



Державна служба України з надзвичайних ситуацій

Академія пожежної безпеки
імені Героїв Чорнобиля

№15'2013

***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, 2013. – №15. – 176 с.**

ISSN 2307-9835

Редакційна колегія:

д.т.н., професор *Жартівський В.М.* – головний редактор
к.і.н., доцент, с.н.с. *Андрієнко В.М.* – заступник головного редактора
д.т.н., доцент *Поздєєв С.В.* – науковий редактор
д.т.н., професор *Осипенко В.І.* – заступник наукового редактора
к.т.н., доцент *Тищенко О.М.* – заступник наукового редактора
к.т.н., с.н.с. *Ковальов А.І.* – відповідальний секретар
д.ф.-м.н., професор *Акіншин В.Д.*
д.т.н., професор *Бєліков А.С.*
д.е.н., професор *Бужин О.А.*
д.т.н., професор *Ващенко В.А.*
д.т.н., професор *Голоднов О.І.*
д.психол.н., професор *Грибенюк Г.С.*
д.т.н., професор *Касьянов М.А.*
д.т.н., професор *Круковський П.Г.*
д.військ.н., професор *Мосов С.П.*
д.психол.н., професор *Охременко О.Р.*
д.т.н., професор *Потеха В.Л.*
д.т.н., с.н.с. *Тарасенко О.А.*
к.психол.н., доцент *Бут В.П.*
к.психол.н., професор *Кришталь М.А.*
к.психол.н., доцент *Теслюк П.В.*
к.ф.-м.н., доцент *Виноградов А.Г.*
к.т.н., доцент *Заїка П.І.*
к.т.н. *Качкар Є.В.*
к.т.н., с.н.с. *Кириченко О.В.*
к.т.н., доцент *Маладика І.Г.*
к.т.н., с.н.с. *Некора О.В.*
к.т.н., доцент *Стась С.В.*
к.т.н., доцент *Ступак Д.О.*
к.т.н., доцент *Цвіркун С.В.*

***Рекомендовано до видання
Вченою радою Академії пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
(Протокол № 3 від 06.12.2013 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., Тищенко Е.А., Басараб С.Н., Борисова А.С.</i> Обобщенная математическая модель терморезистивного чувствительного элемента теплового пожарного извещателя при внутреннем тепловом воздействии.....	4
<i>Бабич О.С., Годяев С.Г., Улексін В.О.</i> Підвищення ефективності дезактивації при ліквідації радіаційних надзвичайних ситуацій шляхом застосування балонних аерозольних генераторів	8
<i>Березовский А.И.</i> Определение показателей пожарной опасности огнезащитного вибростойкого покрытия металлических конструкций	13
<i>Биченко А.О.</i> Моделювання часу поширення пожежі з використанням нейронних мереж.....	19
<i>Бобович О.Л., Астахов П.В.</i> Закономерности преодоления сил адгезии частиц, образующихся в результате радиоактивного загрязнения на окрашенных и замасленных поверхностях техники жидкостной струей капельного строения	26
<i>Бобрышева С.Н., Журов М.М.</i> Ликвидация разливов нефти, нефтепродуктов и ее водных эмульсий с применением бентонитовых глин в качестве адсорбента	32
<i>Бобрышева С.Н., Подобед Д.Л., Кашич Л.О.</i> Снижение горючести полимерных материалов	37
<i>Буякевич А.Л.</i> Расчетное давление взрыва пыли в помещениях – вопросы определения массы пыли.....	43
<i>Виноградов А.Г., Малигін Г.О.</i> Екрануючі властивості водяних завіс: методика розрахунків і порівняння з експериментом.....	49
<i>Войтович Д.П.</i> Скорочення часу вільного розвитку пожежі за рахунок оптимізації існуючих меж районів обслуговування міста пожежно-рятувальними підрозділами.....	57
<i>Горбаченко Я.В., Поздєєв С.В., Некора О.В., Тищенко О.М., Гвоздь В.М.</i> Вогнестійкість дерев'яних балок з вогнезахистом.....	63
<i>Єлагін Г.І., Палагін Р.А., Кришталь М.А., Кладько Д.А.</i> Вогнегасячий засіб на основі вогнегасних солей, іммобілізованих внутрішньою поверхнею високопористого мінерального носія	68
<i>Жартовський С.В.</i> Створення підсистеми протипожежного захисту об'єктів із застосуванням водних вогнезахисних та вогнегасних речовин	73
<i>Зуборев А.И., Старосто Р.С.</i> Перспективы применения новых фильтрующих материалов в технологиях предупреждения и ликвидации ЧС	80
<i>Касьянов М.А.</i> Підвищення рівня адаптації газодимозахисників до посиленних фізичних навантажень в умовах тренувального процесу	87
<i>Ковалишин В.В.</i> Дослідження впливу небезпечних факторів пожежі на людину.....	90
<i>Кукуєва В.В., Романюк Р.В.</i> Вогнегасна ефективність галогенпохідних пропану і етану	95
<i>Лук'янченко О.Ю., Лук'янченко Ю.О., Биченко С.М.</i> Критерії формування вимог до автомобілів оперативно-рятувальних служб	100
<i>Магльована Т.В.</i> Використання дезінфікуючих препаратів на основі похідних гуанідину в умовах надзвичайних ситуацій.....	104
<i>Нуязін В.М.</i> Розробка методики дослідження впливу кліматичних факторів на вогнестійкість залізобетонної колони.....	110
<i>Ододієнко С.М., Тарандушка Л.А., Жирякова І.А.</i> Аналіз виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру в Україні	115
<i>Підгорний М.В.</i> Методологічні аспекти формування технічного потенціалу пожежно-рятувальних автомобілів	124
<i>Поздєєв С.В., Словінський В.К., Щіпець С.Д., Омельченко А.М.</i> Визначення температурних полів у перерізі залізобетонної колони при її випробуванні на вогнестійкість	130
<i>Тригуб О.А., Лук'янченко О.Ю., Биченко С.М.</i> Впровадження технологій змінного ступеня стиснення в двигунах автомобілів швидкого реагування.....	138
<i>Цвиркун С.В.</i> Обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре в помещении гостиницы высотой более 26,5 м	142
<i>Шльончак І.А.</i> До питання паливної характеристики усталеного руху пожежно-рятувальних транспортних засобів	147
Анотації/abstracts	151
Автори (алфавітний покажчик).....	164
Вимоги до оформлення статей	165

УДК 614.8

Ю.А. Абрамов, д.т.н., проф., НУГЗУ, Е.А. Тищенко, к.т.н., доц., С.Н. Басараб, А.С. Борисова,
Академия пожарной безопасности имени Героев Чернобыля

ОБОБЩЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕРМОРЕЗИСТИВНОГО ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ТЕПЛОвого ПОЖАРНОГО ИЗВЕЩАТЕЛЯ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ТЕПЛОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Получено математическое описание процессов в терморезистивных чувствительных элементах пожарных извещателей различной формы, обусловленных действием внутреннего источника тепла.

Ключевые слова: пожарный извещатель, чувствительный элемент, внутренний источник тепла.

Постановка проблемы. Эффективность работы систем обнаружения опасных факторов пожара в значительной степени определяется техническими характеристиками датчиков первичной информации, в частности, тепловых пожарных извещателей. Одним из направлений в совершенствовании технических характеристик тепловых пожарных извещателей является использование новых принципов их функционирования. В этой связи возникает необходимость в изучении свойств тепловых пожарных извещателей, в которых реализуется такие принципы. В частности, представляет интерес в изучении реакции терморезистивного чувствительного элемента теплового пожарного извещателя на внутренней тепловое воздействие, которое формируется в соответствии с законом Джоуля-Ленца.

Анализ последних исследований и публикаций. Математическое описание процессов, имеющих место в терморезистивных чувствительных элементах тепловых пожарных извещателей, которые обусловлены внешним тепловым воздействием, в общем виде получено в [1]. В [2] получены математические модели терморезистивного чувствительного элемента теплового пожарного извещателя, имеющего форму цилиндра, и на который воздействует внутренний тепловой источник.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является получение математического описания в обобщенном виде процессов, протекающих в терморезистивных чувствительных элементах тепловых пожарных извещателей, выполненных в виде параллелепипеда, цилиндра и шара, которые формируются в соответствии с законом Джоуля-Ленца.

Тепловые процессы в терморезистивном чувствительном элементе описываются уравнением

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{2\nu + 1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} \right) + f(r, t) \quad (1)$$

с начальными и граничными условиями

$$\theta(r, 0) = 0; \frac{\partial \theta(0, t)}{\partial r} = 0; \frac{\partial \theta(R, t)}{\partial r} = -h\theta(R, t), \quad (2)$$

где $\theta = T - T_0$; T, T_0 – температура чувствительного элемента и температура окружающей среды; a – коэффициент температуропроводности чувствительного элемента; R – характерный размер чувствительного элемента; h – относительный коэффициент теплообмена; ν – параметр формы чувствительного элемента ($\nu = -0,5$ для параллелепипеда; $\nu = 0$ для цилиндра; $\nu = 0,5$ для шара); $f(r, t)$ – функция, которая описывает внутренний источник тепла, обусловленный протеканием электрического тока $i(t)$

$$f(r, t) = Ki^2(t) = \frac{\rho_{y\partial}}{c\rho S^2} i^2(t), \quad (3)$$

$\rho_{y\partial}$ – удельное электрическое сопротивление материала чувствительного элемента; c, ρ – удельная теплоемкость и теплопроводность материала чувствительного элемента соответственно; S – площадь поперечного сечения чувствительного элемента.

Применим к дифференциальному уравнению (1) обобщенное интегральное преобразования вида [3]

$$\bar{\theta}\left(\frac{\mu_n}{R}, t\right) = \int_0^R r^{\nu+1} J_\nu\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) \theta(r, t) dr, \quad (4)$$

где $J_\nu\left(\mu_n \frac{r}{R}\right)$ – функция Бесселя первого рода ν -го порядка; μ_n – n -й корень трансцендентного уравнения

$$\frac{J_\nu(\mu)}{J_{\nu+1}(\mu)} = \frac{\mu}{hR}. \quad (5)$$

Применение (4) к (1) с учетом условия (2) приводит к следующему уравнению

$$\frac{d\bar{\theta}\left(\frac{\mu_n}{R}, t\right)}{dt} + a\left(\frac{\mu_n}{R}\right)^2 \bar{\theta}\left(\frac{\mu_n}{R}, t\right) = \bar{f}\left(\frac{\mu_n}{R}, t\right), \quad (6)$$

где

$$\bar{f}\left(\frac{\mu_n}{R}, t\right) = \int_0^R r^{\nu+1} J_\nu\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) f(r, t) dr. \quad (7)$$

Интегрирование (6) с учетом (3) приводит к выражению

$$\bar{f}\left(\frac{\mu_n}{R}, t\right) = Ki^2(t) \frac{R^{\nu+2} J_{\nu+1}(\mu_n)}{\mu_n}.$$

Дифференциальное уравнение (6) с правой частью в виде (7) имеет решение

$$\bar{\theta}\left(\frac{\mu_n}{R}, t\right) = Ki^2(t) \frac{R^{\nu+4}}{a\mu_n^3} J_{\nu+1}(\mu_n) \left[1 - \exp\left(-\frac{a\mu_n^2}{R^2} t\right)\right], \quad (8)$$

которое с учетом соотношения (5) трансформируется к виду

$$\bar{\theta}\left(\frac{\mu_n}{R}, t\right) = Ki^2(t) \frac{hR^{\nu+5}}{a\mu_n^4} J_{\nu}(\mu_n) \left[1 - \exp\left(-\frac{a\mu_n^2}{R^2} t\right)\right]. \quad (9)$$

Применяя к (9) формулу обращения [3]

$$\begin{aligned} \theta(r, t) &= \frac{2}{R^2} \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n^2 J_{\nu}\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) \times \\ &\times \bar{\theta}\left(\frac{\mu_n}{R}, t\right) \left[r^{\nu} J_{\nu}^2(\mu_n) \left[(hR)^2 - 2hR\nu + \mu_n^2 \right] \right]^{-1}, \end{aligned} \quad (10)$$

получим решение дифференциального уравнения (1)

$$\begin{aligned} \theta(r, t) &= \frac{2Ki^2(t)hR^{\nu+3}}{ar^{\nu}} \times \\ &\times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_{\nu}\left(\mu_n \frac{r}{R}\right)}{\mu_n^2 J_{\nu}(\mu_n) \left[(hR)^2 - 2hR\nu + \mu_n^2 \right]} \left[1 - \exp\left(-\frac{a\mu_n^2}{R^2} t\right)\right]. \end{aligned} \quad (11)$$

Выражение (11) представляет собой реакцию терморезистивного чувствительного элемента теплового пожарного извещателя на внутреннее тепловое воздействие, обусловленное в соответствии с законом Джоуля-Ленца протеканием через него электрического тока $i(t)$. Параметр ν в этом выражении определяется геометрией чувствительного элемента.

Конкретизируем вид (11) для трех форм чувствительного элемента теплового пожарного извещателя.

1. Чувствительный элемент выполнен в виде параллелепипеда. В этом случае $\nu = -0,5$.

Если учесть, что имеет место [3]

$$J_{-0,5}(\mu_n) = \left(\frac{2}{\pi\mu_n}\right)^{0,5} \cos \mu_n; \quad I_{-0,5}\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) = \left(\frac{2}{\pi\mu_n}\right)^{0,5} \left(\frac{R}{r}\right)^{0,5} \cos\left(\mu_n \frac{r}{R}\right), \quad (12)$$

то выражение (11) трансформируется к виду

$$\theta(r,t) = \frac{2Ki^2(t)hR^3}{a} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos \mu_n \frac{r}{R} \left[1 - \exp\left(-\frac{a\mu_n^2}{R^2}t\right) \right]}{\mu_n^2 [(hR)^2 + hR + \mu_n^2] \cos \mu_n}. \quad (13)$$

2. Чувствительный элемент выполнен в виде цилиндра. В этом случае $\nu=0$. С учетом соотношения (5) выражение (11) принимает вид

$$\theta(r,t) = \frac{2Ki^2(t)hR^3}{a} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{a\mu_n^2}{R^2}t\right) \right]}{\mu_n^2 J_0(\mu_n) [(hR)^2 + \mu_n^2]}. \quad (14)$$

3. Чувствительный элемент выполнен в виде шара. В этом случае $\nu = 0,5$. Если учесть, что имеет место [3]

$$J_{0,5}(\mu_n) = \left(\frac{2}{\pi\mu_n}\right)^{0,5} \sin \mu_n; \quad J_{0,5}\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) = \left(\frac{2}{\pi\mu_n}\right)^{0,5} \left(\frac{R}{r}\right)^{0,5} \sin\left(\mu_n \frac{r}{R}\right), \quad (15)$$

то выражение (11) трансформируется следующим образом

$$\theta(r,t) = \frac{2Ki^2(t)hR^4}{ar} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin\left(\mu_n \frac{r}{R}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{a\mu_n^2}{R^2}t\right) \right]}{\mu_n^2 [(hR)^2 - hR + \mu_n^2] \sin \mu_n}. \quad (16)$$

Выводы. Выражения (13), (14) и (16) описывают распределение температуры внутри терморезистивных чувствительных элементов, имеющих форму параллелепипеда, цилиндра и шара, при условии, что это распределение температуры обусловлено тепловым действием электрического тока $i(t)$. Следует отметить, что использование обобщенного интегрального преобразования (4) принципиально открывает возможность при описании температурных полей внутри терморезистивных чувствительных элементов тепловых пожарных извещателей ограничиться достаточно малым числом членов рядов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Ю.А. Обобщенные модели чувствительных элементов датчиков первичной информации // Ю.А. Абрамов, В.П. Садковой // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2006. – Вип. 35. – С. 290-294.
2. Коврегин В.В. Математическое обеспечение испытаний тепловых пожарных извещателей // В.В. Коврегин, Ю.А. Абрамов // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: УГЗУ, 2007. – Вып. 21. – С. 94-99.
3. Карташов Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел /Э.М. Карташов. – М.: Высшая школа, 2001. – 550с.

УДК 355.474

О.С. Бабич, к.т.н., доц., С.Г. Годяєв, к.т.н., доц., В.О. Улексін, к.т.н., доц.,
Дніпропетровський державний аграрний університет

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕЗАКТИВАЦІЇ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ РАДІАЦІЙНИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ БАЛОННИХ АЕРОЗОЛЬНИХ ГЕНЕРАТОРІВ

Однією з головних проблем в дезактивації є механізація проведення робіт із зменшенням контрольованої та неконтрольованої зараженої води та негативного впливу на довкілля. Задовольнити такі вимоги можливо застосуванням балонних аерозольних генераторів (БАГ), що використовують енергію газів, які утворюються при згоранні твердих газифікуючих сполук.

Ключові слова: радіаційна надзвичайна ситуація, дезактивація, балонний аерозольний генератор.

Постановка проблеми. Джерелами забруднення радіоактивними речовинами (РР) можуть бути уранова та радіохімічна промисловість, місця переробки і поховань радіоактивних відходів, використання радіонуклідів у народному господарстві, ядерні реактори різних типів та їх аварії.

Тривалість і мінлива інтенсивність викидання радіоактивних речовин зі зруйнованого реактора, незначна висота переміщення радіоактивної хмари, метеорологічні умови, рельєф місцевості, висота і густина забудови населених пунктів зумовлюють нерівномірність (плямистість) радіоактивного забруднення місцевості.

Радіоактивні речовини також потрапляють у навколишнє середовище під час транспортування забрудненої техніки до «могильників» та зберігання її на їх території.

Одним із ефективних заходів радіаційного захисту є дезактивація. Цей прийом призначений для видалення РР з сфери життєдіяльності людини і тим самим зниження рівня радіаційної дії на людину. Найбільш відповідним терміном проведення дезактивації є період пізньої фази аварії. Це визначається часом, необхідним для планування і організації дезактиваційних робіт, і термінами настання відносної стабілізації радіаційної обстановки, коли припиняється надходження РР з джерела викиду і закінчується формування сліду радіоактивного забруднення.

Проблемою при ліквідації наслідків радіаційної аварії являється механізація проведення дезактивації складних технічних систем, розміщених в будівлях і спорудах, а також радіаційно забруднених об'єктів, розміщених в екосистемах і доступ до яких традиційній техніці дезактивації обмежений, з метою запобігання розповсюдження радіоактивних речовин за межі зараженої території та зменшення радіоактивних відходів, що виникають в ході робіт з дезактивації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існуючі способи дезактивації можна класифікувати за різними ознаками, які, з одного боку, визначаються умовами радіоактивного забруднення, а з іншої - умовами проведення самої дезактивації. У вибір способу дезактивації можуть бути покладені два основні принципи, що визначають агрегатний стан середовища, що дезактивує, і особливості проведення власне дезактивації.

Іноді способи дезактивації розмежовують на фізико-механічні, хімічні і фізико-хімічні. Фізико-механічні способи здійснюються за допомогою механічних або фізичних процесів наприклад: механічна дія щітки, аеродинамічна дія потоку рідини або газу і так далі. У хімічних способах відбувається хімічна взаємодія радіонуклідів з компонентами розчинів, що дезактивують. Фізико-хімічні способи дезактивації поєднують особливості двох передуючих. Існуючі технічні засоби (рис.1) є такими, що використовують енергію нафтопродуктів і найбільш придатні для дезактивації зовнішніх поверхонь будівель та споруджень. Застосування військових приладів ДКВ потребує значних зусиль оператора.

Традиційні методи ліквідації наслідків радіаційного забруднення приміщень та технічних засобів включають такі операції:

- зволоження полотенця (ганчірки, дрантя) розчином для дезактивації та обробка нею забрудненої поверхні;
- витримка впродовж заданого часу, при цьому внаслідок хімічних реакцій розчинні солі радіоактивних речовин переходять в нерозчинні сполуки відповідних радіоактивних речовин;
- чистка поверхні сухими полотенцями (ганчірками, дрантям).

Такі технологічні операції в залежності від обставин проводять 2...3 рази.

Недоліки традиційної технології:

- неконтрольоване зволоження тканини полотенця призводить до перевитрати дезактивуючих розчинів;
- попадання дезактивуючих розчинів на підлогу і в щілини призводить до всмоктування поверхнею радіоактивних речовин і до вторинного радіаційного забруднення;
- велика кількість відходів вологої тканини, яка забруднена радіаційними речовинами, причому їх радіаційне випромінювання збільшується майже в 10 разів;
- обробка полотенцями займає тривалий час.

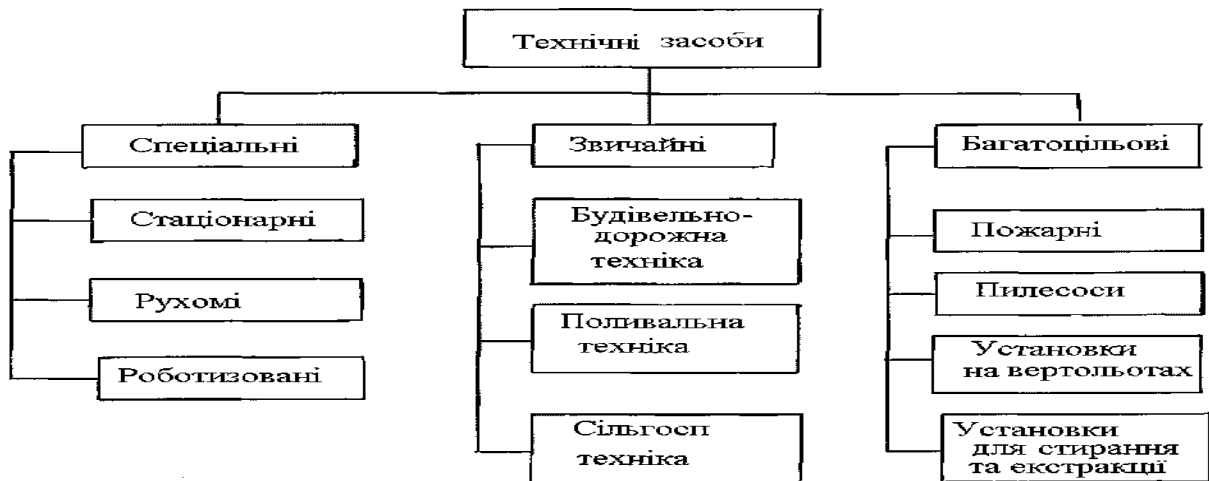


Рисунок 1 – Існуючі технічні засоби дезактивації.

Спроби механізувати процеси дезактивації об'єктів, техніки та приміщень приводять до застосування потужної техніки: протипожежних машин, спеціальної техніки - АРС, потужних компресорних установок. При цьому збільшується продуктивність дезактивації, але з'являються додаткові труднощі:

- необхідність утилізувати велику кількість радіоактивно забрудненої рідини, яка всмоктується ґрунтом або готувати спеціальні дорогі майдани і посудини великої ємності;
- тиск в АРС не досягає необхідної величини, щоб генерувати аерозоль оптимального діаметру;
- застосування потужних компресорних установок, з метою збільшення робочого тиску, приводить до всмоктування радіоактивного пилу із повітря компресором, при цьому установка за певний час перетворюється на потужне джерело радіоактивного випромінювання;

Слід враховувати можливість перерозподілу радіоактивного забруднення в ході дезактивації. При дезактивації мокрими методами стікаючі розчини можуть привести до концентрації радіоактивної речовини, що зажадає повторної дезактивації, якщо вона була проведена раніше.

Постановка завдання та його вирішення. Зменшення контрольованої та неконтрольованої кількості забрудненої рідини можливо при застосуванні у вигляді

аерозолі дезактивує речовини. Для цього були розроблені спеціальні автономні балонні аерозольні генератори (БАГ) на основі нової енерготехнології [1] (рис 2). Такі пристрої складаються із:

- твердопаливного генератора тиску;
- герметичної ємності, яка заповнена робочою рідиною;
- механізму задіяння (механічного або електричного);
- охолоджуючого пристрою (механічного або хімічного);
- транспортуючого трубопроводу;
- керуючого клапана з рідинною шнековідцентровою форсункою.



Рисунок 2 – Балонні аерозольні генератори

Генератори аерозолі такого типу працюють за наступною схемою.

Ініціація твердого палива приводить до його згоряння, при цьому виділяється певна кількість високотемпературного газу, який охолоджується при протіканні через охолоджувач і робочу рідину в наслідок чого тиск у балоні підвищується до заданої величини. Керуючий клапан дозволяє рухатися активній рецептурі через транспортуючий трубопровід. На виході робоча рідина розпилюється шнековідцентровою форсункою.

Нанесення дезактивує рідини крапельним шляхом на заражену поверхню проводиться оператором. При цьому корегується технологія обробки приміщень, обладнання, техніки та полягає в наступному: зволоження забрудненої поверхні робочою рецептурою у вигляді аерозолі; чистка поверхонь сухою тканиною.

Переваги аерозольної технології:

- дозволяє економно використовувати робочі розчини;
- відсутні потоки рідини на поверхнях, які обробляються;
- обробка займає значно коротший відрізок часу.
- відсутні рідкі радіаційні відходи, а полотенця після дезактивації пакують в целофанові мішки і направляються на утилізацію.

В якості робочого розчину в балонних аерозольних генераторах застосовувалися і плівкоутворюючі речовини.

Переваги даного способу дезактивації:

- висока ефективність дезактиваційних робіт;

- фіксація і локалізація радіоактивних забруднень;
- відсутність рідких радіаційних відходів (РРВ);
- невеликий об'єм твердих радіоактивних відходів (ТРВ) і простота їх утилізації.

