Exodus. Целью этой модели является моделирование эвакуации большого числа людей из различных типов зданий. В building EXODUS предпринята попытка рассмотреть “Люди-люди, люди-пожар и взаимодействие людей”. Модель состоит из шести подмоделей, некоторые из них взаимодействуют друг с другом для передачи информации о процессе эвакуации моделирования, данные об агентах, движение, поведение, токсичности, опасности и геометрии [1;4].

Simulex. Эвакуационная модель с возможностью моделирования большого числа людей из зданий со сложной геометрической архитектурой [1;7].

Тип модели: частично поведенческая модель. Опирается на расстояние между агентами, отчего зависит их скорость. Кроме того, модель позволяет совершать обгон, повороты, движение боком и движение назад. Структура модели: «регулярная сетка». План этажа и сетки разделены на ячейки размерами $0,2 \times 0,2$ м. Модель содержит алгоритм, который рассчитывает расстояние от каждого блока до каждого выхода. А полученные данные отображаются на карте. Поведение агентов: неявное поведение. Движение агентов: флуктуация в скорости движения, шаги в сторону и деформация тела, обгон и т.д., основано на результатах многих видеонаблюдений и на анализе отдельных движений, и дополнительные результаты ряда научных исследований [10].

PedGo. Моделирует перемещение толпы, имитирует эвакуацию людей из зданий, кораблей, самолетов и других видов общественного транспорта [1;6].

Тип модели: движение/частичная модель поведения.

Структура модели: «мелкая сетка», которая делит этаж на $0,4 \times 0,4$ м и представляет собой места, занимаемого человеком. Стены, мебель и другие препятствия представлены в ячейках.

Поведение агентов: неявное поведение. Модель предлагает перед началом расчетов задать для агентов определенные характеристики, такие как: задержка перед началом эвакуации, терпение, реакцию, бездействие, власть. Этот набор параметров используется для характеристического поведения. Два из этих параметров, время задержки и власть, являются стохастическими.

Pathfinder это новый симулятор эвакуации. Pathfinder использует современные методы исследований в области информатики для моделирования движения людей, опираясь на технологии, применяемые в игровой и компьютерной графике. Pathfinder предоставляет инструменты, необходимые для проектирования надежных решений относительного расположения зданий и конструктивных систем противопожарной защиты. Несколько режимов моделирования и настраиваемых свойств агентов позволит исследовать различные сценарии, позволяющие выполнить осторожные и оптимистичные оценки ожидаемого

времени эвакуации. Pathfinder является агентом-симулятором, т.е. каждый агент использует набор отдельных параметров и принимает решения независимо друг от друга на протяжении всей симуляции. В дополнение к передовому симулятору движения агентов, Pathfinder включает в себя интегрированный пользовательский интерфейс и 3D-визуализацию результатов.

Многие программные продукты рассчитывают только время эвакуации людей, не учитывая влияние опасных факторов пожара на людей. Например, просчитано время эвакуации, все люди покинули помещение за определенное время. В результате получено время, которое по своей сути ничего не в полной мере отражает условия вынужденной эвакуации. Если же добавить в процесс эвакуации фактор пожара, с установкой точки возгорания в самом людном месте (например, центральный вход или какой-нибудь коридор), то такая система будет учитывать опасные факторы пожара и их влияние на людей при эвакуации. Кроме того, необходимо учитывать и условия распространения пожара. Через некоторое время имеющиеся основные пути эвакуации фактически не будут являться эвакуационными. В этом случае необходимо будет искать другой путь и условия эвакуации людей. С учетом этого на выходе получается другой результат времени эвакуации, который будет отражать более реальные данные пожара. Учитывая указанные особенности эвакуации людей необходимо внести модели пожара в программные комплексы для расчета времени эвакуации людей из зданий и сооружений.

Выводы. Проведен обзор типов эвакуационных моделей. В программных комплексах для расчета времени эвакуации из зданий и сооружений необходимо учитывать влияние опасных факторов пожара на людей. Для перемещения людей в учебных заведениях следует использовать поточную модель.

Перспективы дальнейших исследований. Данный обзор не позволяет оценить весь спектр возможностей моделей эвакуации и представить результаты расчетов всех описанных программных продуктов (ввиду отсутствия их в свободном доступе). В дальнейшем планируется провести сравнительный анализ результатов расчетов представленных программных комплексов, а также сравнение полученных результатов с экспериментальными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Technical Note 1471 A Review of Building Evacuation Models Erica D. Kuligowski Richard D. Peacock.
2. Обзор компьютерных программ моделирования эвакуации зданий и сооружений / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин, Н.Н. Галушка // Пожаровзрывобезопасность – 2002. – № 5. – С. 40-49.
3. ГОСТ 12.1.004-91 (1999) - ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
4. [электронный ресурс] www.fseg.gre.ac.uk/index.html.
5. [электронный ресурс] www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet.
6. [электронный ресурс] www.traffgo-ht.com/en/pedestrians/products/pedgo/index.
7. [электронный ресурс] www.iesve.com/Software/VE-Pro/Simulex.
8. Olenick, S. M. & Carpenter, D. J. (2003). Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke. Journal of Fire Protection Engineering, 13, 87-110.
9. Gwynne, S., Galea, E. R., Lawrence, P. J., Owen, M., & Filippidis, L. (1999). A Review of the Methodologies used in the Computer Simulation of Evacuation from the Built Environment. Building and Environment, 34, 741-749.
10. [электронный ресурс] www.ies4d.com/content/default.asp?page=s1_2_1.

ABSTRACTS / АННОТАЦІЇ

UDC 614.8

Iu.A. Abramov, Doctor of Engineering Science, professor, V.M. Gvozd, Candidate of Science (Enginnering), associate professor

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF PROCESS OF EXTINGUISHING OF B CLASS FIRE BY ATOMIZED WATER

Mathematical models for the process of extinguishing of B class fire by atomized water in variables “input-output” and state variables are obtained.

Key words: B class fire, atomized water, transfer function, vector matrix equation.

УДК 614.8

Ю.О. Абрамов, д.т.н., проф., В.М. Гвоздь, к.т.н., доц.

МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ КЛАСУ В РОЗПИЛЕНОЮ ВОДОЮ

Отримано математичні моделі для процесу гасіння пожежі класу В розпиленою водою в перемінних «вхід-вихід» і в перемінних стану.

Ключові слова: пожежа класу В, розпилена вода, передаточна функція, векторно-матричне рівняння.

UDC 614.841.332

S. Bychenko, Cand. Of Sc. (Hist), Y. Kachkar, Cand. Of Sc. (Eng), A. Lukyanchenko, Cand. Of Sc. (Eng), I Shlyonchak,

BACKGROUND OF COST AIR NOMINAL PARAMETERS OF THE ENGINE FIRE AND EMERGENCY RESCUE VEHICLES IN SMOKY ENVIRONMENT

The article defined and proved the feasibility of air flow sensors during combustion engines fire and rescue vehicles in smoky environments

УДК 614.841.332

С.Н. Быченко, к.и.н., Е.В. Качкар, к.т.н., О.Ю. Лукьянченко, к.т.н., доц., Шленчак И.А.

ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСХОДОВ ВОЗДУХА НА НОМИНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДВИГАТЕЛЯ ПОЖАРНЫХ И АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЗАДЫМЛЕННОЙ СРЕДЫ

В статье определена и обоснована целесообразность применения датчиков затраты воздуха во время работы двигателей внутреннего сгорания пожарных и аварийно-спасательных автомобилей в условиях задымления.

UDC 699.61

V. Gvozd, Candidate of Science (Engineering), E.A. Rybka

THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE THERMAL COMPLEX FOR DETERMINATION OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF BUILDING MATERIALS

The study of the dynamical characteristics of the thermal complex obtained experimentally and as a result of identification, as well as the mismatch uncertainty between them.

Key words: the limit of fire resistance, thermal complex, dynamic characteristics, the transfer function, the error of inconsistencies.

УДК 699.61

В.М. Гвоздь, к.т.н., доц., Є.О. Рибка

**ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМІЧНОГО КОМПЛЕКСУ З ВИЗНАЧЕННЯ
ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Проведено дослідження динамічних характеристик термічного комплексу, отриманих експериментально і в результаті ідентифікації, а також визначена похибка неузгодженості між ними.