Так, кількість ТРВ приблизно в 1000-2000 разів менша, ніж при рідинній дезактивації. ТРВ, що утворюються, легко зберігати і транспортувати, а поводження з ними не вимагає будівництва спеціалізованих комунікацій і цехів. Таким чином, в порівнянні з технологією рідинної дезактивації суха полімерна дезактивація є маловідхідною.

Раціонально застосовувати плівкоутворюючі покриття на основі складів, що мають високу атмосферостійкість, достатню морозостійкість, високі локалізуючі властивості по відношенню до радіоактивних забруднень.

На забруднену поверхню наносять полімерний склад аерозольним методом. Нанесений склад через деякий час висихає і твердне, перетворюючись на еластичну плівку, яка фіксує і локалізує забруднення, перешкоджаючи їх розповсюдженню в атмосфері та на поверхнях. Міцність та механічна стійкість плівки дозволяє транспортувати технічні та інші радіаційно забруднені транспортні засоби, устаткування, предмети тощо до місць утилізації не забруднюючи проїзди та оточуюче середовище радіоактивним пилом, що знаходиться на їх поверхнях [2].

Цей спосіб застосовують також для попереднього захисту чистих поверхонь устаткування і приміщень перед проведенням робіт, при яких можливе їх радіоактивне забруднення.

В залежності від місця проведення дезактивації, в приміщенні чи на повітрі, а також від швидкості руху повітря необхідно знати діаметр краплі направлено аерозолі, який, в свою чергу, при фіксованому об'ємі БАГа залежить від маси твердого газифікуючого палива.

На рис. 3 зображена номограма визначення краплі аерозолі та тиску в балоні на початку процесу витіснення рідини та в кінці.

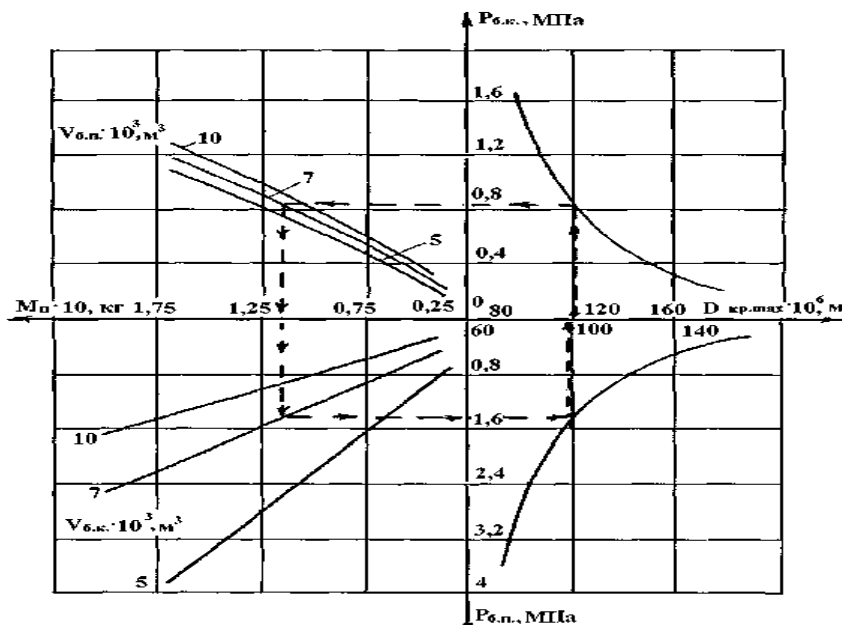


Рисунок 3 – Номограма визначення краплі аерозолі та тиску в балоні на початку процесу витіснення рідини та в кінці, де:

- D_{кр.мах} – діаметр краплі аерозолі в кінці процесу витіснення рідини;
 - Р_{б.к.} – тиск в балоні в кінці процесу витіснення рідини;
 - V_{б.п.} – об'єм балона на початку процесу витіснення;
 - М_п – маса палива;
 - V_{б.к.} – об'єм балона в кінці процесу витіснення;
 - Р_{б.п.} – тиск в балоні на початку процесу витіснення рідини;
- Ключ користування номограмою показано на рисунку.

На рис. 4 представлено момент фіксації радіоактивного пилу плівкоутворюючою речовиною з метою подальшого транспортування зараженого обладнання до місця утилізації.

Висновки. Застосування автономних балонних аерозольних генераторів для проведення рідинної дезактивації дозволяє коригувати технологію обробки в бік зменшення кількості контрольованої та неконтрольованої зараженої води, часу проведення робіт.

Проведення дезактивації з використанням БАГів і з'ємними та нез'ємними плівкоутворюючими речовинами дозволяє виконувати роботи в місцях, недосяжних для традиційних потужних та великогабаритних машин, механізовує роботу особового складу та зменшує негативний вплив на довкілля.



Рисунок 4 – Фіксація радіоактивного пилу плівкоутворюючою речовиною за допомогою БАГа під час ліквідації аварії на ЧАЕС.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мальшев В.П. Угрозы в высокотехнологичном обществе и пути их преодоления. Рос. хим. ж. 2005, т XLIX, № 4.
2. Бабич О.С., Лукашенко Н.И. Ліквідація наслідків радіаційного забруднення приміщень. «Безопасность жизнедеятельности в XXI веке», Материалы пятого международного симпозиума, Украина, январь 2005.

УДК 614.841.33

А.И. Березовский, Академия пожарной безопасности имени Героев Чернобыля

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОГНЕЗАЩИТНОГО ВИБРОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Определены показатели пожарной опасности огнезащитного вибростойкого покрытия. Установлено, что по результатам исследований огнезащитное вибростойкое покрытие по горючести относится к группе трудногорючих веществ, по величине коэффициента дымообразования относится к группе с высоким дымообразованием, по токсичности продуктов горения относится к классу умеренно опасных веществ. Данное покрытие может применяться для защиты металлических элементов и конструкций от воздействия на них высокой температуры в условиях вибрации.

Ключевые слова: горючесть, токсичность, дымообразующая способность, температура воспламенения и самовоспламенения, вязкоупругие свойства, вибропоглощение, эпоксидный полимер.

Постановка проблемы. На сегодняшний день в строительстве одним из основных материалов является металл. Для строительных материалов решающее значение имеют высокие физико-механические и эксплуатационные свойства. Несущая способность металлических конструкций и изделий существенно понижается при воздействии на них высоких температур. Исходя из этого, время огнезащиты до наступления этих критических состояний в данных условиях необходимо увеличивать. Нанесение на защищаемую поверхность огнезащитных веществ является одним из способов повышения времени защитного действия металлических конструкций, так как данные покрытия замедляют динамику прогрева металла.

В результате анализа работ ученых и характеристик, существующих на сегодня огнезащитных средств, нами сделаны выводы, что все они применяются для огнезащиты металлических конструкций и изделий, которые находятся преимущественно в статическом состоянии. При приложении нагрузок к конструкциям, заставляющих их частично изменять свою форму (изгиб, деформация, вибрация) структура защитного покрытия может полностью или частично меняться, трескаться и покрытие осыпается с поверхности. Этим конструкции становятся незащищенными от воздействия высоких температур.

Зданий, где используются такие конструкции, и, где могут быть данные условия, достаточно большое количество. К ним относятся машинные залы электростанций, здания и сооружения железной дороги, здания насосных станций, трансформаторные подстанции, здания газовой и химической промышленности. На заводах и фабриках повышенный уровень вибраций строительных конструкций могут создавать дробилки, центрифуги, вентиляторы, дымососы, компрессоры. То есть, существует целый спектр конструкций и элементов, которые поддаются вышеуказанному влиянию. Поэтому, направление разработки огнезащитных покрытий для противопожарной защиты металлических элементов и конструкций в условиях вибрации является актуальным.

Для снижения воздействия вибрации на металлические конструкции в различных отраслях техники и народного хозяйства широкое применение находят полимеры и полимерные композиционные материалы. Однако, существенным недостатком данных материалов является отношение этих материалов к горючим.

В результате литературно-патентных исследований установлено, что одним из наиболее перспективных путей решения данной проблемы, является использование модифицированных эпоксиполимеров. Наполненные эпоксидные полимеры благодаря высоким показателям прочности, химической стойкости, адгезии к многим материалам, широко применяются для огнезащиты строительных материалов и конструкций. Вместе с

тем, они имеют повышенную пожарную опасность, обусловленную горючестью, дымовыделением при горении и воздействии пламени, токсичностью продуктов горения и пиролиза.

Основными показателями пожарной опасности материалов является температура воспламенения и самовоспламенение, дымообразование, токсичность продуктов горения, предельные параметры, характеризующие условия, при которых возможен самоподдерживающийся процесс горения, например, состав атмосферы (кислородный индекс).

Поэтому снижение пожарной опасности эпоксиполимерных материалов является задачей по определению комплекса характеристик создаваемого покрытия. При этом, в комплекс характеристик должен входить параметр поглощения нагрузок от вибрации разрабатываемых покрытий.

Основная часть. Учитывая вышеизложенное, нами было разработано огнезащитное покрытие на основе эпоксиполимера с повышенными вибропоглощающими свойствами. Учитывая практическую направленность работы, использовались компоненты, производимые промышленностью Украины.

В качестве связующего использовали олигомер-олигомерную систему: олигоэфиртрициклокарбонат марки Лапролат-803, эпоксидиановую смолу марки ЭД-20. В качестве наполнителей, обеспечивающих снижение горючести, получения прочного защитного коксового слоя и снижения вибрации, использовали полифосфат аммония ПФА и интеркалированный серной кислотой графит марки ИГАК-1. Для отверждения композиций использовали расчетное количество диэтилентриамины марки ДЭТА. Сокращенное название огнезащитного вибростойкого покрытия на основе эпоксиуретановых олигомеров – ОВП.

Вибропоглощающие свойства разработанного нами вещества определялись максимальными значениями тангенса угла механических потерь $tg\delta$ или модуля механических потерь G'' , что является мерой рассеивания энергии [1]. Максимальные значения $tg\delta$ наблюдаются в области главного релаксационного перехода, т.е. в области перехода из стеклообразного в высокоэластичное состояние, где частота координированного движения сегментов цепей полимера (10-50 атомов углерода) имеет ту же величину, что и частота механического воздействия. Температура перехода из стеклообразного состояния в высокоэластичное, которая называется температурой стеклования T_g , зависит от времени: чем быстрее выполняется испытание, тем она выше, потому что труднее становится полимерному телу реагировать на воздействие. Обычно в динамическом эксперименте рост частоты в 10 раз сопровождается ростом T_g на 3 – 7 °С [2].

Научно-техническую задачу создания эффективных ОВП на основе полимеров решали путем использования реакционно-способных олигомеров и антипиренов. Такой подход экономически обоснован и поэтому является актуальным. Вязкоупругие характеристики полимеров обусловлены их химической природой, строением полимерной цепи и межмолекулярным взаимодействием между ними. Поэтому, высокую демпфирующую способность имеют полимеры, сочетающие гибкость полимерной цепи и высокие значения межмолекулярного взаимодействия.

С точки зрения технологии получения и применения ОВП, наиболее целесообразное использование систем на основе смесей олигоэфирциклокарбонатных и эпоксидиановых олигомеров. Эти композиции сочетают в себе высокие значения адгезионной прочности и тангенса угла механических потерь. В качестве основного метода исследования вязкоупругих свойств выбран метод динамической механической спектроскопии, который реализовывался на крутящем маятнике – динамическом релаксометре [3].

Из экспериментальных данных рассчитывались динамический модуль сдвига G' , тангенс угла механических потерь $tg\delta$ и модуль потерь G'' . С точки зрения минимизации влияния внешних механических воздействий на изменение структуры полимера в процессе эксперимента диапазон, в котором наиболее целесообразно проводить изучение вязкоупругих свойств полимеров, лежит в области ультранизких частот $10^{-3} - 10^1$ Гц. В связи

с этим, частота затухающих крутильных колебаний маятника в наших экспериментах составляла 0,7 – 1 Гц в температурном интервале от -100 °С до +100 °С. Погрешность измерения для динамического модуля сдвига не превышала 5%, а для тангенса угла механических потерь - 10%. Модуль высокоэластичности $E_{вс}$ исследованных полимеров определяли при одноосном сжатии при температуре, превышающей температуру стеклования на 50 °С. Образцы полимеров твердели в течение 7 суток при 25 ° (холодное отверждение – режим I) и при термообработке – 24 ч (25 °С), и 4 ч при 100 °С (режим II).

Исходя из результатов проведенных исследований можно отметить, что эпоксиуретановые полимерные вещества и наполненные ПФА композиты на их основе вблизи температуры стеклования характеризуются высокими значениями $\text{tg}\delta = 0,7 - 0,98$. При этом, более высокие значения модуля потерь G'' среди наполненных веществ имеют эпоксиуретановые композиты, модифицированные Т-111 и ЭД-20. Однако, при повышении температуры композиты переходят в высокоэластичное состояние, где модуль сдвига и, соответственно, модуль потерь уменьшаются. Поэтому уровень вибропоглощающей способности в высокоэластическом состоянии, которая находится от -20 до +80 °С и выше можно оценить по величине механических потерь. Наибольшие значения $\text{tg}\delta = 0,45 - 0,47$ в высокоэластическом состоянии наблюдаются для наполненных антипиреном ЭУ материалов на основе смеси ЭД-20: Л-803 и, с практической точки зрения, этот материал может быть использован в качестве основы для огнезащитных вибростойких материалов, работоспособных при температуре от -20 °С до +80 °С.

Пожарная опасность ОВП характеризуется горючестью, димовыделением при горении и воздействии пламени, токсичностью продуктов горения и пиролиза, а также температурой воспламенения и самовоспламенения.

Горение полимерных систем может возникнуть в результате экзотермической реакции окисления, протекающей в конденсированной фазе, гетерогенной реакции на поверхности или экзотермической реакции газообразных продуктов разложения полимеров с газообразным окислителем. Зарождение и возникновение горения обычных полимерных материалов в тривиальных условиях эксплуатации осуществляется чаще всего в результате газофазного воспламенения горючих продуктов термической и термоокислительной деструкции полимерной матрицы.

Однако, до настоящего времени теория газофазного воспламенения и горения полимеров не разработана. Эта проблема очень сложная из-за того, что до сих пор не ясна химия высокотемпературных процессов разложения, особенно полимеров, которые карбонизируются.

Как видно из [4], не вполне ясны и процессы, протекающие при горении и дымообразовании эпоксиполимеров. Поэтому, в данной статье рассмотрим экспериментальные результаты определения таких характеристик газофазного возгорания, как температуры самовоспламенения ($T_{св}$), температуры воспламенения ($T_{в}$) и коэффициент дымообразования (D_m) эпоксиуретановых полимеров в зависимости от состава композиции. Также рассмотрим результаты определения кислородного индекса (КИ) и токсичности продуктов горения (H_{CL50}).

Для установления температурных условий безопасного применения ОВП, при исчислении максимально допустимой температуры нагрева защищенных поверхностей строительных изделий, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.1.010-76* [5, 6] определяли температуру самовоспламенения. Для определения горючести, токсичности продуктов горения, температуры воспламенения, самовоспламенения и дымообразующей способности ОВП использовали экспериментальные методы по ГОСТ 12.1.044-89.

В качестве исследуемых материалов были выбраны эпоксидная ненаполненная композиция (ЭП), эпоксидная композиция с пониженным дымообразованием ЕКПД [7] и исследуемые эпоксиуретановые композиции для огневиброзащиты металлических изделий и конструкций ОВП. Для сравнительной оценки дымообразующей способности, температуры

воспламенения и самовоспламенения предложенные эпоксиуретановые композиции, наполненные ПФА и модифицированные кремнийорганическим и эпоксидиановым олигомером. При определении горючести покрытия использован метод определения КИ.

Результаты оценки горючести по КИ представлены на рисунке 1.

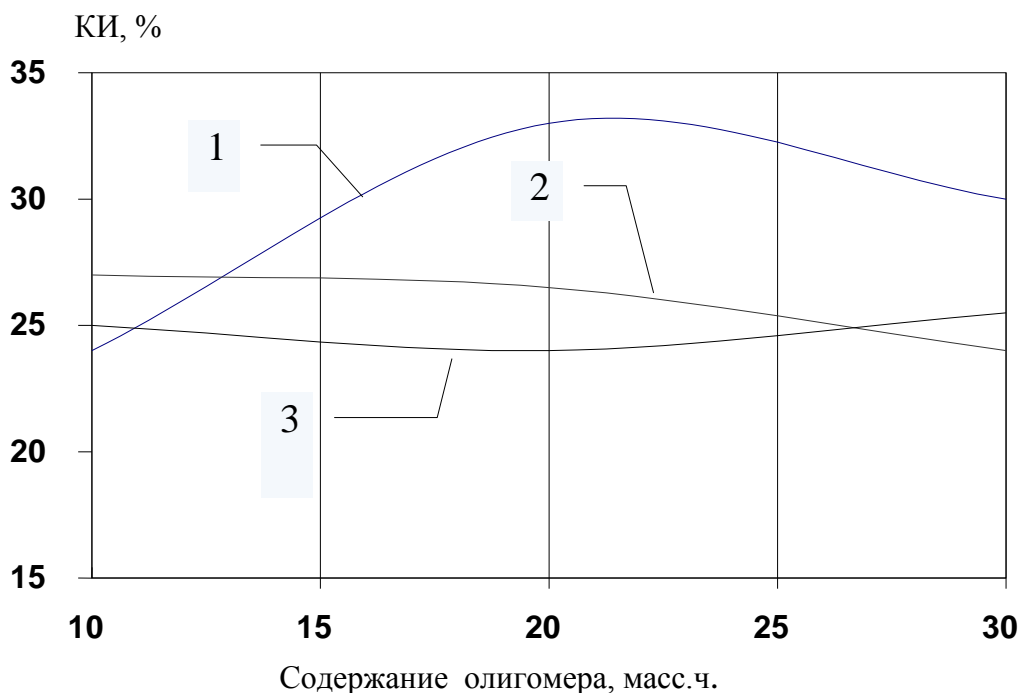


Рисунок 1 – Изменение кислородного индекса от содержания модифицирующих олигомеров: Л-803: ЭД-20 (1) Л-803: Т-111 (2) Л-803: УП-655 (3) в присутствии ПФА 25 масс.ч.

Из рис.1 видно, что при модификации олигомерной матрицы эпоксидиановым олигомером ЭД-20 22 масс.ч. величина КИ достигает 33%, что характерно для группы трудногорючих веществ. Введение олигомера Т-111 позволяет получать «самозатухающие» полимерные материалы (КИ более 26-27). Но введение его в количестве 25 масс.ч. приводит к снижению КИ. Применение алифатического хлорсодержащего эпоксидного олигомера марки УП-655 позволяет получать композиции с КИ 24-25%.

По величине КИ от типа модификатора олигомерной матрицы исследуемые композиции можно расположить в следующей последовательности в порядке убывания их эффективности:

$$\text{ЭД-20} > \text{Т-111} > \text{УП-655}.$$

Таким образом, в ходе исследований удалось добиться перехода исследуемых композиционных материалов в группу трудногорючих веществ (КИ=33%) для композиции на основе олигоэфирциклокарбонатного олигомера, модифицированного эпоксидиановым олигомером марки ЭД-20, с использованием антипирена полифосфата аммония в количестве 25 масс.ч.

Целью токсикологических исследований являлось определение показателя токсичности H_{CL50} , который характеризуется как отношение количества материала к единице объема замкнутого пространства, продукты горения которого вызывают гибель 50% подопытных животных. Экспозиция составила $30 \pm 0,5$ мин.

Кроме того, очень важным является показатель $HbCO$, показывающий содержание карбоксигемоглобина в крови погибших подопытных животных сразу после экспозиции в камере сгорания. По этому показателю определяют преимущественные биохимические

механизмы токсического действия продуктов горения. Согласно п.п. 4.20.4.4. ГОСТ 12.1.044-89 считается, что токсический эффект продуктов горения обуславливается в основном действием монооксида углерода, когда в крови животных значение HbCO составляют 50% и более. В табл. 1 приведены результаты токсикологических исследований исследуемых эпоксидных и эпоксиуретановых полимеров.

Таблица 1 – Показатели токсичности продуктов горения исследуемых эпоксидных и эпоксиуретановых полимеров

Эпоксиполимеры	Показатель токсичности продуктов горения			
	450°C		750°C	
	HCL_{50} , г/м ³	HbCO , %	HCL_{50} , г/м ³	HbCO , %
ЭП	65,5±6,3	58,4±2,6	86,1±9,9	61,6±3,1
ЭП:КГ	52,6±5,8	60,4±3,1	78,1±7,9	64,8±3,3
ЭП:МАФ	82,5±8,4	65,6±3,2	108,6±10,9	66,8±3,4
ОВП	55,6±7,6	59,2±2,9	88,5±10,3	62,8±3,1

Из табл. 1 видно, что наименьшее значение HCL_{50} для всех исследуемых полимерных образцов наблюдается в режиме тления при 450 °С и составляет 52,6-82,5 г/м³.

Согласно классификации по п. 2.16.2 [8] все исследованные материалы относятся к классу умеренно опасных.

В рамках этой классификации наименьший показатель токсичности имеет образец на основе эпоксидианового олигомера, наполненного моноамоний фосфатом, несмотря на то, что в продуктах горения указанного полимера обнаружено значительно большее количество цианистого водорода по сравнению с эпоксиуретановым полимером ОВП.

Результаты определения коэффициента дымообразования и температуры воспламенения и самовоспламенения приведены в таблице 2.

Таблица 2 –Результаты испытаний образцов огнезащитного вибростойкого покрытия

Показатель (ГОСТ)	Эпоксиполимеры				
	ЭП	ОВП	ЭКПД	Л-803:ПФА	
				ЭД-20	Т-111:
Коэффициент дымообразования, Dm , м ² /кг, (ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.18): при тлении при горении	1307,5	986	1040	1087	1142
	552,6	485	480	493	505
Температура воспламенения, °С (ГОСТ 12.01.044–89, п. 4.7)	290	245	305	245	275
Температура самовоспламенения, °С (ГОСТ 12.01.044–89, п. 4.9)	465	465	545	455	475

Необходимо отметить, что дымообразование и горючесть обычно находятся в обратной зависимости, если эти процессы не связаны с каталитическим влиянием активных дымогасителей или антипирена на указанные характеристики полимеров. Это, в большей степени, касается металлосодержащих добавок, относящихся к переходным металлам.

В результате проведенных исследований все представленные композиции, кроме горючего аналога ЭП относятся к группе с умеренной дымообразующей способностью. Состав ОВП и соотношение его олигомер-олигомерной системы позволяет не только

уменьшить дымообразование при тлении на $54 \text{ м}^2/\text{кг}$ по сравнению с эпоксидной композицией с пониженным дымообразованием ЭКПД, но и отказаться от применения оксидов тяжелых металлов, которые применяются для уменьшения коэффициента дымообразования.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что при введении в эпоксиуретановую композицию ИГАК-1 коэффициент дымообразования при тлении снижается на $100 - 160 \text{ кг}/\text{м}^2$, по сравнению с эпоксиуретановой композицией, наполненной ПФА и модифицированной кремнийорганическим олигомером.

Состав ОВП и соотношение его олигомер-олигомерной системы не оказывает существенного влияния на температуру воспламенения и самовоспламенения, а повышение температуры воспламенения на 30°C и самовозгорания на $10-20^\circ\text{C}$ при введении олигомера Т-111 объясняется наличием в его составе органосилоксановых групп, более устойчивых к термоокислительной деструкции.

Таким образом, проведенные исследования показали, что ОВП по горючести относится к группе трудногорючих веществ, по величине коэффициента дымообразования относится к группе с высоким дымообразованием, по токсичности продуктов горения относится к классу умеренно опасных веществ. Данное покрытие может применяться для защиты металлических элементов и конструкций от воздействия на них высокой температуры в условиях вибрации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смотров С.А. Анализ вибропоглощающих свойств полимерных материалов с целью возможного их применения в конструкциях демпферов и динамически подобных моделей // Пласт.массы.-2002.-№ 3.-С.39-45.
2. Березовский А.И. Исследование динамических механических и вибропоглощающих свойств эпоксиуретановых составов для огневиброзащиты металлических изделий / А.И. Березовский, И.Г. Маладыка, В.В. Зайвый, А.В. Скрипинец и др. // Пожежна безпека: теорія і практика. – 2012. –№ 10. – С. 18-27.
3. Шут Н.И., Использование метода релаксационной спектроскопии в курсе общей физики / Н.И. Шут, А.В. Касперский – К. : КГПИ, 1990. - 40 с.
4. Артеменко С.Е. Влияние фосфоросодержащих антипиренов на процессы коксообразования при горении полимерных композиционных материалов / С.Е. Артеменко, Л.Г. Панова, В.И. Бешапошникова // Высокомолекулярные соединения.- 1991.- №6.- т. А 33.- С.156.
5. ГОСТ 12.1.004-91 (1999) ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
6. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
7. Патент 84988 Украина, МПК С08L63/00. Эпоксидная композиция с пониженным дымообразованием / Григоренко О.Н., Яковлева Р.А., Попов Ю.В., Новак С.В., Довбыш А.В., Саенко Н.В.; заявитель и патентообладатель: Харк. гос. техн. у-т строительства и архитектуры. - №200705094, заявл. 10.12.2008, опубл. 10.12.2008, Бюл. №23.
8. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов

УДК 004.89:614.841.4

А.О. Биченко, к.т.н., Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

МОДЕЛЮВАННЯ ЧАСУ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

У статті розглянуті окремі аспекти ідентифікації часу поширення пожежі на основі використання нейронної мережі TSK.

Ключові слова: моделювання, нейро-нечіткі мережі, експертні висновки, невизначеність.

Постановка проблеми. Значну роль при оптимізації процесів пожежогасіння особливо небезпечних об'єктів відіграють технології об'єктивізації процесів прийняття рішень. Інформаційна невизначеність та критичні умови вимагають раціональності використання методів теорії нечітких систем і нейро-нечітких систем для ідентифікації часу розвитку пожежі і досягнення нею особливо небезпечних об'єктів.