Ключові слова: межа вогнестійкості, термічний комплекс, динамічні характеристики, передаточна функція, похибка неузгодженості.

UDC 614.841

B. Grigorjan, Cand. Of Sc. (Eng), S. Tsvirkun, Cand. Of Sc. (Eng), N. Grigorjan

**THE DETERMINATION OF CHARACTERISTICS OF FIREPROOF QUALITY
COVERAGE «NATRESK» AND «ENDOTERM 210104»
FOR DEFENCE METAL STRUCTURES**

The article determines the coefficient of thermal conductivity, heat volume and thickness dependence of fireproof material «Natresk» and «Endoterm 210104» from given metal thickness (fireproof characteristics) in range from 90, 120, 180 minutes. These fireproof characteristics are the results of fire tests.

УДК 614.841

Б.Б. Григор'ян к.т.н., доц., С.В. Цвіркун к.т.н., доц., М.Б. Григор'ян

**ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ
ПОКРИТТЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ВОГНЕЗАХИСНОГО
МАТЕРІАЛУ «НАТРЕСК» ТА «ЕНДОТЕРМ 210104»**

Визначення коефіцієнту теплопровідності, теплоємності та залежності товщини вогнезахисного матеріалу «Натреск» та «Ендотерм 210104» від приведеної товщини металу (характеристики вогнестійкості) в діапазоні вогнестійкостей 90, 120, 180 хв., отриманих за даними вогневих випробувань.

UDC 159.97

I. G. Drobinka, c. histor. s., ass. prof., D. A. Timoshenko, O.M. Osadcha

**ATTENTION PECULIARITIES DEVELOPMENT RESEARCH IN FUTURE
SPECIALISTS OF MINISTRY OF EMERGENCIES IN THE PROCESS OF EDUCATION
(IN THE FRAME WORK OF STUDENTS GROUP ACADEMY OF FIRE SAFETY
NAMED AFTER CHORNOBYL HEROES)**

The article deals with the problems of development of attention peculiarities of students, its concentration level division and shift in the educational process. A set of activities Aimed at correction of attention and increase its quality is offered.

УДК 159.97

И. Г. Дробинка, к.и.н., доц., Д. О. Тимошенко, О.Н. Осадчая

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ КАЧЕСТВ ВНИМАНИЯ
У БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС УКРАИНЫ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ ГРУППЫ СТУДЕНТОВ АПБ им. ГЕРОЕВ ЧЕРНОБЫЛЯ)**

В статье рассматриваются вопросы исследования развития качеств внимания студентов, их уровень концентрации, распределения и переключения в процессе обучения. Предложен комплекс мероприятий, направленный на коррекцию внимания и повышение его качеств.

UDK 614.48

S.V. Zhartovskiy, PhD, V.M. Kryshstal, I.G. Maladyka PhD, AP, A.O. Bychenko, PhD, A.A. Lavrenko

**FIRE EXTINGUISHING QUALITIES
OF THE FSG AQUEOUS SOLUTION RESEARCH DURING
THE MODEL CENTERS OF C GROUP FIRE EXTINGUISHION**

Relative fire extinguishing capacity of such extinguishing agents as water and water with FSG-2 was experimentally determined during the model centers of C group fire extinction. The results of the experiment showed perspectives of FSG-2 appliance for hydrous extinguishing agents during C group fire extinction.

УДК 614.48

С.В. Жартовський, к.т.н., В.Н. Крыштал, А.О. Быченко, к.т.н., И.Г. Маладыка к.т.н., доц., А.А. Лавренко

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОГNETУШАЩИХ СВОЙСТВ
ВОДНОГО РАСТВОРА ФСГ-2 ПРИ ТУШЕНИИ МОДЕЛЬНОГО ОЧАГА
ПОЖАРА КЛАССА В**

Экспериментально определено относительную огнетушащую способность при тушении модельных очагов пожаров класса В, таких водных огнетушащих веществ, как вода и вода с ФСГ-2. По результатам экспериментальных исследований было показано перспективу применения ФСГ-2 для водных огнетушащих веществ при тушении пожаров класса В.

UDC 614.841

V.M. Zhartovskyi, Doctor of Engineering, professor, T.V. Maglyovana, Cand. Sc. (Chemistry), S.V. Zhartovskyi, Cand.Sc. (Engineering)

**USE OF POLYMERIC SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES
OF GUANIDINE CHAIN FOR IMPROVEMENT
OF THE FIRE EXTINGUISHING CHARACTERISTICS OF WATER**

Adding to the composition of water small amount of surface-active substances and water-soluble polymers may lead to the quantity reduction of fire extinguishing substance. It is worth noticing that use of polymeric substance, polyhexamethelenguanidine chloride as agent for improvement of the fire extinguishing characteristics of water. Polyhexamethelenguanidine chloride has the characteristics of surface-active substance and quaternary ammonium salt, and refers to the IV toxicity class (according to National State Standard 12.1.007-76).

УДК 614. 841

В. М. Жартовский, д.т.н., проф., Т.В. Маглеваная, к.х.н., доц., С.В. Жартовский, к.т.н.

**ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА
ГУАНИДИНОВОГО РЯДА С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ОГNETУШАЩИХ
СВОЙСТВ ВОДЫ**

Уменьшение количества огнетушащего вещества может быть достигнуто за счет введения в состав воды небольших количеств поверхностно-активных веществ и водорастворимых полимеров. Заслуживает внимания использование в качестве добавки для улучшения огнетушащих свойств воды, полимерного вещества, полигексаметиленгуанидингидрохлорида, который владеет одновременно свойствами поверхностно-активного вещества и четвертичной аммонийной соли и относится к IV классу токсичности.

UDC 614.841.332

A.I. Kovaliov, Candidate of Science (Engineering)

**INFLUENCE OF ERRORS IN TEMPERATURE MEASUREMENT ON ACCURACY
DETERMINATION OF THERMAL CHARACTERISTICS OF COATINGS OF
MONOLITHIC ARMoured FLOORS**

The influence of errors in temperature measurement on accuracy determination of thermal characteristics (thermal conduction and heating capacity) of concrete and intumescent fire-resistant coating "Fenix STB", produced by LLC "PTK A+B Ukraine" is researched for protection of armoured monolithic floor.

УДК 614.841.332

A.I. Ковальов, к.т.н.

**ВПЛИВ ПОХИБОК У ВИМІРЮВАННІ ТЕМПЕРАТУР НА ТОЧНІСТЬ
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРИТТІВ МОНОЛІТНИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЕРЕКРИТТІВ**

Досліджено вплив похибок у вимірюванні температур на точність визначення теплофізичних характеристик (теплопровідність і теплоємність) бетону вогнезахисного покриття, що спучується, «Фенікс СТВ», виробництва ТОВ «ПТК "А + В Україна», для захисту залізобетонного монолітного перекриття.

UDC 159.9:614.8

A.Krutolevich

**LEVEL ASSESSMENT OF MENTAL
AND PHYSICAL HEALTH OF RESCUE WORKERS**

The paper presents the results of the study with the aim to assess the level of mental and physical health of rescue workers. The paper also considers the influence of socio-demographic factors, such as «physical activity» and «alcohol abuse» in self evaluating by rescue workers the functional state of their mental and physical health.

Key words: rescue workers, level of physical health, level of mental health, physical activity, alcohol abuse, prevalence of secondary traumatization.

УДК 159.9:614.8

A.H. Крутолевич

**ОЦІНКА РІВНЯ ПСИХІЧНОГО І ФІЗИЧНОГО ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ
ЕКСТРЕМАЛЬНИХ СЛУЖБ**

Представлені результати дослідження за оцінкою рівня психічного і фізичного здоров'я працівників екстремальних служб. У статті також розглядається питання про вплив соціодемографічних чинників, чинників «фізична активність» і «зловживання алкоголем» на оцінку працівниками екстремальних служб функціонального стану свого психічного і фізичного здоров'я.

Ключові слова: працівники екстремальних служб, рівень фізичного здоров'я, рівень психічного здоров'я, фізична активність, зловживання алкоголем, частота прояву вторинної травматизації.

UDC 614.841.2

A. D. Kuzyk, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), S. O. Emelianenko

**ASSESSMENT OF FIRE RISK IN LVIV RESIDENTIAL BUILDINGS
DUE TO CARELESS HANDLING OF FIRE**

The fire risks of housing sector are examined predefined various factors. It is suggested for the estimation of fire risk to take into account an ambient temperature.

УДК 614.841.2

А. Д. Кузык, к.ф.-м.н., доц., С. А. Емельяненко

**ОЦЕНКА ПОЖАРНОГО РИСКА В ЖИЛЫХ ДОМАХ Г. ЛЬВОВА
ИЗ-ЗА НЕОСТОРОЖНОГО ОБРАЩЕНИЯ С ОГНЕМ**

Рассматриваются пожарные риски жилищного сектора предопределенные разнообразными факторами. Предлагается для оценки пожарного риска учитывать температуру окружающей среды.

UDC 614.842.6

V.V. Kuzmickij, Doctor of Science, V.V. Parmon, Candidate of Sciences, R.R. Asilbejli, R.I. Sidorov

**BETTER SYSTEMS FOR EXTINGUISHING A FIRE IN THE TANK OIL WHEN
MECHANICAL FOAM LOW EXPANSION IN THE LAYER FUEL**

The work describes the ways to improve efficiency and reliability of fire protection systems for oil and oil products reservoirs. The research results on development of effective low expansion foam generators operating in cavitation mode at high backpressure are given.

УДК 614.842.6

В.В. Кузміцький, д.ф.-м. н., с.н.с., В.В. Пармон, к.т.н., Р.Р. Асілбейлі, Р.І. Сидоров

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ
В РЕЗЕРВУАРАХ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ ПРИ ПОДАЧІ ПОВІТРЯНО-
МЕХАНІЧНОЇ ПІНИ НИЗЬКОЇ КРАТНОСТІ В ШАР ПАЛЬНОГО**

В роботі розглянуті шляхи підвищення ефективності та надійності систем протипожежного захисту резервуарів нафти та нафтопродуктів. Приведені результати досліджень з розробки ефективних піногенераторів піни низької кратності, що працюють в кавітаційному режимі при високих протитисках.

UDC 541.128.12

V.V.Kukueva, PhD of chemisry, associate professor, R.V.Romanyuk

**QUANTUM-CHEMICAL STUDY OF INHIBITING PROPERTIES OF
DICHLORTRYFLUOR ETHANE**

Results of quantum chemical calculations haloid containing molecules of organic substances which are inhibitors of combustion. It is shown that dichlorotrifluor ethane at thermal decomposition forms particles that can be traps for the active centers of the flame. It is shown that increasing the number of fluorine atoms in a molecule and lengthening the carbon chain increases inhibitor activity, with a corresponding reduction ozone depletion potential.

УДК 541.128.12

В.В.Кукуева, к.х.н., доц., Р.В.Романюк

**КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНГИБИРУЮЩИХ
СВОЙСТВ ДИХЛОРТРИФТОР ЭТАНА**

Представлены результаты квантово-химических расчетов галогенсодержащих молекул органических веществ, которые являются ингибиторами горения. Показано, что дихлортрифторэтан при термическом разложении образует частицы, которые могут быть ловушками для активных центров пламени. Показано, что увеличение числа атомов фтора в молекуле, а также удлинение углеродной цепи увеличивают активность ингибитора, при соответствующем уменьшении озоноразрушающего потенциала.

UDC 614.8.084

S.P. Mosov, Doctor of Military Sciences, Professor, V.S. Shcherbina,

**STATE ISSUES FOR EXPOSURE ASSESSMENT OF FIRE HAZARD
ADMINISTRATIVE PUBLIC INSTITUTIONS IN VIEW
CHANGES FIRE HAZARDOUS LOADINGS**

According to the results of monitoring of national methods and methods international countries for evaluation of fire hazard objects analyzed the degree of incorporation of these changes fire hazardous loads that affect the number of fires in administrative and public institutions.

УДК 614.8.084

С.П. Мосов, д.воен.н., проф., В.С. Щербина

**СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПО ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ
АДМИНИСТРАТИВНО-ОБЩЕСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ С УЧЕТОМ
ИЗМЕНЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ НАГРУЗОК**

По результатам мониторинга отечественных методик и методик зарубежных стран по оценке уровня пожарной опасности объектов проанализирована степень учета в них изменения пожароопасных нагрузок, которые влияют на количество пожаров в административно-общественных учреждениях.

UDC 629.33.02:517

M.V. Pidhorny, Candidate of Science (Engineering), O.V. Ogiy, V.P. Melnik

**CALCULATION of EXTERNAL SPEED DESCRIPTION of DIESEL ENGINE
FOR CARS WHICH TRANSPORT EXTRAHAZARDOUS LOADS.**

The article examines the various modes of constant coefficient equations approximating formula Leiderman and results are compared with the passport data engine.

Keywords: external speed description, power, twisting moment.

УДК 629.33.02:517

Н.В. Пидгорный, к.т.н., О. В. Огий, В.П. Мельник

**РАСЧЕТ ВНЕШНЕЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ,
КОТОРЫЕ ПЕРЕВОЗЯТ ОСОБО ОПАСНЫЕ ГРУЗЫ**

Представлены четыре метода расчетов постоянных коэффициентов аппроксимирующих уравнений формулы Лейдермана для получения внешней скоростной характеристики двигателя автотранспортного средства, которое перевозит особо опасные грузы. Расчёты сравниваются с паспортными данными двигателя DONG FENG CY4102BZLQ.

Ключевые слова: внешняя скоростная характеристика, мощность, крутящий момент.

UDC 614.012

*A.V. Pozdejev, O.V. Nekora, Cand. Of Sc. (Eng), S.V. Pozdejev, Cand. Of Sc. (Eng),
A.N. Semenchuk*

**INFLUENCE OF MODIFIERS ON MECHANICAL DESCRIPTIONS OF CONCRETE IN
THE CONDITIONS OF HIGH TEMPERATURE HEATING**

Experimental research of influence of modifiers is conducted on mechanical descriptions of concrete in the conditions of the high temperature heating. The test of cube standards is carried out with the modified and not modified composition on their heating in a muffle stove with the subsequent appendix of the mechanical loading. The diagrams of deformation are built for standards from concretes without additions, and also by the modified superplasticizers and frost-hardy

additions at the different modes of warming up. Dependences of coefficient of decline of durability and module of resiliency of concrete are got on the temperature of heating.

УДК 624. 012

А.В. Поздєєв, О.В. Некора, к.т.н., с.н.с., С.В. Поздєєв, к.т.н., доцент, А.Н. Семенчук.

ВПЛИВ МОДИФІКАТОРІВ НА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНУ В УМОВАХ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО НАГРІВУ

Проведено експериментальне дослідження впливу модифікаторів на механічні характеристики бетону в умовах високотемпературного нагріву. Здійснено випробування кубічних зразків з модифікованим та немодифікованим складом за їх нагрівом у муфельній печі з подальшим прикладанням механічного навантаження. Побудовано діаграми деформування для зразків з бетонів без добавок, а також модифікованими суперпластифікаторами та морозостійкими добавками при різних режимах прогріву. Отримано залежності коефіцієнту зниження міцності та модуля пружності бетону від температури нагріву.

UDC 614.8

A.A. Teslenko, Cand. Of Sc., A.U. Bugaev, O.M. Morgun, Cand. Of Sc.

THE RELIABILITY OF DETERMINATION OF PARAMETERS OF EMERGENCY WEATHERING OF HAZARDOUS SUBSTANCE

The algorithm problem of reliability of calculation parameters determination of safety-valve is considered. More exact algorithms of calculation are offered. Algorithms allow to obtain greater reliability and avoid excess of protective equipment. The generalized numeral algorithm of determination of conditions for reverse motion liquid is first tested.

Keywords: pressure in equipped, safety-valve, accident, emergency, simulation, model, computation experiment.

УДК 614.8

A.A. Тесленко, к.ф.-м. н., доц., А.Ю. Бугаєв, А.М. Моргун, к.т.н., доц.

НАДЕЖНОСТЬ АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АВАРИЙНОГО СЛИВА ОПАСНОГО ВЕЩЕСТВА

Рассмотрена проблема надежности алгоритма определения расчетных характеристик аварийного слива. Предложены более точные алгоритмы расчета параметров слива, позволяющие достичь большей надежности и избежать избыточности защитного оборудования. Впервые опробован обобщенный численный алгоритм определения условий обратного движения сливаемой жидкости в случае нескольких аппаратов, подключенных к одному трубопроводу.