Сучасні світові тенденції орієнтовані на зростання випуску продукції в хімічній, металургійній та енергетичній галузях. Розширення виробництва, будівництво нових підприємств та прагнення мати більш високу норму прибутку призводить до того, що питання безпеки відсуваються на другий план. Адже на кожному з таких виробництв є особливо небезпечні об'єкти, руйнування яких може призводити до екологічних і техногенних катастроф. Особливу небезпеку становлять пожежі, які досить часто виникають на таких підприємствах. Зауважимо, що вони, в більшості випадків, є режимними об'єктами з обмеженим доступом до інформації про будову підприємства, його архітектурною і структурними особливостям, розміщенню особливо небезпечних об'єктів. У разі виникнення пожежі, пожежно-рятувальні підрозділи, що прибули до місця пожежі опиняються в умовах майже повної невизначеності. Начальник розрахунку змушений приймати рішення в критичних умовах, що визначаються можливими наслідками пожежі. Отже, особливі умови пожежогасіння та інформаційна невизначеність призводять до невірної визначення шляхів поширення вогню, неправильного використання сил і засобів пожежогасіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковій літературі не знайшли свого відображення задачі моделювання процесу розвитку пожежі в замкнутих приміщеннях, в якому знаходяться особливо небезпечні об'єкти, в результаті чого визначення маршруту поширення вогню, часу досягнення особливо небезпечного об'єкта при прийнятті рішень залишається невідомим. Зазначимо, що особливістю розвитку таких пожеж є значна кількість приміщень, що мають будову і покриття з різних матеріалів з різним ступенем зношеності і, як наслідок, різними показниками горючості та вогнестійкості. Крім того, необхідно враховувати наявність та вплив технологічних прорізів, вентиляційних люків, кабельних каналів на швидкість поширення пожежі. Раніше [1] ми вже відзначали, що певне релевантне моделювання проводилося тільки для процесів лінійного поширення пожежі, зокрема при горінні лісових масивів.

Оскільки процес поширення пожежі в таких умовах є досить складним явищем, отримати адекватну аналітичну модель при сучасному рівні розвитку математичних методів та інтелектуалізації процесів прийняття рішень не є можливим. Ми пропонуємо здійснити об'єктивізацію процесів прийняття рішень з використанням аналізу суб'єктивних суджень на основі нечіткої логіки і нейро-нечітких мереж. Відомо, що отримані результати піддаються аналізу та інтерпретації на відміну від звичайних нейронних мереж. Крім того, вони складають вихідний інформаційний матеріал для проведення сценарного аналізу [2] можливих варіантів розвитку пожежі. Розглянемо елементи технології вирішення задач визначення можливого часу досягнення вогнем особливо небезпечного об'єкта, розрахунок

найбільш ймовірного маршруту руху вогню, що дозволить провести об'єктивізацію суб'єктивних процесів прийняття рішень.

Постановка задачі та її розв'язання. Формально постановка задачі визначення найбільш можливого шляху та часу поширення пожежі є такою. Припустимо, що підприємство, що має небезпечне виробництво, знаходиться в деякій системі координат XU . Нехай (x_0, y_0) – точка виникнення пожежі, (x, y) – координати особливо небезпечного об'єкта. Тоді виникає декілька задач, зокрема необхідно визначити:

- мінімально можливий час та відповідний шлях досягнення пожежею точки (x, y) ;
- найбільш можливий шлях і відповідний час досягнення пожежею точки (x, y) ;
- середній можливий час і відповідні шляхи досягнення пожежею точки (x, y) .

Вихідними даними є висновки m експертів, у відповідності з побажаннями яких виконана дискретизація координатної сітки. Припустимо, що шлях вогню може пройти по одному з p маршрутів $\{S_1, S_2, \dots, S_p\}$. Кожен з маршрутів може складатися з різної кількості ділянок. Так,

$$S_1 = \{s_1^1, s_1^2, \dots, s_1^{k_1}\}, S_2 = \{s_2^1, s_2^2, \dots, s_2^{k_2}\}, \dots, S_p = \{s_p^1, s_p^2, \dots, s_p^{k_p}\}, \quad (1)$$

де, s_i^j - j -та ділянка i -го маршруту, k_i - кількість ділянок i -го маршруту, $i = \overline{1, p}$.

Вочевидь, що час поширення пожежі від точки (x_0, y_0) до точки (x, y) є сумою часу проходження вогнем вказаних ділянок. Зауважимо, що ділянки у більшості випадків є відрізками прямої, але поняття ділянки маршруту включає в себе також технологічні отвори, двері, вікна та подібні елементи будівель і споруд.

Враховуючи нормативну інформацію, довідникові матеріали, досвід та інтуїцію, експерт вказує час поширення вогню по визначеній ділянці у вигляді функції належності. В більшості випадків, якщо експерт найбільш впевнений в деякому одному значенні аргументу, то він визначає час через трикутну функцію належності (ФН), що має два параметри [3]; якщо інформаційна ентропія є мінімальною, ФН може мати дзвоноподібну форму [4]. Якщо у експертів немає впевненості в точковому значенні часу поширення вогню та відсутні дані про подібні пожежі, то для розв'язання нашої задачі раціонально використовувати трапецевидні ФН, оскільки такі ФН дозволяють використовувати інтервальне представлення. Трапецевидна ФН [4] визначається п'ятьма параметрами $(\underline{m}, \bar{m}, \alpha, \beta, h)$, де \underline{m} – нижнє модальне значення, \bar{m} – верхнє модальне значення, α – лівий коефіцієнт скошеності, β – правий коефіцієнт скошеності, h – висота.

Оскільки в еволюційному моделюванні застосовуються нейронні мережі, то для їх навчання за допомогою градієнтних методів необхідно використовувати гладкі ФН. Такими функціями є дзвоноподібні або гаусовські ФН з двома параметрами. Для представлення експертних суджень використовуємо продукційні правила [5, 6]. Розглянемо два способи їх запису. У першому випадку експерт робить висновок по найбільш можливому, з його точки зору, шляху поширення вогню. Інший спосіб більш ємний і базується на судженнях експертів про можливі шляхи розвитку пожежі. Зауважимо, що в першому варіанті шляхи поширення вогню, зазначені всіма експертами, повинні збігатися, в іншому випадку завдання зводиться до іншого варіанту і експерту пропонується оцінювати варіанти, запропоновані іншими експертами. Таким чином, для найбільш можливого шляху поширення пожежі маємо логічну схему:

$$\begin{aligned}
 & \text{If } t_1 \in A_1^1 \ \& \ t_2 \in A_2^1 \ \& \dots \ \& \ t_n \in A_n^1 \ \text{then } T \in B_1 \ \text{with weighth } w_1 \ \text{OR} \\
 & \text{If } t_1 \in A_1^2 \ \& \ t_2 \in A_2^2 \ \& \dots \ \& \ t_n \in A_n^2 \ \text{then } T \in B_2 \ \text{with weighth } w_2 \ \text{OR} \\
 & \dots \\
 & \text{If } t_1 \in A_1^m \ \& \ t_2 \in A_2^m \ \& \dots \ \& \ t_n \in A_n^m \ \text{then } T \in B_m \ \text{with weighth } w_m,
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

де t_i – вхідні величини, що вказують на час проходження вогнем i -ої ділянки шляху, $i = \overline{1, n}$; n – кількість ділянок шляху; A_i^j – функція належності, визначена j -м експертом для часу t_i , $j = \overline{1, m}$; m – кількість експертів; T – час проходження вогнем від точки виникнення пожежі (x_0, y_0) до точки (x, y) ; B_i – функція належності, визначена j -м експертом для часу T ; w_i – вагові коефіцієнти, що визначають компетентність експертів.

Іншу форму представлення має система продукційних правил для варіанту оцінки всіма експертами всіх запропонованих варіантів:

$$\begin{aligned}
 & \text{If } t_1^1 \in A_1^{11} \ \& \ t_2^1 \in A_2^{11} \ \& \dots \ \& \ t_{k_1}^1 \in A_{k_1}^{11} \ \text{then } T_1 \in B_1^1 \ \text{OR} \\
 & \text{if } t_1^2 \in A_1^{21} \ \& \ t_2^2 \in A_2^{21} \ \& \dots \ \& \ t_{k_2}^2 \in A_{k_2}^{21} \ \text{then } T_2 \in B_1^2 \ \text{VOR} \\
 & \dots \\
 & \text{if } t_1^p \in A_1^{p1} \ \& \ t_2^p \in A_2^{p1} \ \& \dots \ \& \ t_{k_p}^p \in A_{k_p}^{p1} \ \text{then } T_p \in B_1^p \ \text{with weighth } w_1 \\
 & \text{or} \\
 & \text{If } t_1^1 \in A_1^{12} \ \& \ t_2^1 \in A_2^{12} \ \& \dots \ \& \ t_{k_1}^1 \in A_{k_1}^{12} \ \text{then } T_1 \in B_2^1 \ \text{OR} \\
 & \text{if } t_1^2 \in A_1^{22} \ \& \ t_2^2 \in A_2^{22} \ \& \dots \ \& \ t_{k_2}^2 \in A_{k_2}^{22} \ \text{then } T_2 \in B_2^2 \ \text{OR} \\
 & \dots \\
 & \text{if } t_1^p \in A_1^{p2} \ \& \ t_2^p \in A_2^{p2} \ \& \dots \ \& \ t_{k_p}^p \in A_{k_p}^{p2} \ \text{then } T_p \in B_2^p \ \text{with weighth } w_2 \\
 & \text{or} \\
 & \dots \\
 & \text{or} \\
 & \text{If } t_1^1 \in A_1^{1m} \ \& \ t_2^1 \in A_2^{1m} \ \& \dots \ \& \ t_{k_1}^1 \in A_{k_1}^{1m} \ \text{then } T_1 \in B_m^1 \ \text{OR} \\
 & \text{if } t_1^2 \in A_1^{2m} \ \& \ t_2^2 \in A_2^{2m} \ \& \dots \ \& \ t_{k_2}^2 \in A_{k_2}^{2m} \ \text{then } T_2 \in B_m^2 \ \text{OR} \\
 & \dots \\
 & \text{if } t_1^p \in A_1^{pm} \ \& \ t_2^p \in A_2^{pm} \ \& \dots \ \& \ t_{k_p}^p \in A_{k_p}^{pm} \ \text{then } T_p \in B_m^p \ \text{with weighth } w_m.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

У виразі (3) t_i^j – час проходження вогнем i -ої ділянки в j -варіанті розвитку пожежі, $i = \overline{1, k_p}$; k_q – кількість ділянок поширення полум'я в q -варіанті розвитку пожежі, $q = \overline{1, p}$; A_i^{jk} – функція належності, визначена k -м експертом для часу t_i^j , $k = \overline{1, m}$; T_q – час проходження вогнем від точки (x_0, y_0) до точки (x, y) при q -му варіанті розвитку пожежі; B_k^q – функція належності, визначена k -м експертом для q -го варіанту розвитку пожежі.

Компетентність експертів, виражена у вагових коефіцієнтах їх суджень, для ОПР на момент проведення експертизи та моделювання може бути невідома. Можливо, виникне необхідність перевірки компетентності та підтвердження або спростування оцінки ОПР. Припустимо, що апріорна інформація про рівень компетентності експертів відсутня. Тоді раціонально скористатися процедурою її визначення, розробленої в [7]. Така процедура

базується на аксіомі незміщеності [8], сутність якої полягає в тому, що судження більшості компетентно. Наслідком з неї є твердження про те, що найбільш компетентним є той експерт, судження якого максимально збігаються з судженнями інших експертів, тобто:

$$\gamma_{\max} = \max_k \gamma_k = \max_k \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_i \mu(\Omega_{ij}, \Omega_{ik})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{p>j}^m w_i \mu(\Omega_{ij}, \Omega_{ip})}, \quad (4)$$

де γ_k – компетентності експертів, $k = \overline{1, m}$; w_i – вагові коефіцієнти, що вказують на важливість питання, $i = \overline{1, n}$; $\mu(\Omega_{ij}, \Omega_{ik})$ – міра близькості відповідей j -го та k -го експертів на i -е питання.

Для визначення міри близькості суджень експертів запропоновано алгоритм [7], що базується на їх анкетуванні, класифікації запитань анкети в залежності від типу відповідей, відповідних моделях і їх композиції. Отримані значення компетентності експертів використовуються в якості вихідних даних моделювання. Висновки експертів у формі (2) - (3) мають неточний характер, виражений значеннями відповідних параметрів функцій належності. Їх налаштування і оптимізація є необхідною умовою отримання математичних моделей і подальшого використання в практичних завданнях. Розглянемо методи отримання параметрів (2).

В якості моделі оберемо нейромережу TSK (Takagi, Sugeno, Kang'a) [9]. Реалізована в ній система правил аналогічна (2) та має вигляд:

$$\Pi_k : \text{если } (x_1 \in A_1^k \ \& \ x_2 \in A_2^k \ \& \ \dots \ \& \ x_n \in A_n^k), \text{ то } y = p_{ko} + \sum_{j=1}^n p_{kj} x_j, \quad (5)$$

де $k = \overline{1, m}$. Нейронна мережа, що реалізує відповідний вивід, зображена на рис.1.

В першому шарі нейронів виконується фазифікація вхідних значень, тобто для кожного значення кожної змінної і кожного значення терм-множин знаходять значення ФН $\mu_{A_j^k}(x_j)$, $k = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$. Кількість нейронів другого шару відповідає кількості входів мережі. В них виконується агрегація ФН окремих змінних і для кожного правила розраховується $w^k = \min_{i=1, n} \{ \mu_{A_i^k}(x_i) \}$, $k = \overline{1, m}$.

В нейронах третього шару розраховуються, власне, значення функцій TSK, які множаться на виходи нейронів попереднього шару, тобто $g_i = w^i \cdot (p_{io} + \sum_{j=1}^n p_{ij} x_j)$.

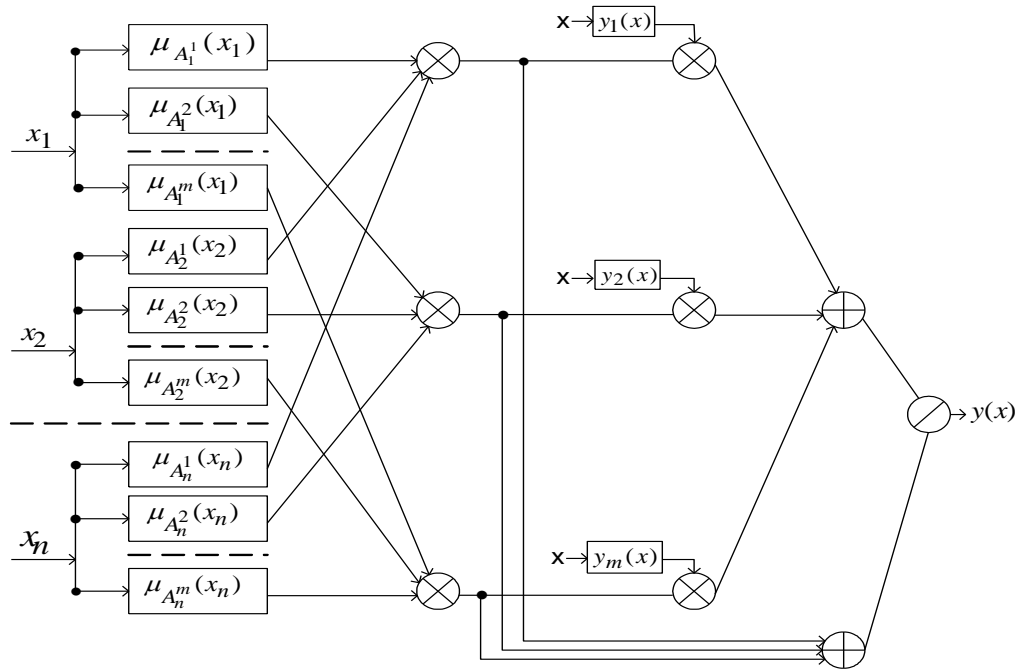


Рисунок 1 – Структура нечіткої нейронної мережі TSK.

Вочевидь, що кількість нейронів співпадає з кількістю нейронів попереднього шару.

Четвертий шар утворюють два нейрони. В першому з них розраховується $f_2 = \sum_{i=1}^n w^i$ сума $f_1 = \sum_{i=1}^n g_i$, в другому – результуючий єдиний нейрон п'ятого шару виконує ділення $Y = \frac{f_1}{f_2}$.

Загальний вираз функціонування мережі TSK є таким:

$$y(x) = \frac{1}{\sum_{k=1}^m \prod_{j=1}^n \mu_{A_j^k}(x_j)} \cdot \sum_{k=1}^m (p_{k0} + \sum_{j=1}^n p_{kj} x_j) \cdot \prod_{j=1}^n \mu_{A_j^k}(x) \quad (6)$$

Припустимо, що нечіткою нейронною мережею реалізується невідоме відображення:

$$T = F(X). \quad (7)$$

Існує навчальна вибірка $\{(x^1, t^1), \dots, (x^n, t^n)\}$. Цільова функція для k -го образу буде такою:

$$E_k = \frac{1}{2} (Z^k(\gamma) - Z^k)^2, \quad k = \overline{1, n}, \quad (8)$$

де $Z^k(\gamma)$ - розраховані значення виходу нейромережі, Z^k - значення, задані в таблиці.

Навчання мережі здійснюється по градієнтному методу. Фазифікація входів нейромережі здійснюється ФН.

$$\mu_{A_j^i}(x_j) = \frac{1}{1 + e^{b_j^i(x_j - a_j^i)}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m},$$

де m - кількість правил.

Тоді вектор параметрів нейромережі, що підлягають оптимізації буде таким:

$$\gamma = (a_1^1, b_1^1, a_1^2, b_1^2, \dots, a_1^n, b_1^n, a_2^1, b_2^1, \dots, a_2^n, b_2^n, \dots, a_m^n, b_m^n, p_{10}, p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1n}, \dots, p_{m0}, p_{m1}, p_{m2}, \dots, p_{mn}).$$

Наведемо основні вирази для навчання моделі TSK:

$$a_i^j(t+1) = a_i^j(t) - \eta \frac{\partial E_k}{\partial a_i^j(t)}, \quad k = \overline{1, p}, \quad p - \text{кількість навчальних образів};$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial a_i^j} = \frac{\partial E_k}{\partial \mathcal{Z}^k(\gamma)} \cdot \frac{\partial \mathcal{Z}^k(\gamma)}{\partial \mu_{A_i^j}(x_i)} \cdot \frac{\partial \mu_{A_i^j}(x_i)}{\partial a_i^j} = (\mathcal{Z}^k(\gamma) - Z^k) \cdot \left[\frac{1}{\sum_{j=1}^m \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_i)} \times \right. \\ \left. \times (p_{j0} + \sum_{i=1}^m p_{ji} x_i) \prod_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \mu_{A_i^j}(x_i) - \frac{\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_i)}{(\sum_{j=1}^m \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_i))^2} \cdot \sum_{j=1}^m (p_{j0} + \sum_{i=1}^m p_{ji} x_i) \cdot \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_i) \right] \frac{b_i^j \cdot e^{b_i^j(x_i - a_i^j)}}{(1 + e^{b_i^j(x_i - a_i^j)})^2};$$

$$b_i^j(t+1) = b_i^j(t) - \eta \frac{\partial E_k}{\partial b_i^j(t)}, \quad k = \overline{1, p}.$$

В цьому випадку вираз для обчислення похідної відрізняється від попереднього тільки останнім множником:

$$\frac{\partial \mu_{A_i^j}(x_i)}{\partial b_i^j} = \frac{(a_i^j - x_i) \cdot e^{b_i^j(x_i - a_i^j)}}{(1 + e^{b_i^j(x_i - a_i^j)})^2}.$$

Для сукупності параметрів $p_{ij}, j = \overline{1, m}, i = \overline{0, n}$ корекція здійснюється таким чином:

$$p_{ij}(t+1) = p_{ij}(t) - \eta \frac{\partial E_k}{\partial p_{ij}},$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial p_{ji}} = \frac{\partial E_k}{\partial \mathcal{Z}^k(\gamma)} \cdot \frac{\partial \mathcal{Z}^k(\gamma)}{\partial p_{ji}} = (\mathcal{Z}^k(\gamma) - Z^k) \cdot \frac{x_i \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_i)}{\sum_{j=1}^m \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_i)},$$

$$\frac{\partial E_k}{\partial p_{j0}} = (\mathcal{Z}^k(\gamma) - Z^k) \cdot \frac{\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_i)}{\sum_{j=1}^m \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^j}(x_i)}.$$

Вочевидь, що кількість параметрів в залежності (6) є дуже великою для адекватного і швидкого навчання нейромережі. Існують методи прискорення процесу навчання, що базуються на поділі сукупності параметрів на дві групи. Параметри першої групи обчислюються в результаті розв'язання системи рівнянь або вважаються постійними величинами, параметри другої групи отримують в процесі навчання нечіткої мережі.

Відомо, що еволюційне моделювання використовується переважно для оптимізації дискретнозначних функцій. Еволюційні методи мають відмінності, але спільною є наявність

цільової функції або фітнес-функції. В нашій задачі такою функцією є сума функцій (8). Потенційні рішення являють собою елементи вектора γ . Існують два підходи до представлення потенційних рішень. У першому випадку такі рішення представляють як генотипи, тобто відповідні бінарні хромосоми, оскільки відомо, що таке представлення має максимальну інформаційну насиченість. Другий підхід базується на фенотипічному поданні, при якому рішення мають десятичний вигляд. Для нього характерне отримання нових рішень з використанням нормально розподілених зміщень і без рекомбінації.

Висновки та перспективи. У нейромережових моделей і еволюційних методів є як переваги, так і недоліки. На користь еволюційного моделювання свідчить відсутність вимог до цільових функцій і передбачена всередині алгоритмів операція мутації, яка дозволяє мінімізувати ризик отримання локальних оптимумів. Перевагою нейромережових технологій є монотонне прагнення цільової функції до задовільного значення, що визначається алгоритмами. Ефективність використання тієї чи іншої технології залежить від кількості ділянок проходження пожежі, кількості експертів і процедури використання навчальної та контрольної послідовностей.

На попередньому кроці отримані оцінки параметрів, використання та облік яких спрямоване на об'єктивізацію суб'єктивних суджень. Разом з тим, проблема прийняття оптимального або допустимого рішення залишається. Рішення задачі ідентифікації часу пожежі у разі врахування продукційних правил (2) і подальшого прийняття рішень не являє складності, оскільки шлях поширення ідентифікований, а час є деяким середньозваженим експертним показником.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Снитюк В.Е., Быченко А.А. Аспекты нечеткости при моделировании процессов распространения пожара на особо опасных объектах // АСУ и приборы автоматики. – 2006. – Вып. 134. – С.89-93.
2. Згуровский М.З. Сценарный анализ как системная методология предвидения // Системные исследования и информационные технологии. – 2002. – № 1. – С. 7-38.
3. Згуровский М.З. Интегрированные системы оптимального управления и проектирования. – К.: Выща школа, 1990. – 351 с.
4. Круглов В.В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
5. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: Принципы разработки и программирования. – М.: "И.Д. Вильямс", 2007. – 1152 с.
6. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: Современный подход. – М.: "Вильямс", 2005. – 1424 с.
7. Снитюк В.Е., Рифат Мохаммед Али. Модели и методы определения компетентности экспертов на базе аксиомы несмещенности // Черкаси: Вісник ЧІТІ. – 2000. – № 4. – С. 121-126.
8. Матвеевский С.Ф. Основы системного проектирования комплексов летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
9. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and ist application to modeling and control // IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics. – 1985. – Vol. 15. – Pp. 116-132.

УДК 621.039.75

О.Л.Бобович, П.В.Астахов, к.ф-м.н, доц.,
ГУО «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРЕОДОЛЕНИЯ СИЛ АДГЕЗИИ ЧАСТИЦ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ОКРАШЕННЫХ И ЗАМАСЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ТЕХНИКИ ЖИДКОСТНОЙ СТРУЕЙ КАПЕЛЬНОГО СТРОЕНИЯ

В статье приводятся обоснования выбора оборудования и результаты экспериментальных исследований по дезактивации инженерной техники установкой импульсного пожаротушения («Витязь» УИП-1), выполненных на загрязненных территориях Гомельской области (д. Углы Наровлянского района)

Ключевые слова: коэффициент дезактивации, радиационное загрязнение, установка импульсного пожаротушения.

Постановка проблемы. В Республике Беларусь, Украине и России остаются значительные площади радиоактивно загрязненных в результате Чернобыльской катастрофы территорий (лесов, полей, торфяников, населенных пунктов), на которых возникают пожары и появляется необходимость проведения других неотложных аварийно-спасательных работ (например, по сносу зданий и сооружений, обработке полей, передвижения техники и т.д.). Потенциальную угрозу возможного радиоактивного загрязнения представляют АЭС (Игналинская, Смоленская), расположенные в непосредственной близости от границ Беларуси. Кроме того, в недалеком будущем в нашей стране будет построена своя АЭС.

Исходя из этого, органы и подразделения по ЧС должны быть готовы к проведению работ по дезактивации аварийно-спасательной техники (АСТ) и иметь в арсенале наиболее эффективные методы и средства их проведения.

Анализ последних достижений и публикаций. Анализ литературных данных позволяет сделать вывод о том, что из всех известных способов дезактивации для обработки специальной аварийно-спасательной техники наиболее эффективны жидкостные методы. В частности, в 30-километровой зоне Чернобыльской АЭС широко использовалась, и в настоящее время используется дезактивация водой под давлением, низко-, средне- и высоконапорными струями с добавлением поверхностно-активных веществ.

В месте с тем, применяемые способы имеют ряд существенных недостатков: большой объем дезактивирующих растворов (65-100 л/мин), значительное время обработки (20-40 мин. на единицу техники), сравнительно невысокие коэффициенты дезактивации (2-4), большой объем сточных вод [1], очистка которых также является серьезной и нерешенной при ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы проблемой. При работе на загрязненной радионуклидами территории, используемая техника, в виду мелкодисперсного повышенного пылеобразования, подвергается специфичному вторичному загрязнению, что создает дополнительные трудности при проведении дезактивации [2].

Многие из этих недостатков позволяет устранить использование для дезактивации инженерной техники импульсных установок пожаротушения, которые позволяют достичь достаточно высоких коэффициентов дезактивации как для сухих, так и для промасленных поверхностей.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является повышение эффективности методов и средств локализации и ликвидации радиоактивного загрязнения.

Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач:

- произвести обоснованный выбор оборудования для проведения эффективной дезактивации инженерной и аварийно-спасательной техники;

- проанализировать и дать оценку коэффициентам дезактивации на основе результатов экспериментальных исследований по дезактивации инженерной и аварийно-спасательной техники установкой импульсного пожаротушения («Витязь» УИП-1).

Изложение основного материала исследования по полным обоснованием полученных научных результатов.

Для определения среднего давления струи капельного строения можно воспользоваться рядом эмпирических и полуэмпирических формул [1, с.123].

С учетом различных элементарных актов воздействие водной струи на частицы радиоактивных загрязнений двумя различными методами рассчитана сила f_1 , которая реализует первую стадию процесса дезактивации – отрыв прилипших радиоактивных частиц.

Для преодоления сил адгезии по этим методам рассчитаем необходимую скорость капель, диаметр которых характерен при истечении жидкости из УИП-1:

$$v_k = \left(\frac{f_1}{3.23 \cdot 10^3 \rho r_n^3 k_1} \right)^{\frac{5}{6}}, \quad (1)$$

где V_k – скорость капли в момент удара; r_n – радиус капли после удара; ρ – плотность воды.

Формула (1) полуэмпирическая; коэффициент k_1 введен для соблюдения размерности. Параметры, входящие в эту формулу, измеряются ρ – в кг/м³, V_k – в м/с, r_n – в м, коэффициент k_1 имеет измерение в с^{-1/5}×м^{-4/5}.

По экспериментальным данным тангенциальная скорость растекания капли в 2–3 раза превышает скорость капли в момент удара и направленной нормально к загрязненной поверхности. С учетом этого и превращения сферической капли в полусферу V_k можно рассчитать:

$$v_k = \sqrt{\frac{f_1}{3.1 \cdot C_x \rho S}}, \quad (2)$$

где S – так называемое миделево (максимальное) сечение частиц; коэффициент сопротивления C_x зависит от скорости капель, если эта скорость изменяется в пределах от 10 до 100 м/с, что соответствует условиям дезактивации с использованием различных технических средств, в том числе УИП-1, то коэффициент C_x изменяется в пределах 0,63–0,28.

В [1, с.124] приведены с учетом разброса экспериментальные сведения по силам адгезии для шарообразных частиц диаметром 10 мкм, которые образуются в результате радиоактивного загрязнения по отношению к окрашенным (10^{-5} Н) и замасленным (5×10^{-4} Н) поверхностям.

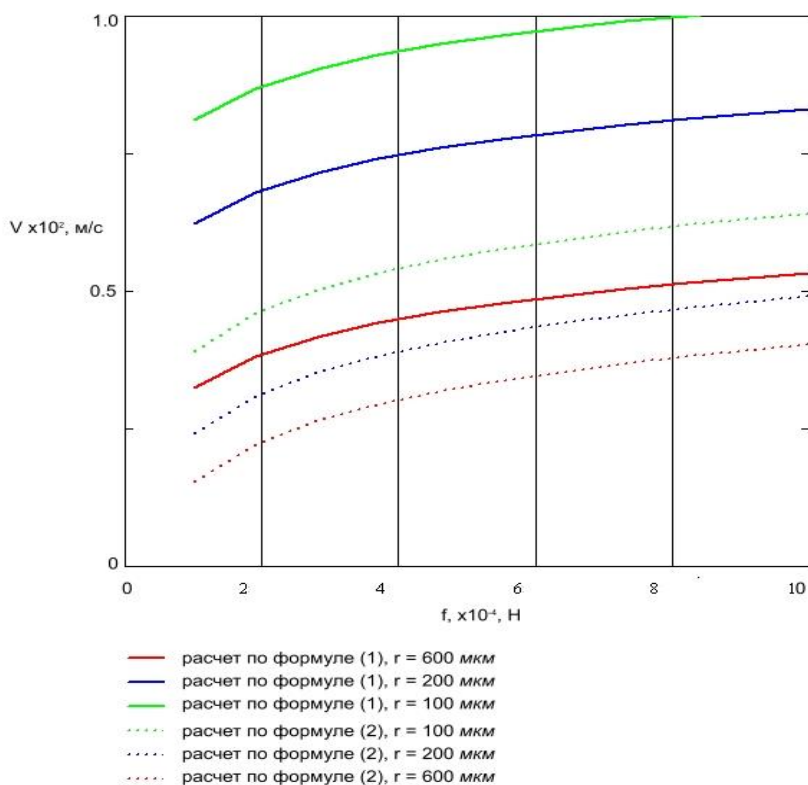


Рисунок 1 – Изменение скорости капель диаметром 100, 200 и 600 мкм в зависимости от сил отрыва прилипших на замасленной поверхности частиц диаметром 10 мкм; расчеты по формулам (1) и (2)

На рисунке 1 приведены результаты расчета скорости капель V_k в зависимости от силы отрыва для сравнительно трудно удаляемых частиц диаметром 10 мкм по двум формулам. Отмечается, что необходимая для преодоления сил адгезии радиоактивных частиц с промасленной поверхности скорость капель диаметром 100 мкм составляет от 52 до 90 м/с; диаметром 200 мкм – от 32 до 50 м/с; диаметром 600 мкм – от 26 до 45 м/с.

Капли такого размера наиболее характерны для струй капельного строения, генерируемых импульсными установками пожаротушения [3], а создание подобной скорости практически осуществляется установкой импульсного пожаротушения («Витязь» УИП-1), основные характеристики которой приведены в [4]. Более низкие скорости водного потока не обеспечивают необходимую эффективность дезактивации, что и подтверждается практикой в Чернобыле.

С целью установления показателей дезактивации на загрязненных территориях Гомельской области (д. Углы Наровлянского района) были проведены экспериментальные исследования по дезактивации инженерной техники установкой импульсного пожаротушения («Витязь» УИП-1) [5]. Объектом исследования были сухие и промасленные поверхности ходовой части инженерной техники, загрязненной при действиях на местности с содержанием цезия-137 (28,9 кБк/кг) и стронция-90 (82,2 Бк/кг).

Установка располагалась на расстоянии 2 м. от обрабатываемого объекта, площадь обработки при одном выстреле составила 2,5 м.кв. Подготовка проб проводилась сбором на смоченные растворителем беззольные фильтры путем протирания поверхности 10×10 см.

Содержание цезия-137 в полученных пробах определялось на гамма-спектрометрическом комплексе «Тennelec», а стронция-90 - на низкофоновой установке «Canberra S5E» с предварительной радиохимической подготовкой, основанной на оксалатном методе определения стронция-90 [6].

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний по определению содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в беззольных фильтрах и почве

Шифр образца	Содержание ^{137}Cs Бк/проба	Содержание ^{90}Sr Бк/проба
До дезактивации сухой поверхности	65,2±12,0	1,3±0,2
После 1-го выстрела	5,7±1,1	0,23±0,05
После 2-го выстрела	3,1±0,6	0,11±0,03
После 3-го выстрела	3,0±0,6	0,11±0,03
До дезактивации промасленной поверхности	106,0±21,0	0,82±0,15
После 1-го выстрела	16,4±3,1	0,2±0,05
После 2-го выстрела	12,1±2,2	0,18±0,05
После 3-го выстрела	11,9±2,1	0,18±0,05
Почва	28,9±5,9 кБк/кг	82,2±18,7 Бк/кг

На основе приведенных данных рассчитаны коэффициенты дезактивации (КД) (рисунки 2, 3).

Анализ полученных результатов показывает, что эффективность дезактивации при применении импульсных установок по сравнению с методами напорных струй выше до 10 раз. Таким образом, коэффициент дезактивации после второго выстрела достигает 21 для сухих поверхностей и 8,8 для промасленных поверхностей ходовой части инженерной техники, в то время как для средненапорных струй 2,6 и 1,8 соответственно. При этом коэффициент дезактивации по цезию-137 в среднем в два раза выше, чем по стронцию-90.

С увеличением расстояния между монитором, генерирующим водную струю, и обрабатываемой поверхностью, снижается удельное давление P и эффективность дезактивации. Практически установлено, что минимальное расстояние равно 2м. При меньшем расстоянии персонал может подвергаться воздействию брызг, содержащих радиоактивные вещества. При использовании УИП - 1, с этого расстояния при одном выстреле обрабатывается 2,5 м. кв. поверхности одним литром воды.



Рисунок 2 – Диаграмма эффективности дезактивации сухой поверхности объекта

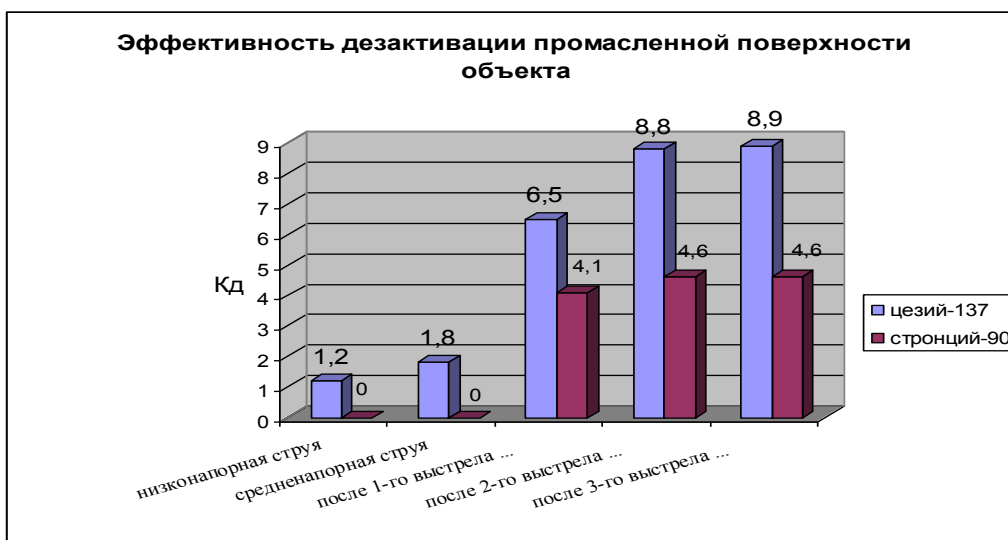


Рисунок 3 – Диаграмма эффективности дезактивации промасленной поверхности объекта

Полученные результаты экспериментальных исследований показывают, что эффективность дезактивации как для сухих, так и для промасленных поверхностей значительно увеличивается после первого и второго выстрелов и почти не изменяется после третьего (рисунки 4, 5). Можно предположить, что после первого выстрела происходит преодоление прочности фиксации радиоактивных загрязнений на поверхности, в том числе глубинных и часть радиоактивных частиц продолжает находиться в образовавшейся, движущейся пленке воды. В этом случае движущаяся водная пленка выполняет транспортирующую функцию - вторую стадию процесса дезактивации.

В результате второго выстрела происходит разрыв прочности связи оставшегося загрязнения с поверхностью и удаление пленки воды, образовавшейся после первого выстрела. Учитывая, что после третьего выстрела эффективность дезактивации не меняется, можно принять оптимальный расход воды для предложенного метода дезактивации – 0,8 л/м², который в 10 - 12 раз ниже, чем при использовании средненапорных струй.

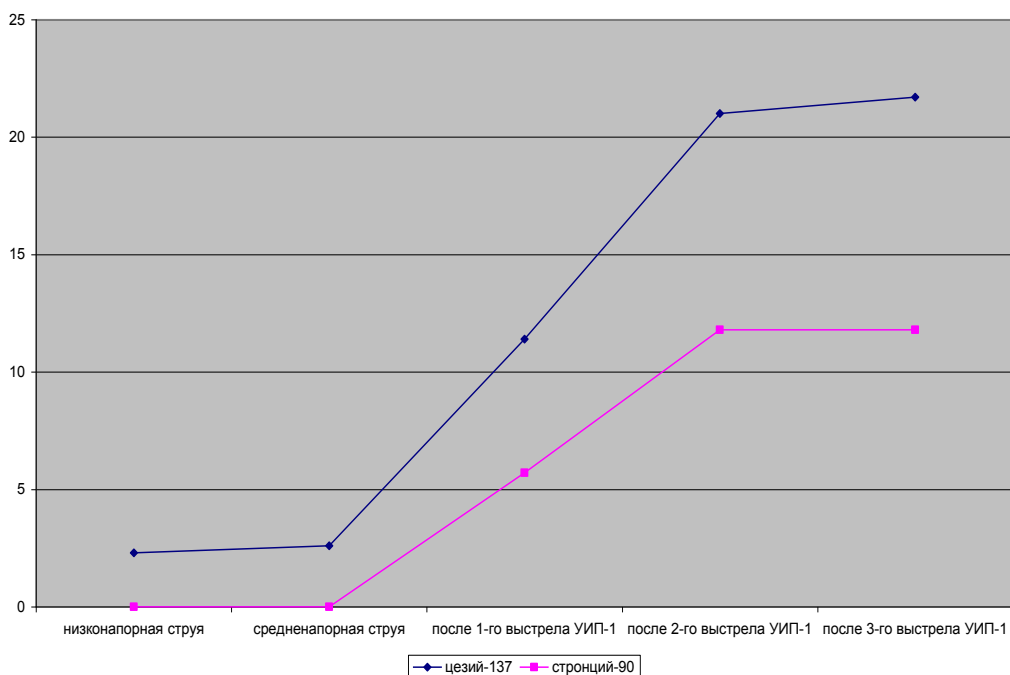


Рисунок 4 – График эффективности дезактивации сухой поверхности объекта

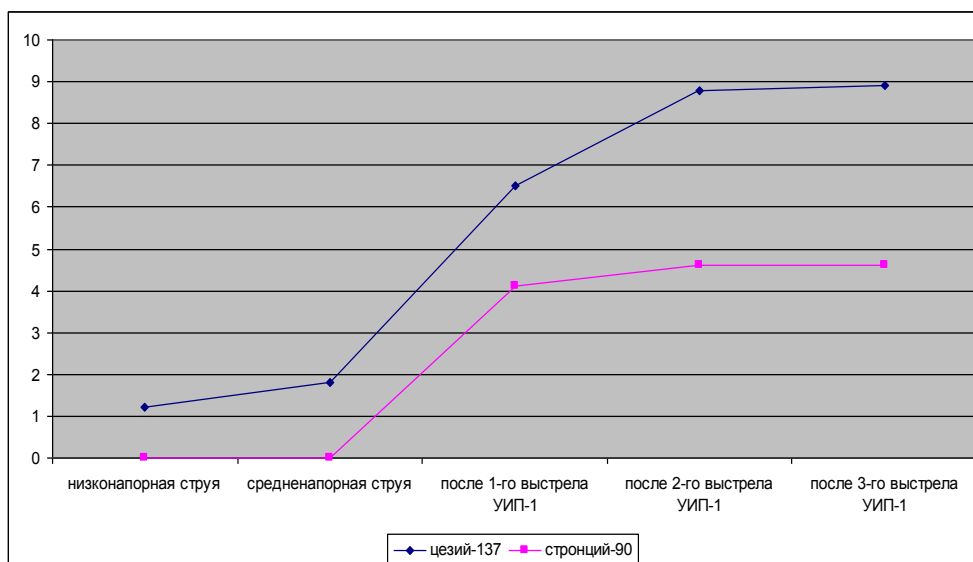


Рисунок 5 – График эффективности дезактивации промасленной поверхности объекта

Выводы. Анализ результатов экспериментальных исследований позволяет сделать основной вывод: многие из недостатков, используемых методов при дезактивации техники, участвовавшей в ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС позволяет устранить использование для дезактивации инженерной техники установок импульсного пожаротушения («Витязь» УИП-1).

В целом, предлагаемый метод позволяет повысить эффективность дезактивации специальной и инженерной техники в 7 - 10 раз, снизить время обработки в 2 раза и расход дезактивирующих веществ до 10 - 12 раз, соответственно уменьшив объем сточных вод, утилизация которых также является серьезной проблемой.

Метод повышает область применения установки импульсного пожаротушения («Витязь» УИП - 1) и экономический эффект проведения дезактивации техники.

Перспективы дальнейших исследований.

В целях дальнейшего увеличения эффективности дезактивации предложенным способом целесообразно исследование по применению других стволов и ствольных насадок различного диаметра и форм, а также по обработке других твердых объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зимон А.Д., Пикалов В.К. Дезактивация. М.ИЗДАТ, 1994.- 336 С. Ил. Библиогр.: 209 назв.
2. Бобович О.Л., Горбунов С.В. Анализ опыта проведения дезактивационных работ после чернойбыльской катастрофы. - Вестник КИИ МЧС №1(3), - 2006г., - с. 54-63.
3. Иваницкий, А.Г. Определение режимов распада и характеристик распыленной струи, формируемой стволами установок импульсного пожаротушения / А.Г. Иваницкий // Чрезвычайн. ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2007. – № 2 (22). – С. 106–116.
4. Установка импульсного пожаротушения ранцевая «ВИТЯЗЬ УИП-1" Руководство по эксплуатации ЗР 500.00.00.00 РЭ ТТЗ. Зак. 698
5. Бобович О.Л. Применение новых методов дезактивации инженерной техники на основе импульсных установок пожаротушения. //Тезисы доклада на XIV Международной научно-практической конференции «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. СПАСЕНИЕ. ПОМОЩЬ» АГЗ МЧС России,-2007г., - с. 96-98.
6. Методические указания по определению содержания стронция – 90 и цезия – 137 в почвах и растениях. ЦИНАО. М., 1985г.

УДК 665.6

С.Н. Бобрышева, к.т.н., доц., М.М. Журов,
Государственное учреждение образования
«Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

ЛИКВИДАЦИЯ РАЗЛИВОВ НЕФТИ, НЕФТЕПРОДУКТОВ И ЕЕ ВОДНЫХ ЭМУЛЬСИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН В КАЧЕСТВЕ АДСОРБЕНТА

В работе проводится краткий обзор способов очистки воды от нефти и нефтепродуктов. Авторами работы проведены эксперименты по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов с применением адсорбентов на основе глин бентонитового класса. Проведена апробация полученного адсорбента для нефти и ее водных эмульсий и представлены результаты экспериментальных исследований с его применением.

Ключевые слова: адсорбент, нефть, нефтепродукты, бентонитовые глины, адсорбция, коагуляция, флотация, монтмориллонит, гидрофобность, гидрофобизация, соапсток.

Введение. Наличие в современном мире крупных нефтеперерабатывающих комплексов, большого количества промышленных предприятий, использующих оборотные системы водоснабжения с наличием нефти и ее водных эмульсий, разветвленной сети коммуникаций создает потенциальную угрозу загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами. Это актуализирует вопросы разработки и применения новых методов ликвидации и очистки от этих загрязнений окружающей среды.

Основными способами очистки воды от нефти и нефтепродуктов являются: механический, химический, механохимический, биохимический (или биологический) и физико-химический.

Механическую очистку применяют для удаления из водных сред взвешенных веществ и частично загрязнений, находящихся в коллоидном состоянии. Для механической очистки используют решетки, песколовки, отстойники, жироловки, нефтеловушки, маслоотделители, гидроциклоны, фильтры и другие сооружения. Решетки служат для улавливания крупных загрязнений (тряпья, мочалы, бумаги и др.), песколовки - для улавливания нерастворенных минеральных примесей (песка, шлака, боя стекла и др.), отстойники - для очистки сточных вод от взвешенных веществ. Для очистки производственных сточных вод от большого количества жиров, нефти и масел используют жироловки, нефтеловушки и маслоотделители. Эти сооружения аналогичны отстойникам, но имеют оборудование для удаления большого количества всплывающих загрязнений. Одновременно они служат и для очистки воды от оседающих веществ.

Химическая очистка заключается в выделении загрязнений путем проведения реакций между ними и вводимыми реагентами. Такими реакциями являются реакции окисления и восстановления, реакции образования соединений, выпадающих в осадок, и реакции, сопровождающиеся газовой выделением.

Механохимическую очистку применяют для выделения из водных сред нерастворенных загрязнений. Сущность ее состоит в том, что в воду добавляют коагулянты, которые способствуют удалению из нее загрязнений в процессе ее механической очистки.

Биохимическая (биологическая) очистка заключается в окислении остающихся в воде после механической очистки органических загрязнений с помощью микроорганизмов, способных в процессе своей жизнедеятельности осуществлять минерализацию органических веществ. Биохимическая очистка может происходить в условиях, близких к естественным (поля орошения поля фильтрации и биологические пруды), и в искусственно созданных условиях (биологические фильтры и аэротенки).

К физико-химическим методам очистки сточных вод относятся сорбция, экстракция, эвапорация, коагуляция, флотация, электролиз, ионный обмен, кристаллизация и др. [1].

Из физико-химических методов очистки сточных воды основными являются флотация и сорбция (адсорбция). Сорбционная очистка воды считается не без оснований одним из наиболее эффективных методов и успешно применяется для удаления из водных сред нефти и нефтепродуктов. Также эффективным методом очистки воды от подобных загрязнений является флотация.

Известно, что для улучшения качества очистки вод от нефтепродуктов применяются детергенты - поверхностно-активные вещества, которые уменьшают поверхностное натяжение на границе вода-нефтепродукт. В результате чего вместо пленки образуется капли, которые легче смешиваются с водой и, спустя некоторое время, разлагаются. Такой способ снижает опасность для живых организмов, обитающих на поверхности, например, птиц, но вместе с тем опасность для рыб при использовании этой технологии возрастает. Установлено, что пленка нефтепродуктов на поверхности оказывает минимальное влияние на развитие зародышей. В тоже время при незначительном добавлении детергента опасность для них возрастает почти в 100 раз. Поэтому при разработке способов очистки водных сред от нефтепродуктов необходимо учитывать тот вред, который наносит популяции рыб дисперсия нефтепродуктов в воде [2].

В связи с этим разработка эффективного способа очистки промышленных технологических и сточных вод от нефти и нефтепродуктов, в том числе их водных эмульсий является актуальной.

Основная часть. В исследованиях использовались бентонитовые глины отечественных разработок. К бентонитам относятся тонкодисперсные высокопластичные глины, основную роль в составе которых играет монтмориллонит. Способность монтмориллонита приобретать определенную степень дисперсности и склонность к принудительному диспергированию под действием внешних нагрузок позволяет представить глины как твердотельную матрицу с высокой возможностью модификации [3]. Для придания бентонитовой глине необходимых свойств (гидрофобности), проводили модификацию глины с использованием отходов жировых производств Республики Беларусь. На Гомельском жировом комбинате отбирались и использовались для целей гидрофобизации соапстоки жирных кислот).

Модификацию глины проводили с использованием следующего технологического приема: измельчение глины с применение планетарной мельницы совмещалось с модификацией путем нанесения модификатора (промазывания) на стенки размольных стаканов. В процессе размола происходит образование новых активных поверхностей вещества (увеличивается удельная поверхность) и его модификация. При этом количество вводимого модификатора для придания глине необходимой гидрофобности составило не более 3 мас.%. Степень гидрофобности полученного модифицированием адсорбента определялась путем сравнения гидрофобизированного образца с исходной глиной по величине влагопоглощения и водоотталкивания. Результаты испытаний сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний адсорбента на гидрофобность

Состав модификатора	Влагопоглощение, %	Водоотталкивание, ч
Без гидрофобизатора	3,26	Сразу впитывает влагу
3% соапстоков	2,8	>6

На следующем этапе исследований была проведена апробация полученного адсорбента.

1. В емкость с водой наливали слой нефть, куда после механическим способом на слой нефти насыпали гидрофобный адсорбент. Результаты показали, что пылевая пленка необработанной глины не участвует в адсорбции и быстро тонет в бензине и воде [4]. При использовании же разработанного адсорбента на поверхности нефти образуется

относительно устойчивая пленка, при этом адсорбент пропитывается нефтью, агломерирует и легко удаляется с поверхности воды (рисунок 1);

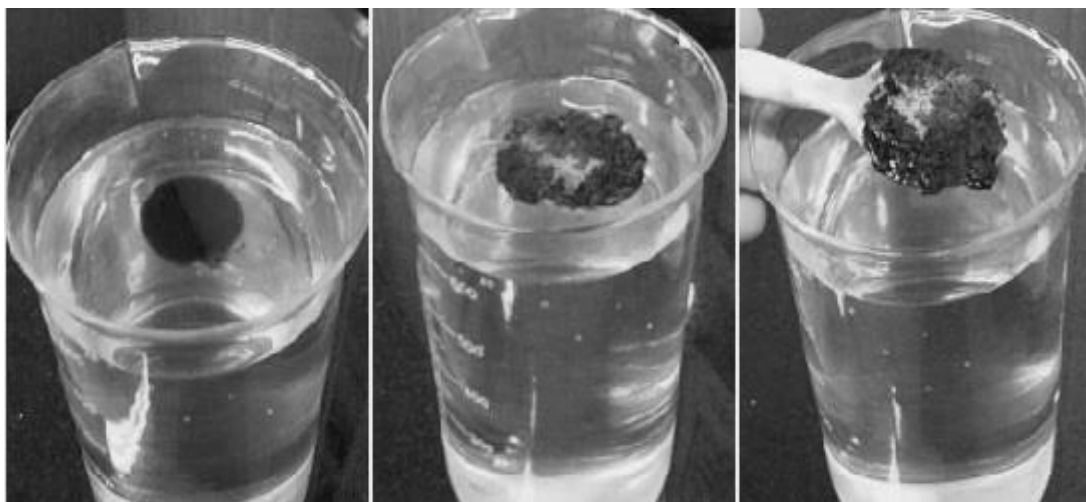


Рисунок 1 – Поглощение слоя бензина разработанным адсорбентом

2. В емкость с содержанием нефтепродуктов с помощью специального устройства вводится сложная смесь воздуха воды и дисперсного адсорбента. На поверхности воды образуется пена. В пену флоккулы, содержащие нефтепродукты, адсорбент и другие загрязняющие вещества (рисунок 2).