Ключевые слова: аварийный слив, пожарная безопасность технологических процессов, абсолютная ошибка, время опорожнения технологических аппаратов, авария, чрезвычайная ситуация, модель.

UDK 614.84

A.M. Tishchenko, PhD of Technical sciences, Yu.Yu. Dendarenko, PhD of Technical sciences, A.D. Blashchuk

DETERMINATION OF QUANTITATIVE INDICES OF DANGEROUS FACTORS AT EMERGENCIES ON THE OBJECTS WHERE LIQUEFIED HYDROCARBON GASES ARE STORED

Methodology for quantitative indices of dangerous factors determination at emergencies on the objects where liquefied hydrocarbon gases stored is considered in the article.

УДК 614.84

О.М. Тищенко, к.т.н., доц., Ю.Ю. Дендаренко, к.т.н., доц., О.Д. Блащук

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ВО ВРЕМЯ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ХРАНЕНИЯ
СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ**

Представлена методология определения количественных показателей опасных факторов, возникающих при аварийных ситуациях на объектах хранения сжиженных углеводородных газов.

UDC 614.840

S. Tsvirkun, Cand. of Sc. (Eng), P. Zaika Cand. of Sc. (Eng), S. Kutsenko Cand. of Sc. (Eng), V. Tupitskiy

**SOFTWARE SURVEY FOR CALCULATION OF
EVACUATION TIME FROM BUILDINGS**

The article presents comparative analysis of software that are used for calculating of evacuation time from buildings.

УДК 614.840

С.В. Цвіркун, к.т.н., доц., П.І. Заїка, к.т.н., доц., С.В. Куценко, к.т.н., В.М. Тулицький

**ОГЛЯД ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ
ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ З БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД**

Представлено порівняльний огляд програмних комплексів, які використовуються для розрахунку часу евакуації людей з будівель та споруд.

АВТОРИ (алфавітний покажчик)

	Стор.
<i>Абрамов Ю.А.</i>	4
<i>Асілбейлі Р.Р.</i>	60
<i>Биченко А.О.</i>	31
<i>Биченко С.М.</i>	9
<i>Блащук О.Д.</i>	103
<i>Бугаїв А.Ю.</i>	99
<i>Гвоздь В.М.</i>	4,14
<i>Григорьян Б.Б.</i>	18
<i>Григорьян М.Б.</i>	18
<i>Дендаренко Ю.Ю.</i>	103
<i>Дробінка І. Г.</i>	24
<i>Ємельяненко С.О.</i>	52
<i>Жартовський В.М.</i>	35
<i>Жартовський С.В.</i>	31,35
<i>Заїка П.І.</i>	110
<i>Качкар Є.В.</i>	9
<i>Ковальов А.І.</i>	41
<i>Кришталь В.М.</i>	31
<i>Крутолевич А.Н.</i>	46
<i>Кузик А. Д.</i>	52
<i>Кузмицький В.В.</i>	60
<i>Кукуєва В.В.</i>	71
<i>Куценко С.В.</i>	110
<i>Лавренко А.А.</i>	31
<i>Лук'янченко О.Ю.</i>	9
<i>Магльована Т.В.</i>	35
<i>Маладика І.Г.</i>	31
<i>Мельник В.П.</i>	84
<i>Моргун О.М.</i>	99
<i>Мосов С.П.</i>	76
<i>Некора О.В.</i>	91
<i>Огій О.В.</i>	84
<i>Осадча О.М.</i>	24
<i>Пармон В.В.</i>	60
<i>Підгорний М.В.</i>	84
<i>Поздєєв А.В.</i>	91
<i>Поздєєв С.В.</i>	91
<i>Рибка Є.О.</i>	14
<i>Романюк Р.В.</i>	71
<i>Семенчук А.Н.</i>	91
<i>Сидоров Р.И.</i>	60
<i>Тесленко О.О.</i>	99
<i>Тимошенко Д.О.</i>	24
<i>Тищенко О.М.</i>	103
<i>Тулицький В.М.</i>	110
<i>Цвіркун С.В.</i>	18,110
<i>Шльончак І.А.</i>	9
<i>Щербина В.С.</i>	76

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ, ЯКІ ПОДАЮТЬСЯ У НАУКОВЕ ФАХОВЕ ВИДАННЯ «ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА»

(ВИХОДИТЬ 3 РАЗИ НА РІК, РУКОПИСИ СТАТЕЙ ПРИЙМАЮТЬСЯ
ДО 01.03, ДО 01.07 ТА ДО 01.11 ПОТОЧНОГО РОКУ)

Тематична спрямованість видання «Пожежна безпека: теорія і практика» – висвітлення проблемних питань і результатів фундаментальних і прикладних наукових досліджень в сфері пожежної безпеки, а також психології діяльності в особливих умовах.

Згідно з постановою ВАК України від 15 січня 2003 р. «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліку ВАК України» у науковій статті мають бути наявні такі необхідні елементи:

- постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
- аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор;
- виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття;
- формулювання цілей статті (постановка завдання);
- виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- висновки з даного дослідження;
- перспективи подальших досліджень у даному напрямку.

1. Матеріали для публікації в друкованому та електронному вигляді повинні бути написані українською, англійською або російською мовою й оформлені таким чином:

- у першому рядку ліворуч вказують індекс **УДК** (виділити жирним);
- через рядок (у називному відмінку, прямим шрифтом, по центру) ініціали, прізвище, науковий ступінь, учене звання, місце роботи автора (скорочення наукових ступенів та вчених звань оформити згідно з вимогами ВАК);
- через рядок (по центру великими літерами, виділити жирним) **НАЗВА СТАТТІ**;
- через рядок анотація українською мовою (рекомендований обсяг не більше 500 друкованих знаків), яка вміщує характеристику основної теми, проблеми об'єкта, мету роботи та її результати, представлені в статті (друкується по ширині, через 1 інтервал, кегль шрифту 10, ліве поле – 3,75 см, праве – 2,75 см).
- через рядок: ключові слова (не менше 3);
- через рядок текст статті;
- через рядок (по центру, великими літерами, жирним шрифтом) **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**. Список літератури оформляється відповідно до стандарту ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 *Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання*;

2. Текст статті має бути набраний шрифтом Times New Roman, 12 кеглем, міжрядковий інтервал одинарний; верхнє і нижнє поле – 2 см, ліве – 2,5 см, праве – 1,5 см; абзац – 1,25 см. **Обсяг матеріалу статті не менше 5 сторінок.**

3. Рисунки та графіки у статтю вставляють в одному з форматів (jpeg, bmp, tif, gif) з роздільною здатністю не менше ніж 300 dpi (якісні оригінали). Написи на рисунках

виконують шрифтом основного тексту та розміру. Всі об'єкти в простих рисунках, які зроблені у Word, мають бути обов'язково згруповані.

Текст статті не повинен містити рисунків і/або тексту в рамках, рисунків, розташованих зверху/за текстом тощо. Складні, багатооб'єктні рисунки слід готувати за допомогою графічних редакторів (CorelDraw, PhotoShop та ін.). Підписи під рисунками виконують згідно з ДСТУ 3008-95 *Документація. Звіти у сфері науки і техніки*, виділяють курсивом.

4. Таблиці подають як окремі об'єкти у форматі Word з розмірами, приведеними до сторінки складання.

Підписи заголовків таблиць виконуються згідно з ДСТУ 3008-95 *Документація. Звіти у сфері науки і техніки*.

5. Формули подають у форматі Microsoft Equation 3.0, вирівнюють по центру посередині тексту і нумерують в круглих дужках з правого краю.

6. Вимоги до друкованого рукопису: стаття роздрукована на білих аркушах паперу формату А4 в якості, достатній для коректорського опрацювання, з підписами авторів на кожній сторінці.

7. Вимоги до електронної копії статті: стаття має бути в одному файлі, названому за прізвищем першого автора (наприклад, для статті авторів Петренка О.В., Савчук І.М., Горіна М.А. – «Петренко.doc»). Для передачі електронної версії статті можна скористатися адресою e-mail: **naucovec@ukr.net**

8. Якщо автори не мають наукового ступеня та вченого звання, то до статті додається рецензія кандидата або доктора наук за профілем даного наукового дослідження.