В ходе проведения исследовательской работы авторами предложен новый способ очистки промышленных технологических и сточных вод от нефтепродуктов, который включает несколько физических процессов: коагуляцию, адсорбцию и флотацию загрязнений разработанным адсорбентом на основе бентонитовой глины. Т.о. способ очистки промышленных технологических и сточных вод от нефти и нефтепродуктов включает флотацию с применением твердых частиц минерального гидрофобного адсорбента дисперсностью 15 - 20 мкм, при массовом соотношении адсорбента к нефтепродуктам 1/(1-10), модифицированного соапстоками жирных кислот в количестве 3 – 5 мас.%. Результаты экспериментов приведены в таблице 1.



Рисунок 2 – Пенный продукт

Таблиця 1 - Результаты экспериментов при флотации

№№ п/п	Содержание соапстока в адсорбенте, %	Содержание нефтепродуктов в воде до флотации, мг/л	Содержание нефтепродуктов в воде после флотации, мг/л	Степень очистки воды, %
1.	3%	100	0,051	94,9
2.	4%	100	0,050	95
3.	5%	100	0,048	95,2
4.	10%	100	0,054	94,6
5.	15%	100	0,066	93,4

3. В волокнистый материал (рисунок 3) плотностью 0,45 до 0,50 г/см³, включающий когезивно соединенные в точках касания полимерные волокна диаметром 50 – 60 мкм, модифицированные наполнителем в виде, поляризованных в поле коронного разряда напряженностью 10 – 20 кВ/см, частиц минерального наполнителя, дисперсностью 15- 20 мкм, в количестве 10 – 15%, вводили твердые частицы минерального сорбента, адгезионно закрепленные на поверхностях волокон. В качестве твердых частиц минерального сорбента, используется бентонитовая глина дисперсностью 30 –40 мкм в количестве 5 – 20 мас.%, модифицированная соапстоками жирных кислот (рисунок 4), результаты испытаний сведены в таблицу 2;

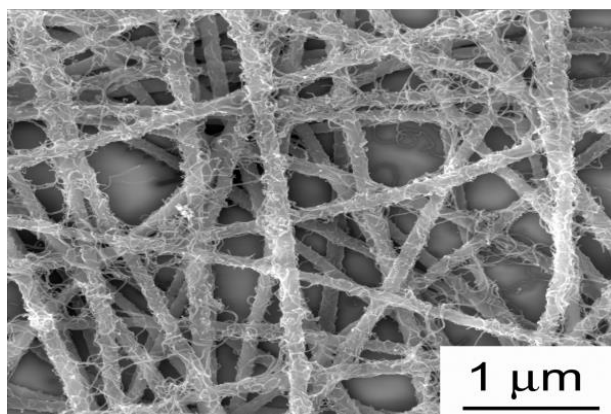


Рисунок 3 – Электронно-микроскопические изображения разных участков срезов полимерного волокнистого материала

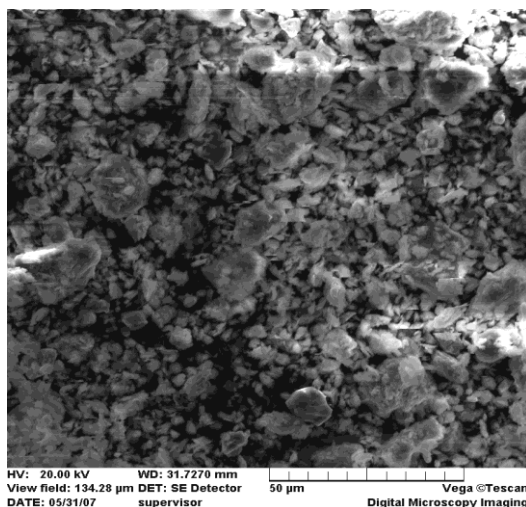


Рисунок 4 – Электронно-микроскопические изображения модифицированной бентонитовой глины

Таблиця 2 - Результаты испытаний образцов

Характеристика полученного сорбента	Концентрация адгезионно закрепленного модифицированного порошка адсорбента, %				
	4	5	10	20	21
Сорбционная емкость по нефти и маслу, г/г сорбента	37	37	39	43	43
	40	40	43	47	47

Вывод. Таким образом, экспериментально показана возможность применения бентонитовых глин в качестве адсорбентов для нефти и ее водных эмульсий: качестве дисперсного сыпучего материала; добавки для очистки вод флотацией; добавки в сорбционный волокнистый материал. По результатам работы подана заявка на патент: разработан эффективный комбинированный сорбент для сбора и локализации нефти и нефтепродуктов, а также их водной эмульсии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://www.baurum.ru/_library/?cat=sewage_settlements&id=1508.
2. Борьба с разливами нефтепродуктов опасна для морской фауны.[Электронный ресурс] – 22 марта 2009. – Режим доступа: <http://x-files.org.ua>.
3. Мальцев А. Нанотехнологии: вчера, сегодня, завтра /Интеграл, № 5,2003, С. 23-28.
4. Бобрышева С.Н., Журов М.М., Кашлач Л.О. Новые результаты разработки отечественных адсорбентов для нефти и нефтепродуктов./ ЧС: образование и наука, №2 (7), 2012, - С.28-33.
5. Бобрышева С.Н., Буякевич А.Л., Боднарук В.Б., Кашлач Л.О. Дисперсные системы в технологиях предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций./ ЧС: образование и наука, №1(6), 2011, - С.59-68.

УДК 678.5/8:614.841

С.Н. Бобрышева, к.т.н., доц., Д.Л. Подобед, Л.О. Кашлач,
Государственное учреждение образования
«Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

СНИЖЕНИЕ ГОРЮЧЕСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В работе проводится краткий обзор информации в области снижения пожароопасности полимерных материалов. Рассматриваются особенности их горения, различные механизмы снижения горючести, а также ассортимент современных антипиренов. Представлены результаты собственных разработок экологически чистых антипиренов.

Ключевые слова: полимерные материалы, антипирены, горючесть, воспламеняемость, дифференциально-термический анализ, калориметрия, ультрадисперсность, тепловыделение, термостойкость.

Введение. Одним из приоритетных направлений науки и промышленности является все более широкое внедрение во все сферы народного хозяйства полимерных материалов, обладающих комплексом ценных свойств: легкость и высокая прочность, тепло-, звуко-, электроизоляционные и др. свойства. На их основе создаются новые конструкционные материалы, которые заменяют металлы, сплавы и природные материалы. Современные полимеры обладают уникальным комплексом свойств, не имеющих аналогов среди традиционных конструкционных материалов. В связи с этим, неуклонно растут темпы производства полимерных материалов и расширяются области их применения.

Прогресс в создании и промышленном производстве полимеров имеет негативную сторону, обусловленную высокой горючестью большинства выпускаемых полимеров, в результате чего при их внедрении повышается общая пожароопасность [1].

Будучи органическими по своей природе, полимерные материалы представляют высокий потенциал для возникновения и распространения пожара, а также проявления опасных факторов пожара, приводящих к гибели людей и материальному ущербу. Горение полимерных материалов, являющееся доминирующим процессом подавляющего большинства современных пожаров, представляет собой сложное явление, включающее в себя элементы тепло- и массообмена, газовой динамики, химической кинетики реакций в конденсированной и газовой фазах, а так же на границе их раздела, масштабные и другие факторы. Пожарная опасность материалов и изделий из них определяется в технике следующими характеристиками:

- горючестью, т.е. способностью материала загораться, поддерживать и распространять процесс горения;
- дымовыделением при горении и воздействии пламени;
- токсичностью продуктов горения и пиролиза – разложения вещества под воздействием высоких температур;
- конструкцией, т.е. способностью сохранять физико-механические (прочность, жесткость) и функциональные свойства изделия при воздействии пламени.

Большое разнообразие полимерных материалов по химическому строению и составу, их многокомпонентность, сочетание с другими материалами при конструировании изделий или конкретном конечном целевом использовании, многообразии физических форм при одном и том же составе предопределяют специфику возникновения, развития и последствий пожаров с участием полимерных материалов.

В настоящее время сложились основные представления о механизме горения полимеров и о факторах его определяющих.

Анализ процесса горения, приведенный на схеме 1, позволяет понять и возможные пути снижения горючести полимерного материала. Следует отметить, что в большинстве

случаев невозможно добиться того, чтобы органический полимер стал абсолютно негорючим материалом и не сгорал в интенсивном огне (пожаре). Однако большинство пожаров возникает от малокалорийных источников тепла и огня - сигарет, спичек, свечей, короткого замыкания. Поэтому очень важно понизить горючесть полимера, чтобы он медленнее загорался, медленнее распространялось пламя, а для загорания требовались бы более жесткие условия (более высокие значения температур, потока энергии и т.д.). На основе этих представлений разработаны способы снижения горючести полимеров различных классов. Необходимо отметить, что поиски путей, ограничивающих горючесть полимеров, продолжаются во всем мире и на это тратятся значительные финансовые и интеллектуальные средства [1].

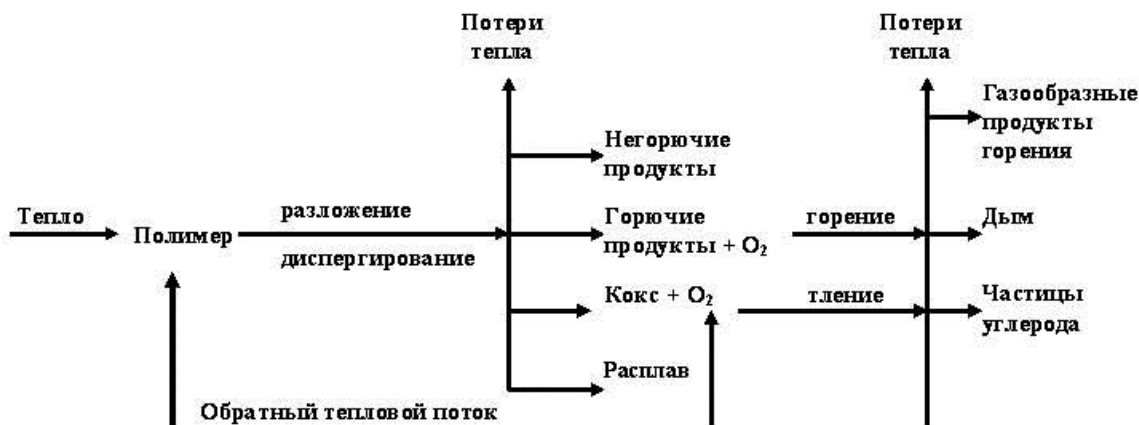


Рисунок 1 - Схема процесса горения полимеров

Основная часть. Все методы снижения горючести основаны на следующих принципах: 1) изменение теплового баланса пламени за счет увеличения различного рода теплопотерь; 2) снижение потока тепла от пламени на полимер за счет создания защитных слоев, например из образующегося кокса; 3) уменьшение скорости газификации полимера и 4) изменение соотношения горючих и негорючих продуктов разложения материала в пользу негорючих. Многие способы подавления процессов горения полимеров основаны на введении в материал добавок (антипиренов). На рисунке 2 представлен мировой рынок антипиренов.

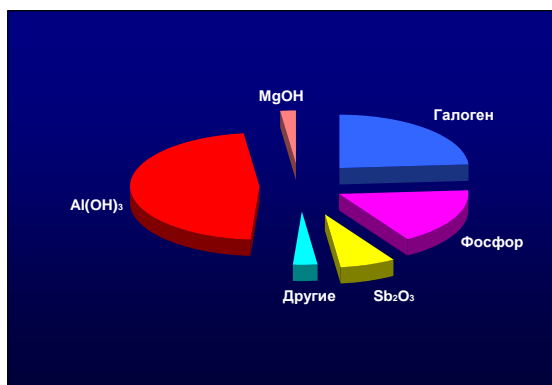


Рисунок 2 - Мировой рынок антипиренов

Введение добавок, снижающих пожарную опасность полимерных материалов, обычно имеет и негативную сторону: приводит к некоторому ухудшению физико-механических, диэлектрических и других эксплуатационных и технологических свойств, повышению стоимости материала, ухудшению экологии. Поэтому снижение пожарной опасности

полимерных материалов является задачей по оптимизации комплекса характеристик создаваемого материала.

Наиболее широкое распространение получили три типа антипиренов: 1) галоген производные, в том числе и бромсодержащие; 2) органические, неорганические наполнители; 3) фосфорсодержащие органические и неорганические производные.

Недостатком антипиренов первого типа является высокая токсичность. В настоящее время острота экологических проблем требует полного отказа от этих хорошо известных и наиболее эффективных еще в недалеком прошлом галогенсодержащих антипиренов, использование которых, как показала практика, приводит к существенному загрязнению окружающей среды: диоксиды, бензофураны и другие продукты сгорания галогенсодержащих антипиренов без сомнения представляют опасность для жизнедеятельности человека. Для второго типа антипиренов характерны высокие степени наполнения полимеров, что негативно отражается на физико-механических свойствах полимера и требует переналадки технологического процесса. Что касается третьего типа, то фосфорсодержащие антипирены являются альтернативными двум первым типам, но отличаются относительно низкой температурой начала разложения и средней эффективностью, что ограничивает их область применения. Иногда хорошие результаты по снижению пожароопасности, основаны на проявлении синергизма, их можно получить, используя различные комбинации веществ. Классическим примером синергических свойств являются смеси галогенсодержащих соединений с оксидом сурьмы. Сам по себе оксид сурьмы не проявляет активных свойств замедлителя горения и считается только синергистом. Это несколько снижает остроту экологической проблемы в связи с возможностью снижения концентрации добавок антипиренов. В настоящее время достаточно широк ассортимент фосфорсодержащих антипиренов, известны комбинации их с соединениями сурьмы, хлора, однако, в различных полимерах в зависимости от соотношения и природы компонентов они могут приводить к аддитивному, синергическому или антагонистическому эффектам. На примере фосфор- и хлорсодержащих замедлителей горения показано, что взаимное усиление их действия проявляется в узких интервалах концентраций и соотношений конкретных антипиренов. В других случаях высокая летучесть таких антипиренов ограничивает их применение, особенно во вспененных полимерах. Однако наблюдается рост применения фосфорсодержащих соединений (7% в год), что связан с такими их преимуществами, как низкое дымообразование и отсутствие коррозии оборудования при переработке.

Введение в полимер инертных наполнителей, неорганических антипиренов - еще один из способов снижения горючести полимерного материала. Они не оказывают существенного влияния на состав и количество продуктов пиролиза полимеров в газовой фазе и величину коксового остатка в условиях горения и выделяют гораздо меньше дыма, чем галоген-, фосфорсодержащие антипирены. Их можно разделить на две группы: 1) минеральные наполнители, устойчивые до температуры 1000 °С - оксиды металлов, фториды кальция и лития, силикаты, технический углерод, неорганическое стекло, порошкообразные металлы и т.п.; 2) вещества, разлагающиеся при температурах ниже 400 - 500 °С с поглощением тепла и обычно с выделением углекислого газа и/или паров воды, аммиака - гидроксиды, карбонаты, гидрокарбонаты металлов, аммонийфосфаты и т.д.

Гидроксиды алюминия и магния занимают первое место среди антипиренов по объёму применения (более 40% всего объёма антипиренов). Это обусловлено их низкой стоимостью по сравнению с системами на основе галогенов или фосфора. Гидроксиды металлов под воздействием высоких температур разлагаются с выделением воды. Реакция разложения является эндотермической (сопровождается поглощением тепла), что приводит к охлаждению полимера до температур ниже точки воспламенения. Образование воды способствует разбавлению горючих газов, выделяющихся при разложении, ослабляет действие кислорода и уменьшает скорость горения. Эффективность гидроксидов прямо пропорциональна их содержанию в полимере.

Гидроксид магния (МН) – представляет собой белый порошок с размером частиц от 0,5 до 5 мкм. Для достижения соответствующего огнезащитного эффекта вводится в количестве 50-70% от массы полимера. Гидроксид магния дороже, чем гидроксид алюминия, поэтому объём применения на порядок меньше. Но у него есть одно неоспоримое преимущество - он обладает более высокой теплоустойкостью (до 3000⁰С), поэтому может применяться при переработке конструкционных термопластов. В основном используется в полипропилене, АБС пластиках и полифенилиденоксиде. Не рекомендуется использовать этот антипирен в термопластичных полиэфирах (ПЭТ, ПБТ), так как он ускоряет деструкцию таких полимеров.

Гидроксид алюминия (АГН) – применяется в эластомерах, реактопластах и термопластах. Разлагается при температурах 190 – 2300⁰С в зависимости от размера частиц (0,25-3 мкм). Одна из основных областей применения – повышение огнестойкости бутадиен-стирольного латекса, используемого при производстве ковровых покрытий. Также он широко используется для изготовления негорючих эластомеров для кабельной изоляции, ленточных транспортёров, кровельных материалов и шлангов. Возможно использование для повышения огнестойкости ненасыщенных полиэфиров. Этот антипирен широко применяется в полиолефинах, ПВХ, термоэластопластах.

Так как добавки таких антипиренов могут достигать 70%, то основным недостатком применения неорганических гидроксидов являются ухудшение механических параметров полимерных материалов и технологические трудности [2].

Результаты исследований. Альтернативным решением в этом случае может быть применение модифицированных функционально алюмосиликатов - бентонитовых глин. К бентонитам относятся тонкодисперсные высокопластичные глины, основную роль в составе которых играет породообразующий минерал - монтмориллонит. Высокие природные дисперсность и поверхностная энергия вещества позволяют использовать его как твердотельную матрицу для прививки функциональных групп, придающих ему необходимые свойства. Так обработка гидрофобными органическими реагентами позволяет повысить сродство вещества антипирена к полимерным материалам, что является необходимым требованием совместимости. Нами впервые для этих целей применены соапстоки жирных кислот [3]. Целесообразность использования последних обусловлена их липидной природой, обеспечивающей гидрофобность, а также наличием поверхностно-активных свойств, способствующих диспергированию.



Рисунок 3 - Состав соапстока

В полимерную матрицу на стадии загрузки полимера в компьютеризированный экструзиограф вводились различные навески (от 0,5 до 4,0 масс.%) антипирена разработанного состава. Была получена полимерная лента, механические параметры которой определялись по соответствующим методикам.



Рисунок 4 - Компьютеризированный экструзиограф «Rheocord 90» фирмы «HAAKE» (ФРГ)



Рисунок 5 - Опытные образцы полимерной ленты с содержанием антипирена 0; 2 и 5% от массы

Целесообразность проведения таких испытаний обусловлена проявлением ухудшения механических характеристик при введении наполнителей. Как показали результаты испытаний, антипирен при содержании 1,5 % оказывает усиливающее действие и улучшает механические параметры композита (таблица).

Таблица 1 - Сравнительные свойства полимерных материалов

Наименование полимера	Механические характеристики			Классификация материала по горючести
	Модуль упругости, МПа	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение при деформации, %	
Контрольный образец	26,74	18,2	274,48	Горючий средневоспламеняемый
С антипиреном. 1,5%	148,28	31,85	103,3	Горючий трудновоспламеняемый

Исследования, направленные на изучение горючести таких полимерных материалов, выявили повышение их термостойкости. Это связано с тем, что само неорганическое вещество является термостойким. А также с тем, что органический остаток модификатора обладает собственной склонностью к карбонизации (образованию кокса при пиролизе). Последнее является аддитивным свойством органической молекулы. Количественно оно может быть оценено по вкладам составляющих молекулу отдельных групп. Каждая группа вносит свой характеристический вклад в образование коксового остатка. Вклад органического модификатора рассчитывался по известной методике. Органический остаток модификатора повышает термостойкость полимерного композита в целом, что подтверждается данными дифференциально-термического анализа. Экспериментальные данные не дают точного ответа о механизме повышения огнестойкости полимерных композитов с использованием антипиренов на основе бентонитовых глин. Одним из предполагаемых механизмов действия антипирена является образование барьера из слоев органоглины, выполняющих роль термоизоляторов и элементов, препятствующих выделению продуктов горения, т.е. формируется карбонизированный слой, влияющий на массо- и теплоперенос между зоной горения и полимерным материалом.

Пожароопасность полимерных материалов определяли по соответствующим стандартным методикам в аккредитованной лаборатории, позволяющим на первоначальном этапе оценить степень огнестойкости материала.

На основании результатов испытаний получено заключение: материалы с добавками антипиренов относятся к группе горючих трудновоспламеняемых, в то время как полимерные материалы без антипирена - к группе горючих средневоспламеняемых. Кроме того, механизм действия антипиренов позволяет уменьшить количество и состав газообразных продуктов горения полимеров, снижая их экологическую опасность.

Выводы. Получены полимерные материалы, содержащие разработанный антипирен на основе модифицированных бентонитовых глин. Добавки антипирена не только не ухудшают свойств полимера, но и значительно улучшают его механические свойства. Оптимизирован состав композита. Оптимальные добавки (по механическим свойствам) антипирена составляют 1,5 масс. %. Механизм действия антипирена предположительно заключается в эффекте термоизоляции, обусловленном коксообразованием органической составляющей антипиренов, повышением температуры терморазложения за счет минеральной составляющей композита. Добавки антипиренов в полимерную матрицу позволяют перевести композиционный материал в группу трудновоспламеняемых материалов. Использование органоглин в качестве антипиренов для полимеров не требует переналадки технологического процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Праведников, А.Н. Полимерные материалы с пониженной горючестью. – М: Химия, 1986. – 222с.
2. Валетдинов, Р.И. Перспективные антипирены на основе фосфористого водорода. Межвуз. Сб. науч. Тр. Горючесть полимерных материалов. Волгоград, 1987. – С.43-56.
3. Карлик, В.М., и др. Состояние и перспективы развития работ по антипиренам. Тез. док. V Всесоюз. совещ., Саки, 1981. Черкассы, 1981. – 42с.
4. Бобрышева С.Н., Буякевич А.Л., Боднарук В.Б., Кашлач Л.О. Дисперсные системы в технологиях предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций./ ЧС: образование и наука, №1(6), 2011, - С.59-68.
5. Бобрышева С.Н., Загор В.В., Подобед Д.Л. «Новое направление в области антипиренов для полимеров». X Международная научно-практическая конференция «Пожарная безопасность - 2011», Харьков, 2011,- С. 227-228
6. Бобрышева С.Н., Кашлач Л.О., Подобед Д.Л. «Новые материалы в технологиях предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций». II Республиканская научно-техническая конференция с международным участием «Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития», Гродно, 2012, - С. 12-14.

УДК 614.8:614.8.086.3

А.Л.Буякевич, ГУО «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

**РАСЧЕТНОЕ ДАВЛЕНИЕ ВЗРЫВА ПЫЛИ В ПОМЕЩЕНИЯХ – ВОПРОСЫ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССЫ ПЫЛИ**

В работе осуществлен анализ действующих технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации Республики Беларусь, рассматривающих вопросы определения категорий по взрывопожарной и пожарной опасности помещений, связанных с обращением взрывопожароопасной пыли. Выявлены существующие недостатки в методике определения расчетного избыточного давления взрыва. Предложены требования, которые необходимо включить в действующую методику.

Ключевые слова: аэровзвесь, аэрогель, взрывопожароопасная категория помещения, взрыв пыли, горючая пыль, давление взрыва, максимальное давление взрыва, пожароопасная категория помещения, пожароопасные свойства пыли, стехиометрическая концентрация пыли.

Постановка проблемы. Одним из основных факторов, влияющих на величину расчетного избыточного давления взрыва, является масса пыли способная образовать взрывоопасную смесь с воздухом. Проводимые расчеты категорий по взрывопожарной опасности для объектов хозяйствования выявили несоответствие зависимости давления взрыва от массы пыли. Данные несоответствия выражаются в том, что при больших количествах пыли расчетное давление взрыва превышает максимальное давление взрыва, установленное в лабораторных условиях, а также превышает стехиометрическую концентрацию пыли в воздухе.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является установление несоответствий в зависимости величины расчетного давления взрыва от массы пыли способной образовать взрывоопасную смесь с воздухом, а также образующей стехиометрическую концентрацию.

Изложение основного материала исследования по полным обоснованиям полученных научных результатов.

На территории Республики Беларусь расположено более 100 крупных промышленных предприятий, где в технологическом процессе обращаются или являются сопровождающим продуктом горючие пыли. Пыли – диспергированные твердые вещества и материалы с размером частиц менее 850 мкм [1]. Горючая пыль – дисперсная система, состоящая из твердых частиц размером менее 850 мкм, находящихся во взвешенном или осевшем состоянии в газовой среде, способная к самостоятельному горению в воздухе нормального состава [2].