9. Відповідальність за науковий зміст статті, точність фактів, дат, формул, прізвищ тощо несе автор.

10. Статті, переклад яких здійснено електронними перекладачами, статті з великою кількістю помилок або такі, що не відповідають вимогам щодо технічного оформлення (див. пп. 1-7), до розгляду не приймаються. Рішення про публікацію рукопису статті приймає редакційна колегія збірника. Прорецензована стаття може бути повернута автору на доопрацювання, відхилений оригінал авторові не повертається. В одному номері може бути опублікована тільки одна стаття кожного автора.

До статті на окремому аркуші додаються:

- анотація англійською мовою у такому порядку й вигляді: індекс УДК (прямим шрифтом); наступний рядок: *ініціали та прізвища авторів, їх наукові ступені* (виділити курсивом); через рядок НАЗВА СТАТТІ (по центру великими літерами); текст анотації (з абзацу, друкується по ширині, через 1 інтервал, кегль шрифту 12);

- анотація російською мовою у такому порядку й вигляді: індекс УДК (прямим шрифтом); наступний рядок: *ініціали та прізвища авторів, їх наукові ступені* (виділити курсивом); через рядок НАЗВА СТАТТІ (по центру великими літерами); текст анотації (з абзацу, друкується по ширині, через 1 інтервал, кегль шрифту 12).

ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ СТАТТІ

УДК 614.84

Ю.П. Рак, д.т.н., проф., ЛДУБЖД, О.В. Савченко, к.т.н., доц., НУЦЗУ,
О.І. Шкоруп, к.т.н., с.н.с., УкрНДІПБ

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ У ЖИТЛОВОМУ СЕКТОРІ

Представлено розрахунки економічних показників використання гелеутворюючої системи для ліквідації пожеж на об'єктах житлового сектору

Ключові слова: гасіння, гелеутворююча система, житловий сектор, економічний ефект.

Постановка проблеми. Загальноприйнятим критерієм ефективності вогнегасної речовини (ВР) або технічного пристрою для її подачі є час гасіння пожежі. Дослідникам та конструкторам під час їх розробки також доводиться враховувати й низку інших вимог, у тому числі прораховувати питання економічної доцільності їх використання та експлуатації. Окремо стоїть питання розрахунку економічної ефективності нової ВР при гасінні пожеж у житлових будівлях.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Практично у повному обсязі проблему заливання нижніх поверхів при гасіння пожеж у житловому секторі дозволяє вирішити застосування гелеутворюючих систем (ГУС) [1]. До їх переваг відноситься спроможність легко утримуватись на вертикальних і похилих поверхнях. Отже, коефіцієнт використання гелю ≈ 1 . В результаті досліджень було з'ясовано, що ГУС ефективні до протидії займанню матеріалів, які найбільш широко представлені у будівлях [2].

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи є визначення економічної ефективності використання води та ГУС для гасіння пожеж у житлових будівлях. Вирішення поставленої задачі відбувалось шляхом порівняння двох варіантів: базового та нового. Базовий варіант передбачав гасіння пожежі водою. За новим варіантом для гасіння передбачалось використання ГУС $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 - 3,8\%$, $\text{CaCl}_2 - 11,4\%$ [3,4].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття.

Для з'ясування економічної ефективності ГУС необхідно проведення відповідних розрахунків, які дозволять порівняти ГУС і традиційну ВР – воду. Задача ускладнюється тим, що на відміну від виробничих приміщень, складів матеріалів тощо, кількість і склад горючого завантаження у квартирах не регламентується.

Із аналізу роботи [2-4] відомі дані стосовно середньої кількості горючого завантаження в сучасній квартирі. Найбільшу частку горючого завантаження складає деревина та вироби на її основі – 47,1%, оббивка меблів – 34,1%, вироби з пластмаси – 11,1%, килими – 7,8%. Але безпосередньої інформації стосовно середньої «ціни» 1 м² квартири, яка включає в себе вартість меблів, майна, оздоблення тощо, в літературі немає.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Економічний результат P від використання ГУС буде визначатися за формулою:

$$P = W_B - W_H, \quad (1)$$

де W_B та W_H – відповідно збитки від пожеж для базового (гасіння водою) та нового варіанту (гасіння ГУС).

Таблиця 1 - Характеристика фізико-механічних властивостей вогнезахисних покриттів, що спучуються

Матеріал	ρ_0 , кг/м ³	φ_0	λ_0 , Вт/(м·К)	μ_n	K	Θ , кДж/кг	$T_{нп}$, °C	$T_{кп}$, °C	κ_v	$\Theta \cdot 10^{11}$, Вт/(м·К ⁴)	ψ
ВПМ-2	1150	0,25	0,23	0,085	0,25	1500	100	500	7	9,6	2,0
ВПМ-2'	1100	0,28	0,29	0,073	0,25	1500	100	510	7	8,5	0,5
СГК-1	950	0,27	0,53	0,043	0,44	3000	150	400	25	9,1	0,5
Эндотерм ХТ-1500	930	0,3	0,46	0,160	0,45	2500	150	400	18	8,0	0,5

Пожежі у житловому секторі є найбільш поширеними у більшості країн світу. Не є виключенням й Україна. За останні роки від 70 до 85% пожеж відбувалось саме у житлових будівлях, на них припадає 95-98% загиблих. Щороку збитки від цих пожеж складають сотні мільйонів гривень. Але ще більшу суму складають побічні збитки. Наприклад, у 2006 році побічні збитки (547067 тис. грн.) перевищували прямі (200552 тис. грн.) більше ніж у 2,7 раз. Згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 2030 від 26 грудня 2003 року, до побічних збитків від пожеж відносяться оцінені у грошовому вираженні витрати на гасіння пожежі (вартість вогнегасних речовин, паливно-мастильних матеріалів тощо), ліквідацію її наслідків (враховуючи соціально-економічні та екологічні втрати), у тому числі на відбудову об'єкту; втрати, зумовлені простоем у виробництві, перервою в роботі, зміною графіка руху транспортних засобів тощо. Майже 68% загальної кількості побічних збитків припадає саме на пожежі у житловому секторі.

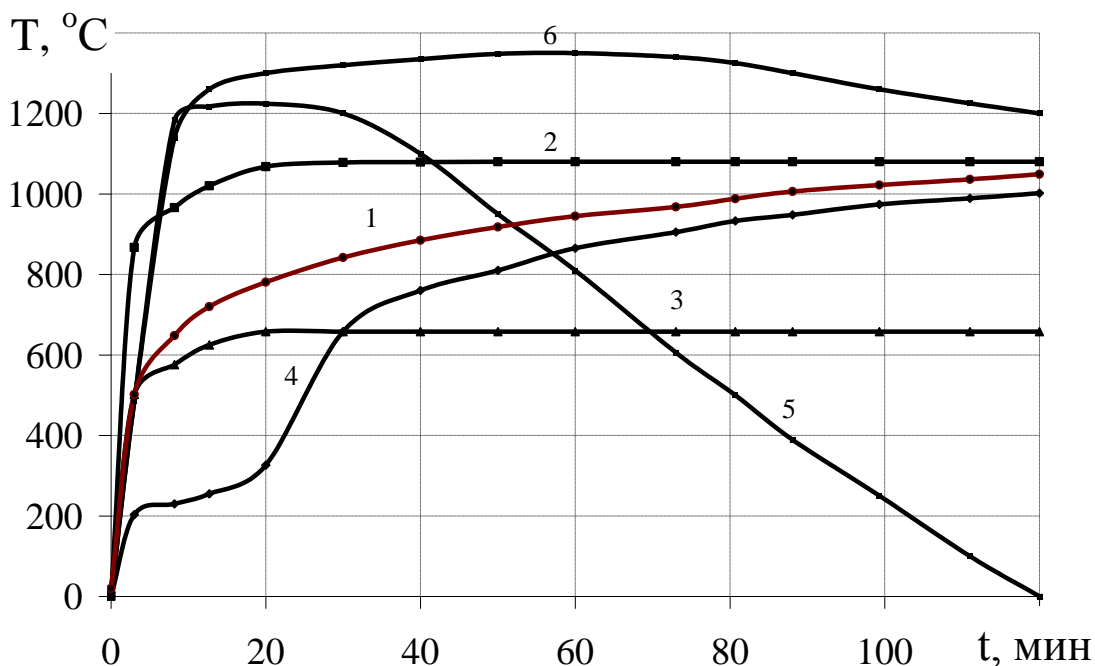


Рисунок 1 - Залежність зміни температури від тривалості вогневого впливу при різних темпах нагріву, де:

- 1 - стандартна температурна крива по ISO 834 і Держстандарт 30247.0-94;
- 2 - крива згідно EN 1363-2: 1999;
- 3 - мінімізована єдина стандартна температурна крива згідно ISO 834;
- 4 - крива тліючої пожежі згідно EN 1363-2: 1999;
- 5 - тунельна крива згідно стандарту Німеччини (RABT);
- 6 - тунельна крива згідно стандарту Нідерландів (RWS).

Висновки. Проведені розрахунки економічних показників засвідчили економічну доцільність використання ГУС для ліквідації пожеж на об'єктах житлового сектору. Екстраполяція одержаного результату дозволяє стверджувати, що використання даного складу дозволить зменшити матеріальні втрати від пожеж на об'єктах житлового сектору на $\approx 10\%$.

Перспективи подальших досліджень.

У цей момент в Україні відсутня нормативна база по визначенню вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів на залізобетонних конструкціях. Тому, метою подальших досліджень є вивчення особливостей підвищення вогнестійкості залізобетонних конструкцій за допомогою ВОП і можливості застосування розрахунково-експериментального підходу для визначення вогнезахисної здатності ВОП на залізобетонних конструкціях при різних режимах пожежі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Захматов В.Д. Новые методы и техника для тушения лесных пожаров / В.Д. Захматов, Н.Я. Откидач, Н.В. Щербак // Пожаровзрывобезопасность. – 1998. – №4. – С.69-77.
2. Бондарев В.Ф. Организация и проведение водозащитных работ при тушении пожаров / В.Ф. Бондарев, П.М. Агеев // Крупные пожары: предупреждение и тушение/ Материалы 16 научно-практической конференции, Ч 2 . – М.: Изд-во ВНИИПО, 2001.– С. 239-241.
3. Савченко О.В. Попередження надзвичайних ситуацій при горінні полівінілхлориду / О.В. Савченко, О.О. Кіреєв, В.В. Тригуб, К.В. Жернокльов // Проблеми надзвичайних ситуацій: Сб. наук. пр. УЦЗ України – Харків, 2007. – Вип. 5. – С. 177 – 181.

ABSTRACTS

UDC 614.84

P. Krukovsky, Dr. Of Sc. (Eng), Y. Kachkar, Cand. Of Sc. (Eng), A. Kovalyov

APPLICATION OF SWELLING FIREPROOFING SURFACES OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN DIFFERENT FIRE CONDITIONS

Was analyzed the application of swelling fireproofing surfaces in modern building and their physicochemical features. Was considered a question of fire-protective ability of fireproofing surfaces for reinforced concrete structures and parameters which influence on this ability. Was analyzed the existing fire conditions and their influence on fire-protective abilities, the problems of applying of experiment-calculated method of identification of this ability for protecting reinforced concrete structures.

УДК 614.84

Ю.П. Рак, д.т.н., проф., А.В. Савченко, к.т.н., доц., О.И. Шкоруп, к.т.н., с.н.с.

ПРИМЕНЕНИЕ ВСПУЧИВАЮЩИХСЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ПОЖАРА

Проведен анализ применения вспучивающихся огнезащитных покрытий в современном строительстве и физико-механические характеристики таких покрытий. Рассмотрен вопрос огнезащитной способности вспучивающихся огнезащитных покрытий для железобетонных конструкций и параметры, от которых она зависит. Приведен анализ существующих режимов пожаров, их влияния на огнезащитную способность, возможности и проблемы применения расчетно-экспериментального подхода определения этой способности для защиты железобетонных конструкций.

ВРАЗИ БІБЛІОГРАФІЧНИХ ОПИСІВ

Бібліографічний опис або **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**, на яку здійснюється посилання в науковій статті, оформлюється згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

Слова і словосполучення скорочуються відповідно до:

1. ДСТУ 3582–97 «Скорочення слів в українській мові у бібліографічному описі. Загальні вимоги і правила».- К.: Держстандарт України, 1998. 2. ГОСТ 7.12.93» Библиографическая запись. Сокращения слов на русском языке. Общие требования и правила».

Приклади оформлення бібліографічного опису у списку джерел до наукової роботи:

Характеристика джерела	Приклад оформлення
Книги : Один автор	<p>1. Василій Великий. Гомілії / Василій Великий ; [пер. з давньогрец. Л. Звонська]. – Львів : Свічадо, 2006. – 307 с. – (Джерела християнського Сходу. Золотий вік патристики IV – V ст. ; № 14).</p> <p>2. Коренівський Д. Г. Дестабілізуючий ефект параметричного білого шуму в неперервних та дискретних динамічних системах / Коренівський Д. Г. – К. : Ін-т математики, 2006. – 111 с. – (Математика та її застосування) (Праці / Ін-т математики НАМ України ; т. 59).</p> <p>3. Матюх Н. Д. Що дорожче срібла-золота / Наталія Дмитрівна Матюх. – К. : Асамблея діл. кіл : Ін-т соц. іміджмейкінгу, 2006. – 311 с. – (Ювеліри України ; т. 1).</p> <p>4. Шкляр В. Елементал : [роман] / Василь Шкляр. – Львів : Кальварія, 2005. – 196, [1] с. – (Першотвір).</p>
Два автори	<p>1. Матяш І. Б. Діяльність Надзвичайної дипломатичної місії УНР в Угорщині : історія, спогади, арх. док. / І. Матяш, Ю. Мушка. – К. : Києво-Могилян. акад., 2005. – 397, [1] с. – (Бібліотека наукового щорічника "Україна дипломатична" ; вип. 1).</p> <p>2. Ромовська З. В. Сімейне законодавство України / З. В. Ромовська, Ю. В. Черняк. – К. : Прецедент, 2006. – 93 с. – (Юридична бібліотека. Бібліотека адвоката) (Матеріали до складання кваліфікаційних іспитів для отримання Свідоцтва про право на заняття адвокатською діяльністю ; вип. 11).</p> <p>3. Суберляк О. В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів : підруч [для студ. вищ. навч. закл.] / О. В. Суберляк, П. І. Баштанник. – Львів : Растр-7, 2007. – 375 с.</p>
Три автори	<p>1. Акофф Р. Л. Идеализированное проектирование : как предотвратить завтрашний кризис сегодня. Создание будущей организации / Акофф Р. Л., Магидсон Д., Эддисон Г. Д. ; пер. с англ. Ф. П. Тарасенко. – Днепропетровск : Баланс Бизнес Букс, 2007. – XLIII, 265 с.</p>
Чотири автори	<p>1. Методика нормування ресурсів для виробництва продукції рослинництва / [Вітвіцький В. В., Кисляченко М. Ф., Лобастов І. В., Нечипорук А. А.]. – К. : НДІ "Украгпромпромпродуктивність", 2006. – 106с. – (Бібліотека спеціаліста АПК. Економічні нормативи).</p> <p>2. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу : [підруч. для учнів проф. – техн. навч. закл.] / О. В. Гвоздев, Ф. Ю. Ялпачик, Ю. П. Рогащ, М. М. Сердюк. – К. : Вища освіта, 2006. – 478, [1] с. – (ПТО : Професійно-технічна освіта).</p>