В период с 2002 по 2011 годы на данных предприятиях произошло 4 пожара, сопровождавшиеся взрывами пылевоздушных смесей. В результате данных пожаров и взрывов ущерб составил около 4 млрд. рублей, погибло 14 человек [3]. И статистика чрезвычайных ситуаций в Европе и в мире в целом, связанных с взрывопожароопасностью пыли, свидетельствует об актуальности проблемы безопасности пылепроизводящих объектов. Пожарная безопасность объектов обеспечивается приведением их в такое состояние, при котором исключается возможность возникновения пожара, либо обеспечивается защита людей и материальных ценностей от пожара [4].

Для обеспечения соответствующего уровня пожарной безопасности, а также взрывобезопасности необходимо предусмотреть комплекс соответствующих мероприятий. Определение перечня таких мероприятий осуществляется с учетом категории по взрывопожарной и пожарной опасности. В соответствии с [5] по взрывопожарной и пожарной опасности помещения с наличием взрывопожароопасной пыли относят к категории Б (взрывопожароопасная) или В1-В4 (пожароопасная).

Обеспечение безопасности помещений с взрывопожароопасной категорией требует дополнительных финансовых затрат, т.к. необходимо предусмотреть дополнительные (относительно помещений, отнесенных к пожароопасной категории) требования. Например:

- устройство полов исключающих искрообразование при механических ударах [6],
- оборудование входов в эти помещения - тамбур-шлюзами [6];
- установка систем обеспечения взрывопреупреждения и взрывозащиты [7];
- оборудование автоматическими установками пожаротушения [8] и т.д.

Если занизить категорию взрывопожароопасности, под угрозу становится жизнь работающих на нем людей, сохранность зданий и технологического оборудования. Завышение категории взрывопожароопасности производства приводит к необоснованным затратам на строительство, а, соответственно, эксплуатацию здания в целом.

Следовательно, от правильного определения категории по взрывопожарной и пожарной опасности производственных и складских помещений с наличием взрывопожароопасных пылей зависит не только пожарная безопасность объекта, но и экономические потери от необоснованных затрат на ее обеспечение.

Отнесение к взрывопожароопасной категории может осуществляться вероятностным и детерминированным методами. Вероятностный метод основан на определении вероятности возникновения взрыва [7], которая не должна превышать величины 10^{-6} в течение года. Методика определения вероятности возникновения взрыва рассмотрена в ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность общие требования» [9].

Детерминированный метод определяет основным критерием для отнесения помещения с наличием взрывопожароопасной пыли к взрывопожароопасной или пожароопасной категории величину расчетного избыточного давления взрыва пыли способной перейти во взвешенное состояние (аэровзвесь), пыль в осевшем состоянии называется аэрогелем или просто гель [10]. При этом необходимо учитывать, что во взрыве могут участвовать как взрывоопасные (с нижним концентрационным пределом распространения пламени до 65 г/м^3 [11]), так и пожароопасные пыли (с нижним концентрационным пределом распространения пламени равном или больше 65 г/м^3 [11]), т.к. и те и другие относятся к горючим пылям [1].

Расчет избыточного давления взрыва определяется в по формуле [5]:

$$\Delta P = \frac{m N_T P_0 Z}{V_{св} \rho_B C_P T_0 k_H} \cdot \frac{1}{k_H}, \quad (1)$$

где: m – масса пыли, кг;

N_T – теплота сгорания, Дж/кг;

P_0 – начальное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа);

$V_{св}$ – свободный объем помещения, м^3 ;

ρ_B – плотность воздуха до взрыва при начальной температуре T_0 , кг/м^3 ;

C_P – теплоемкость воздуха, Дж/кг·К (допускается принимать равной 1010 Дж/кг·К);

T_0 – начальная температура воздуха, К;

k_H – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения и неадиабатичность процесса горения. Допускается принимать k_H равным 3;

Z – коэффициент участия взвешенной пыли во взрыве рассчитывается по формуле:

$$Z = 0,5 \cdot F, \quad (2)$$

где F – массовая доля частиц пыли размером менее критического, с превышением которого аэровзвесь становится взрывобезопасной, т.е. неспособной распространять пламя. В отсутствие возможности получения сведений для расчета величины Z допускается принимать $Z = 0,5$.

Расчеты категорий помещений с наличием взрывопожароопасной пыли (выполняемые для субъектов хозяйствования), а также анализ формулы (1) показал ее несовершенство, а в некоторых случаях и недопустимость применения. Рассмотрим подробнее на примере следующего расчета.

Исходные данные:

помещение размерами (длина, ширина, высота соответственно) $L \times V \times H = 20 \times 10 \times 8$ м;
 максимальная температура воздуха в помещении 38°C или 311°K (для г.Гомеля) [12];
 обращается древесная сосновая пыль $H_t = 18731000$ Дж/кг [13];
 количество воздуха необходимое для сгорания 1 кг древесины - $3,74$ м³/кг при влажности 20% [14];
 плотность воздуха до взрыва $1,134748$ кг/м³ при $T_0 = 38^\circ\text{C}$;
 коэффициент участия взвешенной пыли во взрыве принимаем максимальным $Z = 0,5$.

Расчет давления взрыва пыли произведем последовательно для разного количества пыли с учетом того, что все другие параметры формулы (1) остаются неизменными.

Результаты расчета избыточного давления взрыва представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Результаты расчета избыточного давления взрыва сосновой пыли

m, кг	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
ΔP , кПа	35	70	104	139	173	208	243	277	312	347	381	416	451	485	520	554

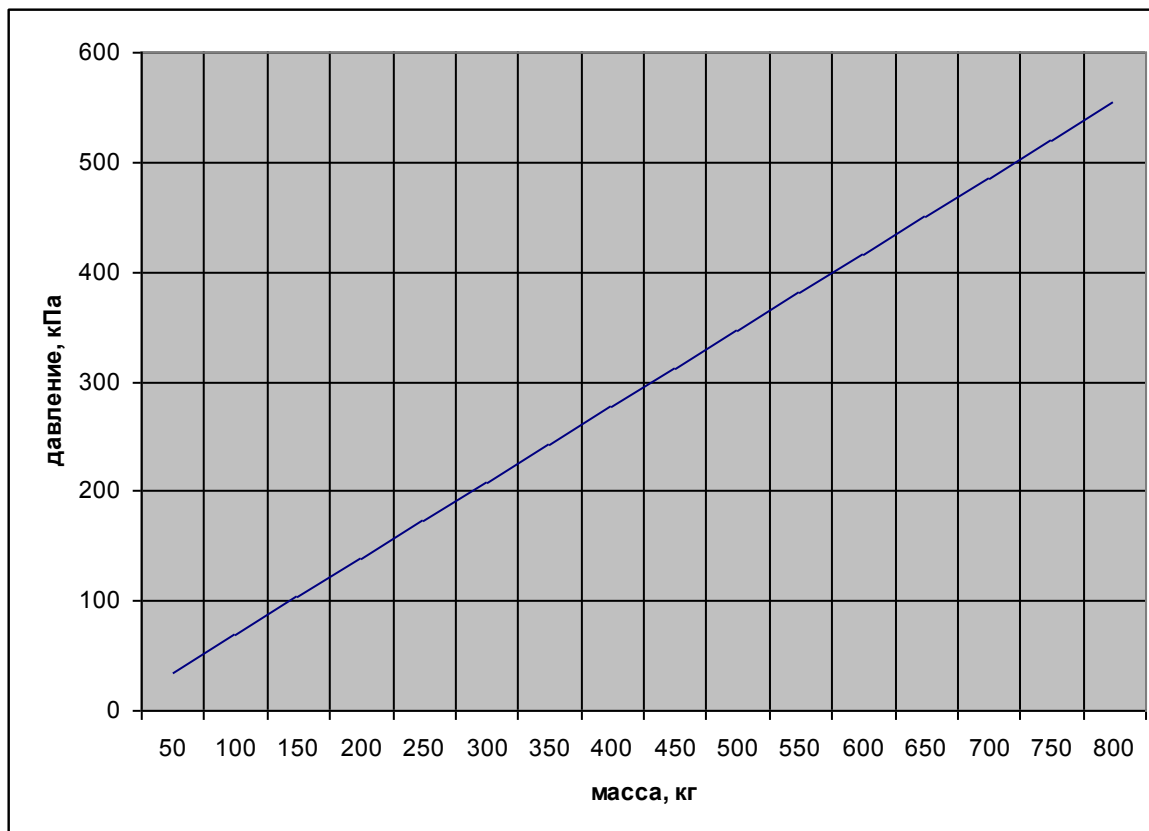


Рисунок 1 – Изменение величины расчетного максимального давления взрыва от массы пыли

Анализ проведенного расчета показал, что изменение (увеличение) величины расчетного избыточного давления взрыва происходит линейно в зависимости от увеличения

массы пыли. При этом увеличивая неограниченно массу пыли, увеличивается (согласно формулы 1 и рисунка 1) давление взрыва также неограниченно.

Так, увеличение массы пыли в помещении приводит к тому, что расчетное давление взрыва пыли при 800 кг составит 554 кПа, что не соответствует показателям пожарной опасности для пыли древесины сосновой согласно [13], где отмечается, что максимальное давление взрыва составляет 520 кПа.

Максимальное давление взрыва определяется согласно [1] в лабораторных условиях и является величиной максимальной. Т.е. давление взрыва пыли, определенное расчетным методом, не должно превышать величины максимального давления взрыва, установленного в лабораторных условиях согласно [1].

В реальных же условиях на давление взрыва в помещении влияет множество факторов:

- физические свойства пыли (влажность, дисперсность, дисперсный состав пыли, наличие горючих частиц других пылей и др.) [15];
- наличие легкосбрасываемых конструкций;
- высота выхода пыли из аппаратов при аварии [16];
- скорость осаждения частиц пыли [15];
- объем помещения (формула 1), т.е. количество воздуха участвующего во взрыве пыли и много других.

Следовательно, в реальных условиях давление взрыва пыли в помещении не должно превышать максимального давления взрыва, установленного в лабораторных условиях.

Рассмотрим, как влияет объем помещения или точнее количество воздуха необходимого для сгорания соответствующего количества древесной пыли. Результаты расчета представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

Таблица 2 – Результаты расчета количества воздуха, необходимого для сгорания сосновой пыли

m, кг	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
V, м ³	187	374	561	748	935	1122	1309	1496	1683	1870	2057	2244	2431

Расчет необходимого количества воздуха для сгорания соответствующем массы сосновой пыли показал, что для сгорания 650 кг пыли необходимо 2431 м³ воздуха притом, что свободный объем помещения составляет 1280 м³, т.е. не вся пыль сгорит при взрыве внутри помещения. Т.е. во взрыве будет участвовать только такое количество пыли, которое соответствует стехиометрической концентрации. Так при определении давления взрыва внутри технологического аппарата с наличием горючей пыли согласно [17] данный фактор учитывается. При определении же давления взрыва в помещении стехиометрическая концентрация пыли не учитывается. Следовательно, при расчете массы пыли (при ее избытке) необходимо учесть такое количество пыли, которое бы образовывало стехиометрическую концентрацию в воздухе помещения. При этом необходимо также учесть следующий факт.

Экспериментально установлено, что взрыв пылевого облака наиболее разрушителен при концентрации диспергированного твердого вещества, значительно превышающей стехиометрическую концентрацию (ввиду неполноты сгорания пыли во взрыве) [18]. Т.е. необходимо различать стехиометрическую концентрацию, установленную в лабораторных условиях или расчетным методом, и стехиометрическую концентрацию, определенную относительно нижнего концентрационного предела распространения пламени с использованием коэффициента учета количества пыли, участвующего во взрыве. Поэтому условно за стехиометрическую концентрацию (определяемого относительно нижнего концентрационного предела распространения пламени) принимать необходимо величину:

$$C_{cm} = 10 \cdot НКПР, \quad (3)$$

где НКПР – нижний концентрационный предел распространения пламени, г/м³.

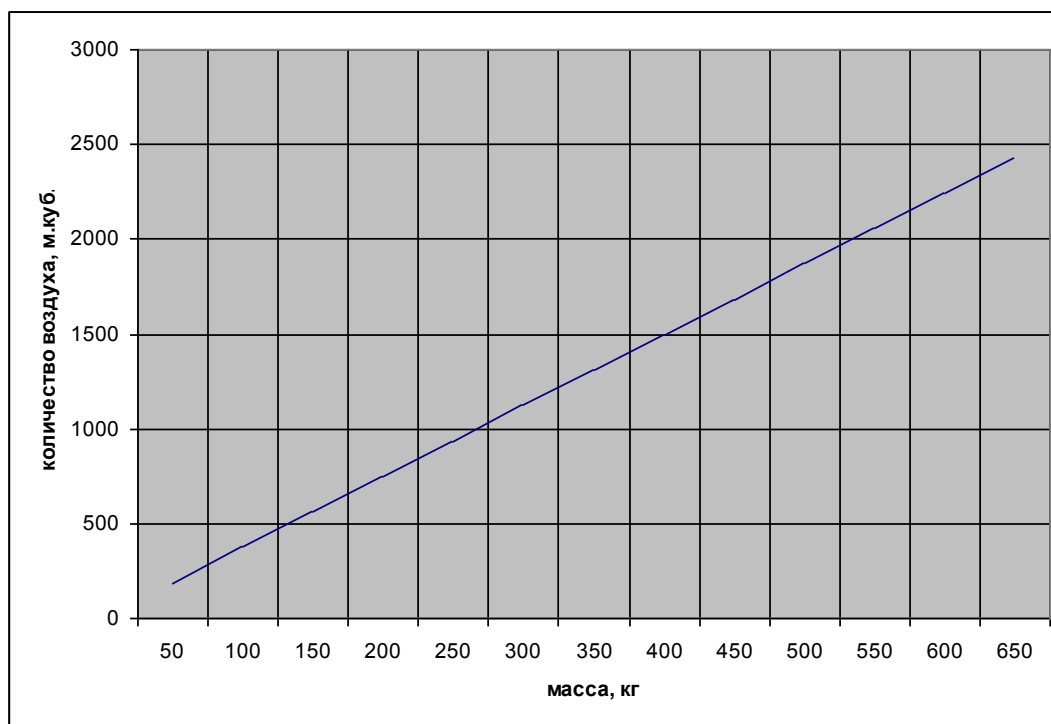


Рисунок 2 – Изменение количества воздуха необходимого для сгорания соответствующего количества сосновой пыли

Также отсутствует учет избытка массы пыли, не участвующей во взрыве. Так согласно [15] при испытаниях максимального давления взрыва полимеров установлено, что увеличение концентрации горючего (после стехиометрической концентрации) приводит к незначительному росту максимального давления взрыва, а затем к незначительному уменьшению. В этой области концентраций сказывается недостаток окислителя, приводящий к замедлению скорости горения и снижению температуры зоны горения.

Пункт А.3.1 [5] устанавливает предпосылки для определения массы горючей пыли, которая может образовывать взрывоопасные пылевоздушные смеси:

- расчетной аварии предшествовало пыленакопление в производственном помещении, происходящее в условиях нормального режима работы (например, вследствие пылевыведения из негерметичного производственного оборудования), между плановыми уборками пыли, определяемое экспериментально технологами. При отсутствии экспериментальных данных технологов допускается принимать пыленакопление, равное 5% от расчетного количества пыли, выделившейся из технологического оборудования при аварии;

- в момент расчетной аварии произошла плановая (ремонтные работы) или внезапная разгерметизация одного из технологических аппаратов, за которой последовал аварийный выброс в помещение всей находившейся в аппарате пыли.

Как видно данный пункт не учитывает вышеприведенные несоответствия при определении массы горючей пыли, участвующей во взрыве.

Выводы. Проведенный выше анализ методики определения расчетного давления взрыва пыли в помещении показал необходимость внесения изменений и дополнений в п. А.3.1 [5] введением требований:

1-е требование – давление взрыва пыли не должно превышать его максимального давления (установленного справочной литературой или испытаниями);

2-е требование – в случае образования концентрации пылевоздушной смеси, превышающей стехиометрическую концентрацию, расчетное количество пыли, участвующее во взрыве, не должно превышать стехиометрической концентрации пылевоздушной смеси. При этом необходимо учесть, что стехиометрическая концентрация пылевоздушной смеси

должна быть выше нижнего концентрационного предела распространения пламени, определенной согласно формуле 3.

Перспективы дальнейших исследований.

Для введения данных ограничений необходимо провести исследования по определению количества пыли участвующего во взрыве и определяющего давление взрыва, которое не должно превышать максимальное давление взрыва для данного вещества. А также при превышении стехиометрической концентрации пыли в воздухе помещения необходимо установить зависимость давления взрыва от количества пыли не участвующего во взрыве, т.е. того количества пыли, которое не смогло сгореть ввиду выгорания окислителя при горении стехиометрической пылевоздушной смеси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения : ГОСТ 12.1.044-89. – Переизд. с изм. №1. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 2006. – 99 с.
2. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования : ГОСТ 12.1.041-83. – Переизд. с изм. №2. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1990. – 14 с.
3. Буякевич, А.Л. Проблемы определения категории по взрывопожарной и пожарной опасности помещений, связанных с обращением пыли / А.Л. Буякевич [и др.] // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2012. – Том 7, – № 2. – С. 69–75.
4. О пожарной безопасности: Закон Респ. Беларусь от 15.06.1993 года №2403-ХП: с изм. и доп. принятыми Законами: от 03.05.1996 года №21, от 13.11.1997 года №87-3, от 11.01.2002 года №89-3, от 18.11.2004 года №338-3, от 29.06.2006 года №137-3, от 20.07.2006 года №162-3, от 14.06.2007 года №239-3, от 31.12.2009 года №114-3, от 30.11.2010 года №196-3. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2005. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. –Дата доступа: 26.09.2012.
5. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : ТКП 474-2013 (02300). – Введ. 15.04.2013. – Минск: НИИ ПБ и ЧС МЧС Республики Беларусь, 2013. – 53 с.
6. Ограничение распространения пожара в зданиях и сооружениях. Объемно-планировочные и конструктивные решения. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.02-92-2007 (02250). – Введ. 01.07.2008. – Минск : РУП «Стройтехнорм», 2008. – 34 с.
7. Система стандартов безопасности труда. Взрывобезопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.010-76. – Переизд. с изм. №1. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.
8. Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Область применения автоматических систем пожарной сигнализации и установок пожаротушения: НПБ 15-2007. – Введ. 01.03.2008. – Минск: НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, 2008. – 44 с.
9. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.004-91. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1992. – 81 с.
10. Годжелло, М.Г. Взрывы промышленных пылей и их предупреждение / М.Г. Годжелло – Москва : Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1952. – 138 с.
11. Таубкин, С. И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы [Текст] / С. И. Таубкин. – М., 1999. – 600 с.
12. Строительная климатология [Текст]. Изменение №1 СНБ 2.04.02–2000 = Будаўнічая кліматалогія. Змяненне №1 БНБ 2.04.02–2000. – Введ. 01–07–07. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2007. – 35 с. – (Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве).
13. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения [Текст] : справ. изд. : в 2 кн. / А. Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. – М: ПжНаука, 2004. – 1 кн. – 713с.

УДК 536.3: 535.34:614.838.441

А.Г. Виноградов, к.ф.-м.н., доц., Г.О. Малигін,
Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

ЕКРАНУЮЧІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДЯНИХ ЗАВІС: МЕТОДИКА РОЗРАХУНКІВ І ПОРІВНЯННЯ З ЕКСПЕРИМЕНТОМ

Представлено математичну модель взаємодії теплового випромінювання від осередку пожежі з розпиленою водою, а також розроблену на її основі методику розрахунків екрануючих властивостей водяних завіс протипожежного призначення. Верифікація розрахункової методики виконана на основі порівняння чисельних розрахунків з результатами відповідних експериментальних вимірювань

Ключові слова: водяна завіса, теплове екранування, методика розрахунків.

Постановка проблеми. На даний час розрахунок дренчерних завіс при їх проектуванні виконується відповідно до діючих в Україні нормативних документів [1-9] за методиками, призначеними для розрахунку систем пожежогасіння із застосуванням розпиленої води [10-12]. При розрахунку враховуються їх геометричні розміри, загальна й питома витрата води, інтенсивність зрошування. Виходячи з цього, обирається тип зрошувачів, розраховуються їх кількість, просторове положення, параметри трубопроводу й тиск подачі води. Однак у методиках розрахунку відсутні параметри, які фактично визначають захисні властивості водяної завіси: коефіцієнт екранування теплового випромінювання, діаметри крапель, концентрація крапель. У технічних паспортах дренчерних зрошувачів, у переліку їх технічних характеристик ці параметри також відсутні. Фактично, при розрахунку не враховується різниця між системою пожежогасіння розпиленою водою й системою для захисту навколишнього простору від негативних чинників пожежі, хоча завдання цих систем істотно відрізняються.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Наукові дослідження в напрямку створення методів розрахунку екрануючих властивостей водяних завіс в Україні та країнах СНД не проводяться, судячи з відсутності відповідних публікацій. Аналіз публікацій далекого зарубіжжя свідчить про те, що інтенсивність даного напрямку досліджень у світі в останні 20-25 років досить висока [13-15]. Однак проблема створення надійних розрахункових методів і на їх основі стандартних методик розрахунку екрануючих властивостей водяних завіс на даний час не вирішена [16, 17]. Протягом останніх 2 років з метою теоретичного аналізу процесів, пов'язаних з екрануванням теплових потоків розпиленою водою, розроблена математична модель, елементи якої опубліковані в роботах [18-21].

Постановка задачі та її розв'язання. Узагальнити й систематизувати основні результати, отримані при розробці математичної моделі екранування променистого теплового потоку від осередку пожежі за допомогою водяної завіси [18-21]. Представити розрахункові формули й обґрунтувати методику розрахунків коефіцієнта пропускання водяної завіси для типових умов застосування водяних завіс протипожежного призначення. Виконати чисельні розрахунки для типових режимів взаємодії водяних завіс із тепловим випромінюванням пожеж та порівняти їх із опублікованими результатами експериментальних досліджень.

Методика розрахунків. Схема процесу теплового екранування представлена на рис. 1. Первинне випромінювання з інтенсивністю I_1 від осередку пожежі падає на дренчерну водяну завісу товщиною l . Частина променистого теплового потоку W_{abs} поглинається краплями (внаслідок чого їх температура підвищується) і далі проходить ослаблене випромінювання інтенсивністю I_2 .

Коефіцієнт пропускання водяної завіси:

$$H = \frac{I_2}{I_1}. \quad (1)$$

Для визначення величини H необхідно розглянути процеси взаємодії краплі води з тепловим випромінюванням. Як показують розрахунки, при показнику заломлення води $n_m = 1,33$ усередину сферичної краплі проходить 93,4% падаючого на краплю потоку W_1 , утворюючи внутрішньо-краплинний енергетичний потік W_{in} (рис. 2):

$$W_{in} = 0,934 \cdot W_1.$$

Інші 6,6% (потік W_{refl}) відбиваються від поверхні краплі з невеликою зміною напрямку із шириною індикатриси розсіяння $\pm 14^\circ$ по рівню 0,5.

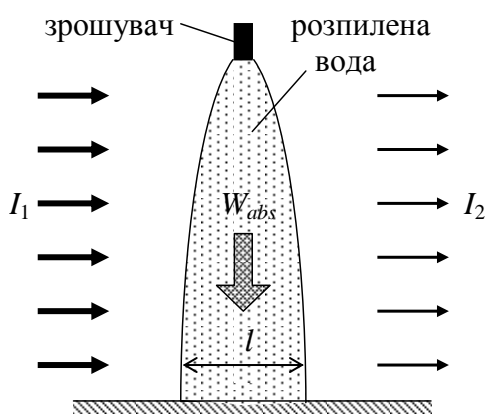


Рисунок 1 - Схема процесу теплового екранування.

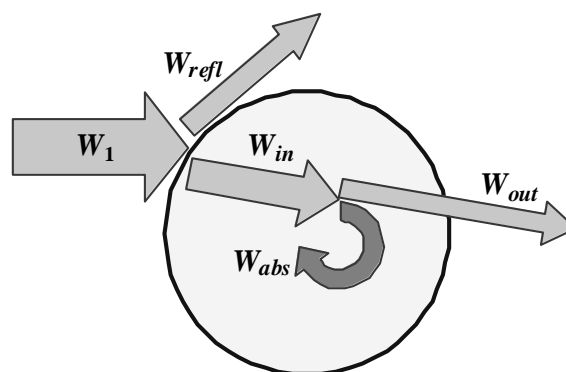


Рисунок 2 - Схема взаємодії теплового випромінювання з краплею води.

Внутрішньо-краплинний потік W_{in} частково поглинається водою (на нагрівання води йде потік W_{abs}), і назовні із краплі виходить його частина W_{out} . Коефіцієнт пропускання краплі залежить від її діаметра D і ефективної температури осередку пожежі T :

$$\eta(D, T) = \frac{W_{out}}{W_{in}}. \quad (2)$$

У загальному випадку розрахунок коефіцієнта пропускання краплі досить складний і вимагає комп'ютерної обробки великих масивів даних.

Для монохроматичного випромінювання з довжиною хвилі λ у роботі [19] виконаний розрахунок у наближенні геометричної оптики:

$$\eta_\lambda = e^{-0,84\alpha_\lambda \cdot D}, \quad (3)$$

де α_λ – коефіцієнт поглинання води при довжині хвилі λ :

$$\alpha_\lambda = 4\pi k / \lambda,$$

де k – уявна частина комплексного показника заломлення води. Результат розрахунку α_λ у графічному вигляді представлений на рис. 3.

Розрахункова формула для коефіцієнта пропускання теплового випромінювання монодисперсної водяної завіси [18, 19]:

$$H = \exp\left\{-0,934 \cdot [1 - \eta(D, T)] \cdot \frac{3 \cdot w_{vv}}{2 \cdot D} \cdot l\right\}, \quad (4)$$

де w_{vv} – об'ємна частка води в завісі.

Реальне теплове випромінювання від осередку пожежі не є монохроматичним, тому формула (3) не підходить для розрахунку коефіцієнта пропускання краплі.

Згідно з літературними даними [22], форму спектра випромінювання пожежі можна визначити як суму двох основних компонент: 1) спектр випромінювання абсолютно чорного тіла (АЧТ); 2) молекулярні смуги газоподібних продуктів горіння:

$$I_{\lambda} = (1 - \psi) \cdot I_{b, \lambda} + \psi \cdot I_{m, \lambda}, \quad (5)$$

де ψ – ваговий коефіцієнт, що визначає співвідношення внесків $I_{b, \lambda}$ (спектр АЧТ) і $I_{m, \lambda}$ (молекулярні смуги). Найбільш сильний вплив на форму спектрів випромінювання пожеж чинять, зазвичай, дві молекулярні смуги, розташовані при довжинах хвиль 4,4 мкм (CO_2) і 2,7 мкм ($\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$).

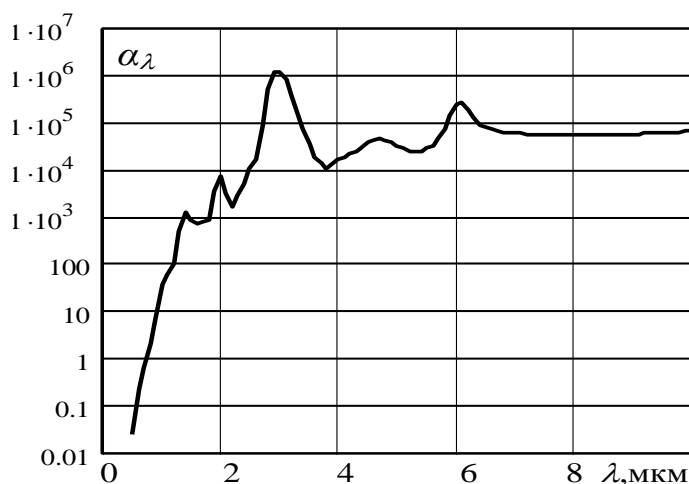


Рисунок 3 - Залежність коефіцієнта поглинання води від довжині хвилі випромінювання

Спектральна інтенсивність випромінювання АЧТ дається формулою Планка:

$$I_{b, \lambda} = \frac{I_{b0}}{\lambda^5 \left(\exp\left(\frac{hc_0}{\lambda k_B T}\right) - 1 \right)}, \quad (6)$$

де T – температура тіла, К; h – стала Планка, Дж·з; c_0 – швидкість світла у вакуумі, м/с; k_B – стала Больцмана, Дж/с; I_{b0} – нормувальний коефіцієнт.

Для розрахунків внеску $I_{m, \lambda}$ пропонується використовувати дві названі вище смуги у вигляді лінійної комбінації лоренціанів зі співвідношенням інтенсивностей 25:1:

$$I_{m, \lambda} = I_{m0} \left(\frac{(\Delta\lambda_1)^2}{(\lambda - \lambda_{01})^2 + (\Delta\lambda_1)^2} + \frac{0,04 \cdot (\Delta\lambda_2)^2}{(\lambda - \lambda_{02})^2 + (\Delta\lambda_2)^2} \right), \quad (7)$$

де $\lambda_{01} = 4,4$ мкм і $\lambda_{02} = 2,7$ мкм – положення центрів смуг; $\Delta\lambda_{01} = 0,14$ мкм і $\Delta\lambda_{02} = 0,22$ мкм – напівширина на напіввисоті кожної зі смуг; I_{m0} – нормувальний коефіцієнт.

Розрахунок коефіцієнта пропускання краплі виконується чисельним інтегруванням:

$$\eta = \frac{\int_0^{\infty} I_{\lambda} \cdot e^{-0,84 \cdot \alpha_{\lambda} \cdot D} d\lambda}{\int_0^{\infty} I_{\lambda} d\lambda} . \quad (8)$$

Для наближених розрахунків можна використовувати знайдену в роботі [21] функцію апроксимації:

$$\eta(\psi, D, T) = (1 - \psi) \cdot \eta(0, D, T) + \psi \cdot \eta(1, D, T) . \quad (9)$$

У даному співвідношенні $\eta(0, D, T)$ – коефіцієнт пропускання краплі для випромінювання АЧТ. У роботі [19] для нього отримана функція апроксимації:

$$\eta(0, D, T) = AD^B + C , \quad (10)$$

де коефіцієнти A, B, C – деякі функції від температури T :

$$A = 1,25 \cdot 10^{-35} \cdot (T - 207,6)^{11,02} , \quad (11)$$

$$B = -2,329 + 1,6362 \cdot 10^{-3} \cdot T + 1,0519 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 - 1,386 \cdot 10^{-9} \cdot T^3 + 5 \cdot 10^{-13} \cdot T^4 - 0,651 \cdot 10^{-16} \cdot T^5 , \quad (12)$$

$$C = -9,59 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{0,002495T} . \quad (13)$$

Функція апроксимації залежності коефіцієнта пропускання краплі від її діаметра для молекулярних смуг:

$$\eta(1, D, T) = 1,8 \cdot 10^{-7} \cdot D^{-1,45} - 2 \cdot 10^{-3} . \quad (14)$$

Всі представлені вище формули отримані в наближенні монодисперсної водяної завіси, тобто вони справедливі для випадку, який на практиці не реалізується.

Для врахування розподілу за розмірами крапель водяної завіси в роботі [20] використана функція логарифмічно нормального розподілу:

$$f(D) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot D} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2\sigma^2} \cdot \left(\ln \frac{D}{\mu} \right)^2 \right] , \quad (15)$$

де μ – медіана (параметр масштабу), σ – параметр форми, що визначає ширину функції розподілу.

Середній діаметр крапель розподілу (15) визначається співвідношенням:

$$D_{av} = \mu \cdot e^{\frac{\sigma^2}{2}} . \quad (16)$$

Для розрахунку коефіцієнта пропускання водяної завіси весь діапазон значень діаметрів крапель представлений у вигляді ряду дискретних величин із кроком ΔD : $D_i = i \cdot \Delta D$, де індекс i приймає цілочисельні значення. У роботі [20] отримана розрахункова формула:

$$H = \prod_{i=1}^{i_{\max}} \exp \left[-0,559 \cdot (1 - \eta(\psi, D_i, T)) \cdot \frac{w_{vv} \cdot l \cdot \Delta D \cdot D_i}{\sigma \cdot D_{av}^3} \cdot e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \cdot \left(\ln \frac{D_i}{D_{av}} + \frac{\sigma^2}{2} \right)^2 - 3 \cdot \sigma^2} \right]. \quad (17)$$

Формула (17) істотно складніше формули (4), застосовуваної для розрахунку величини H монодисперсних завіс. Для спрощення розрахунків пропонується формальна заміна полідисперсної завіси на еквівалентну їй по екрануючих властивостях монодисперсну (при тій же відносній кількості води w_{vv}).

В [20] знайдена розрахункова формула для діаметра крапель еквівалентної монодисперсної завіси:

$$D_{eq} = D_{av} \cdot e^{2,33 \cdot \sigma^{2,33}}. \quad (18)$$

Використовуючи еквівалентну монодисперсну завісу, для розрахунку коефіцієнта пропускання можна замість складної розрахункової формули (17) використовувати формулу, аналогічну (4):

$$H = \exp \left\{ -1,4 \cdot \left[1 - \eta(\psi, D_{eq}, T) \right] \cdot \frac{w_{vv} \cdot l}{D_{eq}} \right\}. \quad (19)$$

У підсумку, можна запропонувати наступний алгоритм розрахунку коефіцієнта пропускання завіси:

1. Задати вихідні параметри, набір яких залежить від конкретного завдання: D_{av} , σ , T , ψ , w_{vv} , l . Параметри T і ψ визначаються видом і режимом пожежі. Параметр l можна знайти на основі паспортних технічних характеристик зрошувача. Для визначення параметрів w_{vv} , D_{av} і σ необхідно виконати відповідні виміри.
2. По формулі (18) знайти діаметр крапель еквівалентної монодисперсної завіси D_{eq} .
3. По формулах (9)-(14) виконати розрахунок коефіцієнта пропускання краплі $\eta(\psi, D_{eq}, T)$.
4. По формулі (19) визначити коефіцієнт пропускання водяної завіси H .

Примітка: Найбільш трудомістким у даному алгоритмі є п. 1. Надалі доцільно включити параметри D_{av} , σ , w_{vv} , l у перелік обов'язкових паспортних технічних характеристик зрошувачів для водяних завіс. Крім того, для оперативного визначення наближених параметрів T і ψ виконати класифікацію основних типів пожеж і на основі літературних даних і додаткових досліджень визначити для кожного з них типові значення даних параметрів.

Порівняння теоретичних розрахунків з експериментом. Для верифікації математичної моделі порівняємо виконані за її допомогою теоретичні розрахунки з даними експериментальних вимірювань.

Слід зазначити, що вимірювання параметрів, які входять до складу формул (9) – (14), (18), (19) є доволі складною проблемою. Особливо проблематичним є вимірювання величин D і w_{vv} . Тому з усіх опублікованих експериментальних робіт даного напрямку досліджень лише робота [23] певною мірою відповідає поставленій задачі (має необхідний набір вимірюваних параметрів).

В табл. 1 представлені експериментальні дані з роботи [23] для конічних розпилювачів води трьох типів, позначених №1, №2 і №3. Застосовані наступні позначення величин: p – тиск води у розпилювачі; $G = (1 - H)$ – ослаблення теплового потоку завісою; Q – витрати води; v – швидкість крапель.

Таблиця 1 – Параметри розпилених струменів конічних розпилювачів води

Розпилювач	p , бар	G	Q , мл/хв.	D , мкм	v , м/с
№ 1	1	0,028	350	268	1,2
	2	0,052	550	175	0,9
	3	0,069	625	110	1,7
	4	0,092	700	104	1,5
	5	0,106	750	102	2,0
	6	0,124	875	102	1,8
	7	0,111	950	93	2,3
	8	0,139	1000	126	1,8
№ 2	1	0,036	1400	392	1,9
	2	0,063	1825	266	2,2
	3	0,077	2000	167	2,9
	4	0,095	2250	162	3,5
	5	0,115	2500	115	4,6
	6	0,122	2750	126	5,0
	7	0,136	3000	156	5,5
	8	0,149	3250	148	3,6
№ 3	1	0,061	2600	691	1,0
	2	0,110	3750	753	1,3
	3	0,160	4500	794	1,6
	4	0,205	5000	638	2,4
	5	0,247	5750	550	2,9
	6	0,273	6000	182	3,7
	7	0,354	6750	178	4,2
	8	0,355	7500	160	4,8

За наведеними в роботі [23] даними щодо експериментального обладнання для обчислень були задані наступні параметри: $T = 1173$ К; $l = 0,8$ м. Величини w_{vv} для кожної точки графіка обчислювались за формулою:

$$w_{vv} = \frac{4Q}{\pi l^2 v},$$

де враховано, що розпилений струмінь має форму конуса з діаметром перерізу l .

На рис. 4 представлені графіки залежностей $G(Q)$ для кожного розпилювача. Суцільна лінія – результат розрахунку за формулою (2), пунктир – експеримент (за даними, наведеними в таблиці). Аналіз графіків свідчить про наступне:

- 1) більшість теоретичних і експериментальних значень ослаблення G є достатньо близькими, за виключенням кількох значень для розпилювача № 3.
- 2) значні коливання і немонотонність теоретичних залежностей $G(Q)$ не можна пояснити фізичними причинами. Вони свідчать про вплив великих експериментальних похибок при вимірюванні величин D і v .

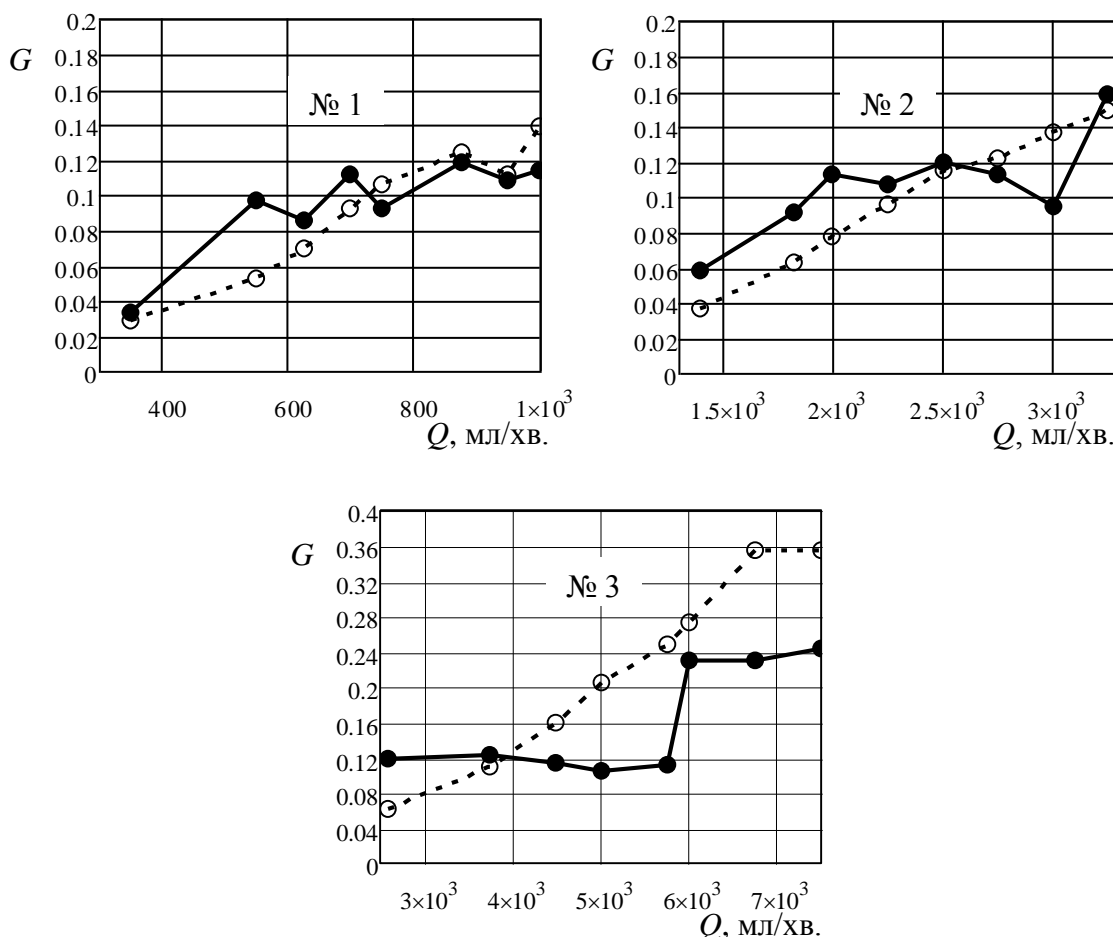


Рисунок 4 - Теоретичні (лінія) і експериментальні (пунктир) залежності ослаблення теплового випромінювання від витрат води водяної завіси.

На основі великої кількості теоретичних і експериментальних робіт відомо, що при зростанні тиску води в розпилювачі середній діаметр крапель монотонно зменшується, а їх середня швидкість – монотонно зростає. Але при детальному аналізі даних, наведених у таблиці, можна побачити, що для всіх трьох розпилювачів ці залежності є немонотонними. Найбільш показовим прикладом є раптове зменшення діаметру крапель в 3 рази при зміні тиску води в розпилювачі № 3 від 5 бар до 6 бар. Це явище не можна пояснити фізично, і саме воно є причиною найбільш різкого зростання на теоретичному графіку № 3.

Отже, достатня близькість більшості теоретичних і експериментальних значень ослаблення теплового потоку свідчить про дієздатність представленої математичної моделі. В той же час, для її більш детальної верифікації необхідно отримати результати якісних експериментальних вимірювань.

Висновки. Представлена математична модель і створена на її основі розрахункова методика дозволяють виконувати розрахунки для визначення раціональних режимів водяних завіс, призначених для захисту від теплового випромінювання осередку пожежі. Виконані за допомогою даної методики розрахунки та їх порівняння з результатами опублікованих експериментальних досліджень засвідчили їх достатню близькість та подібну динаміку.

Перспективи подальших досліджень. Для більш ефективного застосування запропонованої вище розрахункової методики необхідно виконати експериментальні дослідження існуючих зрошувачів для водяних завіс з метою визначення параметрів, що застосовуються для розрахунків: об'ємну частку води в завісі w_{vv} , середній діаметр крапель D_{av} , параметр форми функції розподілу σ . Крім того, необхідно виконати експериментальні вимірювання коефіцієнту пропускання та інших параметрів водяної завіси, більш якісні, ніж

в роботі [23], з метою їх використання для верифікації математичної моделі та методики розрахунків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Протипожежна техніка. Установки водяного пожежогасіння автоматичні. Зрошувачі для водяних завес. Загальні технічні вимоги та методи випробовування : ДСТУ 5027:2008. – [Чинний від 2010-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2010. – 28 с. – (Національний стандарт України).
2. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва : ДБН В.1.1.7–2002*. – [Чинний від 2003-05-01]. – К. : Держбуд України, 2003. – 41 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Системи протипожежного захисту. Інженерне обладнання будинків і споруд : ДБН В.2.5-56-2010. – [Чинний від 2011-10-01]. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. – 137 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Протипожежний захист складів легкозаймистих та горючих рідин на підприємствах паливно-енергетичного комплексу. Інструкція з проектування, будівництва та експлуатації : НАПБ 05.033–2002. - [Чинний від 2002-04-01]. – К.: Міністерство палива та енергетики України, 2002. – 63 с. – (Державні будівельні норми України).
5. Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичення парів не вище 93,3 кПа : ВБН В.2.2-58.1–94. – [Чинний від 1994-04-01]. – К.: Держкомнафтогаз України, 1994. – 149 с. – (Відомчі будівельні норми України).
6. Будинки і споруди. Культурно-видовищні та дозвіллеві заклади : ДБН В.2.2-16–2005. – [Чинний від 2006-04-01]. – К.: Держбуд України, 2005. – 63 с. – (Державні будівельні норми України).
7. Причальные комплексы для перегрузки нефти и нефтепродуктов. Противопожарная защита. Нормы проектирования: ВСН 12–87. – [Введен в действие 1987-06-01]. – Минморфлота СССР. – 17 с. – (Ведомственные строительные нормы).
8. Будинки і споруди. Підприємства торгівлі. Основи проектування : ДБН В.2.2-23:2009. - [Чинний від 2009-07-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 50 с. - (Державні будівельні норми України).
9. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою : НАПБ Б 03.002–2007. [Чинний від 2007-12-03]. – К. : УкрІНДІПБ МНС Україна, 2007. – 27 с. (Державні будівельні норми України).
10. Проектирование водяных и пенных автоматических установок пожаротушения / [Мешман Л.М., Цариченко С.Г., Былинкин В.А.]; под ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО МЧС РФ, 2002. – 413 с.
11. Оросители водяных и пенных автоматических установок пожаротушения: учебно-методическое пособие. / [Л.М. Мешман, С.Г. Цариченко, В.А. Былинкин и др.]; под общ. ред. Н.П. Копылова. ВНИИПО МЧС РФ. – М., 2002. – 315 с.
12. Использование оросителей общего назначения для создания водяных завес. / Л.М. Мешман, С.Г. Цариченко, В.В. Алешин [и др.] // Пожарная безопасность. – 2001. – № 3. – С. 90-96.
13. Buchlin J.-M. Thermal shielding by water spray curtain / Buchlin J.-M. // J. Loss Prev. Process Industries, 2005. – Vol. 18, No. 4-6. – P. 423–432.
14. Hostikka S. Numerical modeling of radiative heat transfer in water sprays / S. Hostikka, K. McGrattan // Fire Safety Journal, 2006. – Vol. 41. – P. 76–86.
15. Collin A. Water mist and radiation interactions: application to a water curtain used as a radiative shield / A. Collin, S. Lechene, P. Boulet, G. Parent // Numerical Heat Transfer, Part A: Applications, 2010. – Vol. 57. – P. 537-553.
16. Sacadura J.-F. Radiative heat transfer in fire safety science / Sacadura J.-F. // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf., 2005. Vol. 93, no. 1-3, P. 5–24.
17. Santangelo P.E. Fire control and suppression by water-mist systems / Santangelo P.E., Tartarini P. // Open Thermodyn. J., 2010. vol. 4, P.167-184.

УДК 614.842

Д.П. Войтович, к.т.н.,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

СКРОРОЧЕННЯ ЧАСУ ВІЛЬНОГО РОЗВИТКУ ПОЖЕЖІ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ ІСНУЮЧИХ МЕЖ РАЙОНІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ МІСТА ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ

Розглянуто керівні документи, що визначають граничний радіус виїзду пожежно-рятувальних підрозділів під час визначення меж районів обслуговування. Відібрано та проаналізовано статистичні дані (час слідування до місця виклику, розподіл кількості викликів, кількість пожежно-рятувальних автомобілів, площа району обслуговування та кількість населення, що на ній проживає) для восьми пожежно-рятувальних підрозділів м. Львова з використанням запропонованої оптимізаційної імітаційної моделі.

Ключові слова: район обслуговування міста, радіус виїзду пожежно-рятувального підрозділу, час вільного розвитку пожежі, оптимізаційна імітаційна модель.

Постановка проблеми. Основний нормативний документ [1], що регламентує протипожежні норми в планувальних рішеннях міст рекомендує при проектуванні та реконструкції протипожежного захисту міст використовувати відстань у 3 км в якості граничного значення радіуса обслуговування пожежних депо. Таке значення визначено на основі даних статистичної звітності пожежно-рятувальних підрозділів за відомою моделлю [2, 3].

Станом на сьогоднішній день для пожежно-рятувальних підрозділів м. Львова дане значення для окремих із них перевищує нормативне в 1,5 рази (в середньому на 40 %), що в свою чергу збільшує час реакції підрозділу на виклики та впливає на час вільного розвитку пожежі.

Чим більший час слідування до місця виклику, тим більший загальний час зайнятості пожежно-рятувальних підрозділів на виїзді та відповідно більша тривалість гасіння пожежі цим підрозділом. За різними оцінками, одна хвилина затримки (збільшення часу реакції на подію) пожежно-рятувальних відділень, призводить до збільшення прямого та побічного збитків від пожежі на 100-450 грн, а в окремих випадках може сягати 5000 грн, залежно від очікуваного часу реакції пожежно-рятувальних відділень, масштабів пожежі, типу об'єктів та інших факторів. Це обумовлює необхідність в проведенні різних заходів організаційного та технічного спрямування в дану напрямку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Даній проблематиці присвячено ряд робіт. Так, наприклад, в [4, 6] розглядаються питання визначення районів обслуговування для підрозділів місцевої пожежної охорони, де використовується в якості граничного показника «граничний час слідування», «максимально можливий час для проведення ефективних оперативних дій». В роботі [5] запропоновано для визначення районів обслуговування міста пожежно-рятувальними підрозділами застосувати діаграми Вороного та тріангуляції Делоне. Проте всі ці методи не охоплюють більшість чинників, що мають безпосередній вплив на визначення меж районів обслуговування міста.

Мета роботи. Розробити оптимізаційну імітаційну модель визначення оптимальних меж районів обслуговування міста пожежно-рятувальними підрозділами.

Визначення нових оптимальних меж районів обслуговування пожежно-рятувальних підрозділів м. Львова виконуємо на підставі запропонованої оптимізаційної імітаційної моделі. Це дозволить підвищити ефективність функціонування пожежно-рятувальних підрозділів міста в процесі дій з ліквідації пожеж завдяки зменшенню часу вільного розвитку пожежі.

Викладення основного матеріалу. На підставі аналізу для кожного пожежно-

рятувального підрозділу значень $\tau_{сл.i}$, числа викликів N_i , кількості пожежно-рятувальних автомобілів $N_{авто i}$, площі S_i та кількості населення H_i , які були отримані на підставі результатів експериментальних досліджень для м. Львова, виконуємо раціональну зміну меж районів обслуговування міста пожежно-рятувальними підрозділами за умови

$$\tau_{сл.i} \rightarrow \min; N_i \rightarrow \min; H_i \rightarrow \min; P_i (N_{авто i} = 2) \rightarrow \max,$$

де $P_i (N_{авто i} = 2)$ – імовірність того, що одночасно оперативною роботою в одній або різних пожежно-рятувальних частинах міста зайняті 2 пожежних автомобілі.

Імовірність $P_i (N_{авто i} = 2)$ можна визначити на підставі рекомендацій [7]

$$P_{i(N_{авто i}=2)} = \frac{\lambda_i \cdot \tau_{сер}}{2} (2c_{2i} + \lambda \cdot \tau_{сер} \cdot c_{1i}^2) \cdot \exp[-\lambda_i \cdot \tau_{сер}],$$

де $\tau_{сер}$ – середня тривалість одного виїзду пожежного автомобіля для пожежно-рятувального підрозділу;

c_{1i} – частота використання одного пожежного автомобіля; згідно з рекомендаціями [7] $c_{1i} = 0,1$;

c_{2i} – частота використання двох пожежних автомобілів; згідно з рекомендаціями [7] $c_{2i} = 0,8$.