П'ять і більше авторів	<p>1. Психологія менеджмента / [Власов П. К., Липницький А. В., Лущикова І. М. и др.] ; под ред. Г. С. Никифорова. – [3-е изд.]. – Х. : Гуманитар, центр, 2007. – 510с.</p> <p>2. Формування здорового способу життя молоді : навч. – метод. посіб. для працівників соц. служб для сім'ї, дітей та молоді / [Т. В. Бондар, О. Г. Карпенко, Д. М. Дикова-Фаворська та ін.]. – К. : Укр. ін-т соц. дослідж., 2005. – 115с. – (Серія "Формування здорового способу життя молоді" : у 14 кн., кн. 13).</p>
Без автора	<p>1. Історія Свято-Михайлівського Золотоверхого монастиря / [авт. тексту В. Клос]. – К. : Грані-Т, 2007. – 119с, – (Грані світу).</p> <p>2. Воскресіння мертвих : українська барокова драма : антологія / [упорядкув., ст., пер. і прим. В. О. Шевчук]. – К. : Грамота, 2007. – 638, [1] с.</p> <p>3. Тіло чи особистість? Жіноча тілесність у вибраній малій українській прозі та графіці кінця ХІХ – початку ХХ століття : [антологія / упоряд. : Л. Таран, О. Лагутенко]. – К. : Грані-Т, 2007. – 190, [1] с. Проблеми типологічної та квантитативної лексикології : [зб.наук.праць / наук, ред. Каліущенко В. та ін.]. – Чернівці : Рута, 2007. – 310 с.</p>
Словники	<p>1. Географія : словник-довідник / [авт. – уклад. Ципін В. Л.]. – Х. : Халімон, 2006. – 175, [1] с.</p> <p>2. Тимошенко З. І. Болонський процес в дії : словник-довідник основ, термінів і понять з орг. навч. процесу у вищ. навч. закл. / З. І. Тимошенко, О. І. Тимошенко. – К. : Європ. ун-т, 2007. – 57 с.</p> <p>3. Українсько-німецький тематичний словник [уклад. Н. Яцко та ін.]. – К. : Карпенко, 2007. – 219 с.</p> <p>4. Європейський Союз : словник-довідник / [ред. – упоряд. М. Марченко]. – 2-ге вид., оновл. – К. : К.І.С., 2006. – 138 с.</p>
Багатотомний документ	<p>1. Історія Національної академії наук України, 1941 – 1945 / [упоряд. Л. М. Яременко та ін.]. – К. : Нац. б-ка України ім. В. І. Вернадського, 2007 – . – (Джерела з історії науки в Україні). Ч. 2 : Додатки – 2007. – 573, [1] с.</p> <p>2. Межгосударственные стандарты : каталог в 6 т. / [сост. Ковалева И. В., Рубцова Е. Ю. ; ред. Иванов В. Л.]. – Львов : НТЦ "Леонорм-Стандарт", 2005 – . – (Серия "Нормативная база предприятия"). Т. 1. – 2005. – 277с.</p> <p>3. Дарова А. Т. Неисповедимы пути Господни... : (Дочь врага народа) : трилогия / А. Дарова. – Одесса : Астропринт, 2006 – . – (Сочинения : в 8 кн. /А. Дарова ; кн. 4).</p> <p>4. Кучерявенко Н. П. Курс налогового права : Особенная часть : в 6 т. / Н. П. Кучерявенко. – Х. : Право, 2002– . Т. 4 : Косвенные налоги. – 2007. – 534 с.</p> <p>5. Реабілітовані історією. Житомирська область : [у 7 т.]. – Житомир : Полісся, 2006 – . – (Науково-документальна серія книг "Реабілітовані історією" : у 27 т. / голов. редкол. : Тронько П. Т. (голова) [та ін.]). Кн. 1 / [обл. редкол. : Синявська І. М. (голова) та ін.]. – 2006. – 721, [2] с.</p> <p>6. Бондаренко В. Г. Теорія ймовірностей і математична статистика. 4.1 / В. Г. Бондаренко, І. Ю. Канівська, С. М. Парамонова. – К. : НТУУ "КПІ", 2006. – 125с.</p>

Матеріали конференцій, з'їздів	<p>1. Економіка, менеджмент, освіта в системі реформування агропромислового комплексу : матеріали Всеукр. конф. молодих учених-аграрників ["Молодь України і аграрна реформа"], (Харків, 11 – 13 жовт. 2000 р.) / М-во аграр. політики, Харк. держ. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва. – Х. : Харк. держ. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва, 2000. – 167 с.</p> <p>2. Кібернетика в сучасних економічних процесах : зб. текстів виступів на республік, міжвуз. наук. – практ. конф. / Держкомстат України, Ін-т статистики, обліку та аудиту. – К. : ІСОА, 2002. – 147 с.</p> <p>3. Матеріали ІХ з'їзду Асоціації українських банків, 30 червня 2000 р. інформ. бюл. – К. : Асоц. укр. банків, 2000. – 117 с. – (Спецвип. : 10 років АУБ).</p> <p>4. Оцінка й обґрунтування продовження ресурсу елементів конструкцій : праці конф., 6 – 9 черв. 2000 р., Київ. Т. 2 / відп. Ред. В. Т. Трошенко. – К. : НАН України, Ін-т пробл. міцності, 2000. – С. 559– 956, ХІІІ, [2] с. – (Ресурс 2000).</p> <p>5. Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій : зб. наук, праць / наук. ред. В. І. Моссаковський. – Дніпропетровськ : Навч. кн., 1999. – 215 с.</p> <p>6. Ризикологія в економіці та підприємстві : зб. наук, праць за матеріалами міжнар. наук. – практ. конф., 27-28 берез. 2001 р. / М-во освіти і науки України, Держ податк. адмін. України [та ін.]. – К. : КНЕУ : Акад. ДПС України, 2001. – 452с.</p>
Препринти	<p>1. Шиляев Б. А. Расчеты параметров радиационного повреждения материалов нейтронами источника ННЦ ХФТИ/ANL USA с подкритической сборкой, управляемой ускорителем электронов / Шиляев Б. А., Воеводин В. Н. – Х. ННЦ ХФТИ, 2006. – 19 с. – (Препринт / НАН Украины, Нац. науч. центр "Харьк. физ. – техн. ин-т" ; ХФТИ 2006-4).</p> <p>2. Панасюк М. І. Про точність визначення активності твердих радіоактивних відходів гамма-методами / Панасюк М. І., Скорбун А. Д., Сплошной Б, М. – Чорнобиль : Ін-т пробл. безпеки АЕС НАМ України, 2006. – 7, [1] с. – (Препринт / НАН України, Ін-т пробл. безпеки АЕС ; 06-1).</p>
Депоновані наукові праці	<p>1. Социологическое исследование малых групп населения / В.И.Иванов [и др.] ; М-во образования Рос. Федерации, Финансовая академия. – М., 2002. – 1 10 с. – Деп. в ВИНТИ 13.06.02, № 145432.</p> <p>2. Разумовский В. А. Управление маркетинговыми исследованиями в регионе / В. А. Разумовский, Д. А. Андреев. – М., 2002. – 210 с. – Деп. в ИНИОН Рос. акад. наук 15.02.02, № 139876.</p>
Атласи	<p>1. Україна : екол. – геогр. атлас : присвяч. всесвіт, дню науки в ім'я миру та розвитку згідно з рішенням 31 сесії ген. конф. ЮНЕСКО / [наук, редкол. : С. С. Куруленко та ін.] ; Рада по вивч. продукт, сил України НАН України [та ін.]. – / [наук, редкол. : С. С. Куруленко та ін.]. – К. : Варта, 2006. – 217, [1] с.</p> <p>2. Анатомія пам'яті : атлас схем і рисунків провідних шляхів і структур нервової системи, що беруть участь у процесах пам'яті : посіб. для студ. та лікарів / О. Л. Дроздов, Л. А. Дзяк, В. О. Козлов, В. Д. Маковецький. – 2-ге вид., розшир, та доповн. – Дніпропетровськ : Пороги, 2005. – 218 с.</p> <p>3. Куерда Х. Атлас ботаніки / Хосе Куерда ; [пер. з ісп. В. Й. Шовкун]. – Х. : Ранок, 2005. – 96 с.</p>
Законодавчі та нормативні документи	<p>1. Кримінально-процесуальний кодекс України : за станом на 1 груд. 2005 р. / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 2006. – 207 с. – (Бібліотека офіційних видань).</p> <p>2. Медична статистика статистика : зб. нормат. док. / упоряд. та голов, ред. В. М. Заболотько. – К. : МНІАЦ мед. статистики : Медінформ, 2006. – 459 с. – (Нормативні директивні правові документи).</p> <p>3. Експлуатація, порядок і терміни перевірки запобіжних пристроїв посудин, апаратів і трубопроводів теплових електростанцій : СОУ-Н ЕЕ 39.501 : 2007. – Офіц. вид. – К. : ГРІФРЕ : М-во палива та енергетики України, 2007. – VI, 74 с. – (Нормативний документ Мінпаливенерго України. Інструкція).</p>

Стандарти	<p>1. Графічні символи, що їх використовують на устаткуванні. Показчик та огляд (ISO 7000 : 2004, IDT) : ДСТУ ISO 7000 : 2004. – [Чинний від 2006-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – IV, 231 с. – (Національний стандарт України).</p> <p>2. Якість води. Словник термінів : ДСТУ ISO 6107-1 : 2004 – ДСТУ ISO 6107-9 : 2004. – [Чинний від 2005-04-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 181 с. – (Національні стандарти України).</p> <p>3. Вимоги щодо безпечності контрольно-вимірювального та лабораторного електричного устаткування. Частина 2-020. Додаткові вимоги до лабораторних центрифуг (EN 61010-2-020 : 1994, IDT) : ДСТУ EN 61010-2-020 : 2005. – [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – IV, 18 с. – (Національний стандарт України).</p>
Каталоги	<p>1. Межгосударственные стандарты : каталог : в 6 т. / [сост. Ковалева И. В., Павлюкова В. А. ; ред. Иванов В. Л.]. – Львов : НТЦ "Леонорм-стандарт", 2006 – . – (Серия "Нормативная база предприятия"). Т. 5. – 2007. – 264 с. Т. 6. – 2007. – 277с.</p> <p>2. Пам'ятки історії та мистецтва Львівської області : каталог-довідник / [авт. – упоряд. М. Зобків та ін.]. – Львів : Новий час, 2003. – 160 с.</p> <p>3. Університетська книга : осінь, 2003 : [каталог]. – [Суми : Унів. кн., 2003]. – 11 с. 4. Горницькая И. П. Каталог растений для работ по фитодизайну / Горницькая И. П., Ткачук Л. П. – Донецк : Лебедь, 2005. – 228 с.</p>
Частина книги, періодичного, продовжаного видання	<p>1. Козіна Ж. Л. Теоретичні основи і результати практичного застосування системного аналізу в наукових дослідженнях в області спортивних ігор / Ж. Л. Козіна // Теорія та методика фізичного виховання. – 2007. – № 6. – С. 15–18, 35–38.</p> <p>2. Гранчак Т. Інформаційно-аналітичні структури бібліотек в умовах демократичних перетворень / Тетяна Гранчак, Валерій Горовий // Бібліотечний вісник. – 2006. – № 6. – С. 14–17.</p> <p>3. Валькман Ю. Р. Моделирование НЕ-факторов – основа интеллектуализации компьютерных технологий / Ю. Р. Валькман, В. С. Быков, А. Ю. Рыхальский // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2007. – № 1. – С. 39–61.</p> <p>4. Ма Шуїн. Проблеми психологічної підготовки в системі фізкультурної освіти / Ма Шуїн // Теорія та методика фізичного виховання. – 2007. – № 5. – С. 12–14.</p> <p>5. Регіональні особливості смертності населення України / Л. А. Чепелевська, Р. О. Моїсеєнко, Г. І. Баторшина [та ін.] // Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. – 2007. – № 1. – С. 25–29.</p> <p>6. Валова І. Нові принципи угоди Базель II / І. Валова ; пер. з англ. Н. М. Середи // Банки та банківські системи. – 2007. – Т. 2, № 2. – С. 13–20.</p> <p>7. Зеров М. Поетична діяльність Куліша // Українське письменство ХІХ ст. Від Куліша до Винниченка : (нарис з новітнього укр. письменства) : статті / Микола Зеров. – Дрогобич, 2007. – С. 245–291.</p> <p>8. Третьяк В. В. Возможности использования баз знаний для проектирования технологии взрывной штамповки / В. В. Третьяк, С. А. Стадник, Н. В. Калайтан // Современное состояние использования импульсных источников энергии в промышленности : междунар. науч. – техн. конф., 3-5 окт. 2007 г. : тезисы докл. – Х., 2007. – С. 33.</p> <p>9. Чорний Д. Міське самоврядування : тягарі проблем, принади цивілізації / Д. М. Чорний // По лівий бік Дніпра : проблеми модернізації міст України : (кінець ХІХ– початок ХХ ст. / Д. М. Чорний. – Х., 2007. – Розд. 3. – С. 137– 202.</p>

Бібліографічні показники	<p>1. Куц О. С. Бібліографічний покажчик та анотації кандидатських дисертацій, захищених у спеціалізованій вченій раді Львівського державного університету фізичної культури у 2006 році / О. Куц, О. Вацеба. – Львів : Укр. технології, 2007. – 74 с.</p> <p>2. Систематизований покажчик матеріалів з кримінального права, опублікованих у Віснику Конституційного Суду України за 1997 – 2005 роки / [уклад. Кириш Б. О., Потлань О. С.]. – Львів : Львів, держ. ун-т внутр. справ, 2006. – 11 с. – (Серія : Бібліографічні довідники ; вип. 2).</p>
Дисертації	<p>1. Петров П. П. Активність молодих зірок сонячної маси : дис.... доктора фіз., -мат. наук : 01.03.02 / Петров Петро Петрович. – К., 2005. – 276 с.</p>
Автореферати дисертацій	<p>1. Новосад І. Я. Технологічне забезпечення виготовлення секцій робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів : автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 "Технологія машинобудування" / І. Я. Новосад. – Тернопіль, 2007. – 20, [1] с.</p> <p>2. Нгуен Ші Данг. Моделювання і прогнозування макроекономічних показників в системі підтримки прийняття рішень управління державними фінансами : автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.06 "Автоматиз. системи упр. та прогрес, інформ. технології" / Нгуен Ші Данг. – К., 2007. – 20с.</p>
Авторські свідоцтва	<p>1. А. с. 1007970 СССР, МКМ³ В 25 J 15/00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / В. С. Ваулин, В. Г. Кемайкин (СССР). – № 3360585/25-08 ; заявл. 23.11.81 ; опубл. 30.03.83, Бюл. № 12.</p>
Патенти	<p>1. Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Приемопередающее устройство / Чугаева В. И. ; заявитель и патентообладатель Воронеж, науч. – исслед. ин-т связи. – № 2000131736/09 ; заявл. 18.12.00 ; опубл. 20.08.02, Бюл. № 23 (II ч.).</p>
Електронні ресурси	<p>1. Богомольний Б. Р. Медицина екстремальних ситуацій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. мед. вузів III – IV рівнів акредитації / Б. Р. Богомольний, В. В. Кононенко, П. М. Чуев. – 80 Міп / 700 МВ. – Одеса : Одес. мед. ун-т, 2003. – (Бібліотека студента-медика) – 1 електрон, опт. диск (CD-ROM) ; 12 см. – Систем. вимоги : Pentium ; 32 Mb RAM ; Windows 95, 98, 2000, XP ; MS Word 97-2000. – Назва з контейнера.</p> <p>2. Розподіл населення найбільш численних національностей за статтю та віком, шлюбним станом, мовними ознаками та рівнем освіти [Електронний ресурс] : за даними Всеукр. перепису населення 2001 р. / Держ. ком. статистики України ; ред. О. Г. Осауленко. – К. : CD-вид-во "Інфодиск", 2004. – 1 електрон, опт. диск (CD-ROM) : кольор. ; 12 см. – (Всеукр. перепис населення, 2001). – Систем. вимоги : Pentium-266 ; 32 Mb RAM ; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. – Назва з титул, екрану.</p> <p>3. Бібліотека і доступність інформації у сучасному світі: електронні ресурси в науці, культурі та освіті (підсумки 10-ї Міжнар. конф. "Крим-2003") [Електронний ресурс] / Л. Й. Костенко, А. О. Чекмарьов, А. Г. Бровкін, І. А. Павлуша // Бібліотечний вісник – 2003. – № 4. – С. 43. – Режим доступу до журн. : http : //www.nbuv.gov.ua/articles/2003/03klinko.htm.</p>

Наукове видання

***ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА:
ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА***
№ 12'2012

Збірник наукових праць

Відповідальний за випуск Акіньшин В.Д.

Підписано до друку 21.12.2012 р. Обл.-вид. арк. 7.
Тираж 100 прим. Замовлення № 68.

Віддруковано у відділі РВР АПБ ім. Героїв Чорнобиля
18034, м. Черкаси, вул. Онопрієнка, 8.