За умовою необхідно мінімізувати для кожного району обслуговування міста максимальний радіус виїзду $R_{i \max}$ з урахуванням максимального значення коефіцієнта k_n непрямолінійності вуличної мережі автодоріг, числа викликів N_i , кількості населення H_i та площі S_i з одночасною максимізацією імовірності $P_i (N_{авто i} = 2)$. Середнє значення часу слідування $\tau_{сл.сер}$ до місця виклику буде

$$\tau_{сл.сер} = \frac{1}{\Pi} \sum_{i=1}^{\Pi} \tau_{сл.i}.$$

Тоді за критерій оптимізації приймаємо різницю за модулем між середнім значенням часу слідування по місту та значенням часу слідування для кожного району виїзду, який обслуговується відповідним пожежно-рятувальним підрозділом

$$|\tau_{сл.сер} - \tau_{сл.i}| \Rightarrow \min.$$

Виходячи з поставленої умови, оптимізаційна імітаційна модель визначення оптимальних меж районів обслуговування міста пожежно-рятувальними підрозділами матиме такі функції мети

$$R_{i \max} k_n \Rightarrow \min; N_i \Rightarrow \min; H_i \Rightarrow \min; P_i (N_{авто i} = 2) \Rightarrow \max; \quad (1)$$

за критерієм

$$|\tau_{сл.сер} - \tau_{сл.i}| \Rightarrow \min; \quad (2)$$

з урахуванням обмежень

$$a_1 \leq \begin{pmatrix} R_{1\max} \\ R_{2\max} \\ \dots \\ R_{8\max} \end{pmatrix} \leq b_1; \quad a_2 \leq \begin{pmatrix} N_1 \\ N_2 \\ \dots \\ N_8 \end{pmatrix} \leq b_2; \quad a_3 \leq \begin{pmatrix} H_1 \\ H_2 \\ \dots \\ H_8 \end{pmatrix} \leq b_3; \quad a_4 \leq \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_8 \end{pmatrix} \leq b_4; \quad (3)$$

$$a_5 \leq \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_8 \end{pmatrix} \leq b_5; \quad a_6 \leq \begin{pmatrix} \tau_{cl1} \\ \tau_{cl2} \\ \dots \\ \tau_{cl8} \end{pmatrix} \leq b_6; \quad a_7 \leq \begin{pmatrix} c_{11} \\ c_{12} \\ \dots \\ c_{18} \end{pmatrix} \leq b_7; \quad a_8 \leq \begin{pmatrix} c_{21} \\ c_{22} \\ \dots \\ c_{28} \end{pmatrix} \leq b_8;$$

$$R_{i\max} \leq 0,62 [0,5(S_{i\min} + S_{i\max})]^{0,5}; \quad (4)$$

$$N_i \leq \frac{1}{N_{\text{дено}}} N; \quad (5)$$

$$H_i \leq \frac{H}{N_{\text{дено}}} \text{ та } \sum_{i=1}^{N_{\text{дено}}} H_i \leq H; \quad (6)$$

$$\frac{H_i}{S_i} \leq \frac{H}{S} \text{ та } \sum_{i=1}^{N_{\text{дено}}} S_i \leq S; \quad (7)$$

$$\lambda_i \leq \frac{\lambda N_i}{N} \text{ та } \sum_{i=1}^{N_{\text{дено}}} \lambda_i = \lambda; \quad (8)$$

$$P_i (\text{Навто } i=2) \geq [P], \quad (9)$$

де $a_1, a_2, \dots, a_8, b_1, b_2, \dots, b_8$ – межі значення складових елементів оптимізаційної моделі;

$$a_1 = 0,62 \left(\frac{S}{N_{\text{дено}}} \right)^{0,5}; \quad b_1 = 0,62 \left(\frac{S}{N_{\text{дено}} - \lambda \cdot \tau_{\text{сер}}} \right)^{0,5};$$

λ – середнє значення частоти викликів за одиницю часу (год) по місту;

λ_i – середнє значення частоти викликів за одиницю часу (год) для i -го пожежно-рятувального підрозділу;

N – загальна кількість викликів на пожежу по місту за рік;

$\tau_{\text{сер}}$ – середня тривалість одного виїзду пожежного автомобіля для пожежно-рятувального підрозділу міста, год; $\tau_{\text{сер}} = 0,9$ год для житлового сектора і $\tau_{\text{сер}} = 3$ год для промислових об'єктів [7];

$$a_2 = N_{i\min}; \quad b_2 = N_{i\max};$$

$$\begin{aligned}
 a_3 &= H_{i \min}; \quad b_3 = H_{i \max}; \\
 a_4 &= S_{i \min}; \quad b_4 = S_{i \max}; \\
 a_5 &= \frac{\lambda - 4\sqrt{\lambda}}{N_{\text{дено}}}; \quad b_5 = \frac{\lambda + 4\sqrt{\lambda}}{N_{\text{дено}}}; \\
 a_6 &= 4,18 + 1,97 \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{дено}}} L_{i \min}}{N_{\text{дено}}} - 0,2 \cdot 24; \quad b_6 = 4,18 + 1,97 \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{дено}}} L_{i \max}}{N_{\text{дено}}} - 0,2 \cdot 12; \\
 a_7 &= 0,07; \quad b_7 = 0,2; \\
 a_8 &= 0,3; \quad b_8 = 0,8.
 \end{aligned}$$

Для розв'язання поставленої задачі раціональної зміни меж районів обслуговування міста пожежно-рятувальними підрозділами на ПЕОМ використовуємо метод Монте-Карло.

Послідовність псевдовипадкових чисел μ_i отримуємо з використанням генератора на ПЕОМ. Отримані псевдовипадкові числа за залежностями

$$R_{i \max} = a_1 + \mu_{1i}(b_1 - a_1); \quad (10)$$

$$N_i = a_2 + \mu_{2i}(b_2 - a_2); \quad (11)$$

$$H_i = a_3 + \mu_{3i}(b_3 - a_3); \quad (12)$$

$$S_i = a_4 + \mu_{4i}(b_4 - a_4); \quad (13)$$

$$\lambda_i = a_5 + \mu_{5i}(b_5 - a_5); \quad (14)$$

$$\tau_{\text{сл.}i} = a_6 + \mu_{6i}(b_6 - a_6); \quad (15)$$

$$c_{1i} = a_7 + \mu_{7i}(b_7 - a_7); \quad (16)$$

$$c_{2i} = a_8 + \mu_{8i}(b_8 - a_8), \quad (17)$$

перетворюємо до інтервалів змінних $R_{i \max}$, N_i , H_i , S_i , λ_i , $\tau_{\text{сл.}i}$, c_{1i} та c_{2i} .

Блок-схема алгоритму оптимізаційної імітаційної моделі визначення оптимальних меж районів обслуговування міста пожежно-рятувальними підрозділами зображена на рис. 1.

Для роботи імітаційної оптимізаційної моделі необхідно ввести вхідні дані, а саме: загальну кількість пожежних депо $N_{\text{дено}}$ міста; загальну площу міста S в км²; загальну кількість населення міста H в тис. чоловік; середній час $\tau_{\text{сер}}$ тривалості одного виїзду пожежного автомобіля для пожежно-рятувального підрозділу; середнє значення викликів за одиницю часу λ по місту, викл./год; $H_{i \min}$ (найменша кількість населення для i -того району обслуговування міста i -тим пожежним депо, і яка визначена на підставі аналізу кількості населення для всіх районів обслуговування), тис. чол.; найбільшу кількість населення $H_{i \max}$ для i -того району обслуговування міста (визначається аналогічно), тис. чол.; найменшу площу i -того району обслуговування міста $S_{i \min}$ i -тим пожежним депо, км²; найбільшу площу

$S_{i \max}$ i -того району обслуговування міста; сумарну кількість викликів $N = \sum_{i=1}^{N_{\text{дено}}} N_i$ по місту за

рік; найменшу кількість викликів за рік $N_{i \min}$ для відповідного i -того району обслуговування міста; найбільшу кількість викликів за рік $N_{i \max}$ для відповідного i -того району обслуговування міста; мінімальну відстань від пожежного депо до місця виклику $L_{i \min}$ (для всіх районів обслуговування міста), км; максимальну відстань від пожежного депо до місця виклику $L_{i \max}$ (для всіх районів обслуговування міста), км; значення коефіцієнта непрямої мережі вуличної мережі автодоріг k_n ; допустиме значення імовірності $[P]$ того, що одночасно оперативною роботою в одній або різних пожежно-рятувальних частинах

міста зайняті 2 пожежних автомобілі; допустиме значення імовірності $[p]$ потрапляння точок в процесі дослідження в область допустимих розв'язків.

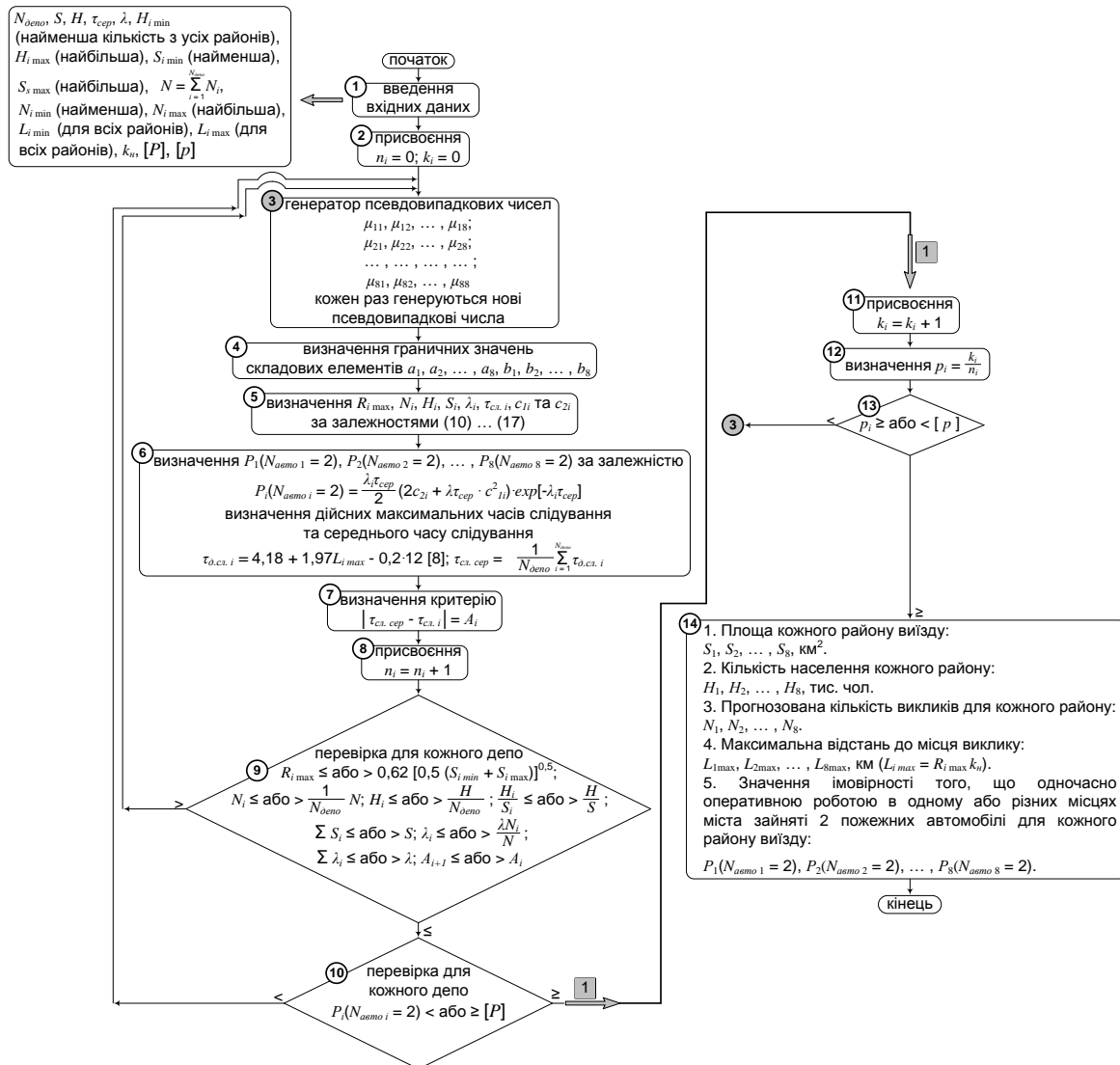


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму оптимізації визначення меж районів обслуговування міста пожежно-рятувальними підрозділами

Блок-схема алгоритму оптимізації визначення меж районів містить 14 блоків. Після введення вхідних даних в блоці 1 до роботи підключаються блоки 2-13, за результатом роботи яких вихідний блок 14 виконує вивід вхідних і вихідних даних. Отримані вихідні дані дозволяють оптимізувати межі районів обслуговування міста для кожного пожежно-рятувального підрозділу. На рис. 2 зображено суцільною лінією існуючі межі районів обслуговування міста Львова пожежно-рятувальними підрозділами, а штриховою лінією – межі, які отримані на підставі виконаної оптимізації за розробленою імітаційною моделлю.

На карту м. Львова нанесена сітка з розміром кожної із секцій у $0,04 \text{ км}^2$ (рис. 2). Площа районів обслуговування депо вписана у радіус із найбільш віддаленою точкою $L_{i \text{ max}}$, що отримана за результатами роботи запропонованої моделі. Межі площі побудовані з врахуванням розташування вуличної мережі та існуючої забудови. При цьому площа кожного району обслуговування депо S при її визначенні на рисунку максимально наближена до отриманого результату з використанням оптимізаційної моделі.

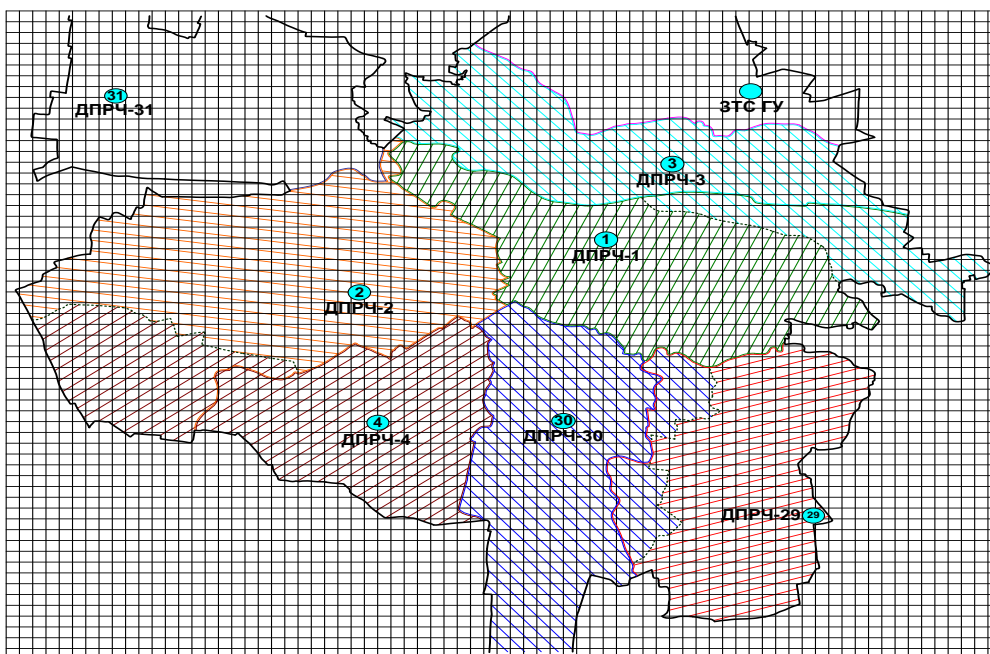


Рисунок 2 – Існуючі (суцільні лінії) та запропоновані (штрихові лінії) межі районів обслуговування м. Львова пожежно-рятувальними підрозділами

Висновки.

1. Результати аналізу даних, які отримані на підставі оптимізації за імітаційною моделлю на прикладі м. Львова, показали, що середній час слідування до точки $R_{i\max}$ району обслуговування зменшився на 3%, що безпосередньо впливає на час вільного розвитку пожежі.

2. Визначені нові межі районів обслуговування міста пожежно-рятувальними підрозділами дозволяють більш рівномірно розподілити навантаження на пожежні депо.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. – К.: Мінрегіонбуд України (Державні будівельні норми України). Зміна №4 : ДБН 360-92. – Чинний від 2011-10-01. – К., 2011. – 6 с.

2. Брушлинский Н. Н. Математическая модель для проектирования системы противопожарной защиты города / Н. Н. Брушлинский, Н. Н. Соболев // Управление большим городом. – М.: НПО АСУ „Пожнаука”, 1985. – С. 79–81.

3. Брушлинский Н. Н. Математическая модель расчета среднего радиуса выезда оперативных отделений пожарной охраны по вызовам / Н. Н. Брушлинский, Н. Н. Соболев // Пожарная техника и пожаротушение на объектах народного хозяйства: Сб. тр. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1986. – С. 58–66.

4. Крайнюк О. І. Підходи до визначення місць дислокації та площі обслуговування підрозділів місцевої пожежної охорони / О. І. Крайнюк // Науковий вісник УкрНДПБ. –2008. – № 2 (18). – С. 180-185.

5. Кузик А. Д. Аналіз зон обслуговування пожежно-рятувальних частин за допомогою діаграм Вороного / А. Д. Кузик, О. О. Карабин, О. М. Трусевич // Пожежна безпека. –2008. – № 13. – С. 73-78.

6. Провести дослідження і розробити програмне забезпечення щодо визначення сітки покриття підрозділами місцевої пожежної охорони в сільських населених пунктах: звіт про НДР // УкрНДПБ МНС України. – 2006. – № ДР 0106U005414. – 45 с.

7. Совершенствование организации и управления пожарной охраной / Н. Н. Брушлинский, А. К. Микеев, Г. С. Бозуков и др. ; под ред. Н. Н. Брушлинского. – М.: Стройиздат, 1986. – 152 с.

8. Войтович Д. П. Підвищення ефективності функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожеж у містах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 21.06.02 / Д. П. Войтович ; Львів. держ. ун-т безпеки життєдіяльності. – Л., 2011. – 20 с.

УДК 614.841

Я.В. Горбаченко, С.В. Поздєєв, д.т.н, доц., О.В. Некора, к.т.н., с.н.с.,
О.М. Тищенко, к.т.н., доц., В.М. Гвоздь, к.т.н., доц.,
Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК З ВОГНЕЗАХИСТОМ

В статті приводиться аналіз пожеж. Проведений аналіз будівель щодо вимог стосовно їх вогнестійкості на основі дерев'яних конструкцій. Проаналізовано методи та способи просочення несучих дерев'яних конструкцій. Описано розрахункові методи щодо визначення межі вогнестійкості дерев'яних балок. Визначені категорії найбільш небезпечних дерев'яних несучих конструкцій з точки зору їх вогнестійкості.

Ключові слова: вогнестійкість балок, розрахункові методи, види просочування.

Актуальність. Пожежі є серйозною проблемою для багатьох країн світу, в більшості з яких кількість пожеж зростає. При цьому одночасно збільшується економічні, екологічні, соціальні втрати від них, зростає кількість жертв.

В будівлях з масовим перебуванням людей використовуються несучі будівельні матеріали з деревини. Головні переваги деревини – екологічність, довговічність, широкі можливості обробки та застосування. Одним з найбільш перспективних шляхів раціонального використання дерев'яних балок є спрямоване поліпшення їх властивостей. Широкі можливості для цього відкривають технології, засновані на просочуванні дерев'яних балок різними речовинами, що в свою чергу поліпшують їх вогнестійкі властивості, при цьому змінює фізико-механічні властивості, що є актуальним питанням вогнестійкості конструкцій з деревини, яке відійшло на другий план, так як сучасні науковці в більшості проводять дослідження щодо створення нових або удосконалення уже існуючих видів вогнезахисних речовин, не приділяючи уваги питанням впливу цих речовин на вогнестійкість та фізико-механічні властивості деревини. Крім того, найчастіше використовується не суцільна, а клеєна деревина і питання вогнестійкості несучих елементів клеєної деревини, також не повністю розкриті. Клеючі матеріали для конструкцій повинні забезпечувати поєднання такої міцності й довговічності, щоб цілісність з'єднання зберігалася протягом усього необхідного періоду впливу пожежі.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. На даний момент достатньо досліджені питання вогнезахисту дерев'яних будівельних елементів різними вогнезахисними речовинами та матеріалами. Є певні успіхи у напрямку підвищення ефективності вогнезахисту деревини шляхом поверхневого просочення, завдяки розробкам просочувальної суміші ДСА-1 та ДСА -2, епоксидних композиційних матеріалів, сумішей на основі рідкого скла, багатокомпонентних сумішей речовин та інших. Перспективний напрямок розробки нового методу глибокого просочування деревини базується на застосуванні надпотужних імпульсів тиску, які утворюються електричним розрядом у рідині. Принципова спроможність цього методу доведена Саєнко О., та викладена в дисертаційному дослідженні Бруєва М. [1]. Не менш дослідженими є методи глибокого просочення під тиском в автоклавах, що за своїми ознаками дає змогу значно регулювати просочення величиною поглинання деревини вогнезахисних речовин, але менш використовується через значні витрати часу та необхідність застосування додаткового обладнання. Однак, методи глибокого просочування спрямовані на збільшення кількості антипірену в деревині і, в підсумку, на одержання вогнезахисної деревини першої групи горючості за [2]. Слід зазначити, що в цих дослідженнях не розглядалися особливості дерев'яних балок з вогнезахистом. І тому наукові дослідження, спрямовані на вирішення питання вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахистом, залишаються актуальними.

Постановка задачі та її вирішення. Метою даної статті є визначення особливостей нормування та оцінювання меж вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахистом. Для досягнення цієї цілі, нами були поставлені такі задачі:

- провести аналіз нормативних документів, щодо вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахистом;
- провести аналіз небезпечних типів різних несучих дерев'яних конструктивних елементів з точки зору їх вогнестійкості;
- провести аналіз методів оцінювання вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахистом та виявити шляхи їх удосконалення.

Виклад основного матеріалу з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Було проведено аналіз пожеж, який показує, що особливу увагу привертають об'єкти з масовим перебуванням людей, а саме: громадського, соціально-культурного призначення (адміністративні будинки, театри, видовищні заклади, культурно-спортивні комплекси), а також виробничі підприємства, в яких перебуває велика кількість людей [3]. Так, в 2012 році на таких об'єктах в Україні відбулося близько 1700 пожеж. Пожежно-технічна експертиза показала, що травмування та загибель людей в них сталися з причин пошкодження конструкцій і горючості застосованих матеріалів внаслідок пожежі (табл. 1) [4].

Як показав аналіз [3], однією з причин загибелі людей є невідповідність застосовуваних матеріалів і конструктивних рішень об'єктів протипожежним нормам, горючість матеріалів, низька межа вогнестійкості конструкцій. Не останню роль при визначенні причин, що сприяють розвитку пожеж, є широке застосування деревини в спорудах громадського, адміністративного, культурно-видовищного призначення, особливі властивості якої пов'язані з легкозаймистістю та здатністю підтримувати горіння. Так, у 90% випадків пожежі, що мали найбільш жахливі наслідки, відбувалися на об'єктах з високим ступенем використання деревини.

Таблиця 1 – Розподіл пожеж в Україні за видами об'єктів пожеж у 2012 році

Об'єкти пожеж	Число пожеж,%	Число загиблих у пожежах,%	Прямий матеріальний збиток,%
Будівлі виробничого призначення	4,8	3,2	6,8
Будинки торговельних підприємств	3,1	0,4	10,8
Будівлі сільськогосподарського призначення	1,2	0,3	3,4
Будівлі адміністративно-громадські	1,1	0,3	2,0
Будинки освітніх установ	0,5	0,1	0,8
Будинки лікувально-профілактичних установ	0,3	0,3	0,4
Будинки культурно-видовищних закладів	0,3	0,1	1,9
Будинки дитячих закладів	0,3	0,0	0,2

Зазначені питання детально розглянуті у державних будівельних нормах [5], в яких дерев'яні конструкції повинні забезпечувати I групу вогнезахисної ефективності шляхом оброблення засобами вогнезахисту, що підвищують раціональне використання деревини і її вогнестійкі властивості.

Так зі збільшенням кількості різних видів антипіренів й антисептиків досягнуто високих результатів в забезпеченні вогнезахисту, поряд з тим, набагато менше досліджувалися питання зміни фізико-механічних властивостей деревини та забезпечення вогнестійкості

дерев'яних будівельних конструкцій, просочених вогнезахисними речовинами як методом поверхневого нанесення, так і глибокого просочення.

Слід зазначити, що в цих дослідженнях не розглядалися питання конкретних елементів дерев'яних будівельних конструкцій, хоча це питання актуальне, оскільки конструктивні елементи виконують різні функціональні задачі. З огляду на це, виникла необхідність провести аналіз нормативних документів для визначення найбільш поширених пожежно-небезпечних будівельних елементів з деревини, за результатами було складено табл. 2.

Таблиця 2 – Ступінь вогнестійкості конструктивних елементів в будівлях різного призначення

Види будівель	Ступінь вогнестійкості			Нормативний документ
	III			
	Стіни	Перекрыття	Плити, настили, прогони, балки, ферми, арки, рами	
Кінотеатри, клуби, центри дозвілля, криті спортивні споруди		REI 45 M1	RE30,M1 R45 M1	[6]
Будинки дитячих дошкільних закладів	REI 60 M1	REI 45 M1	RE30,M1 R45 M1	[7]
Будинки навчальних закладів			RE30,M1 R45 M1	[8]
Будинки та споруди для охорони здоров'я і відпочинку	REI 60 M1	REI 45 M1	RE30,M1 R45 M1	[9]
Будинки та споруди фізкультурно-оздоровчі та спортивні			RE30,M1 R45 M1	[10]
Будинки культурно-видовищних, закладів дозвілля та культових закладів		REI 45 M1	RE30,M1 R45 M1	[11]
Будинки для підприємств торгівлі та громадського харчування		REI 45 M1	RE30,M1 R45 M1	[12]
Будинки готельних підприємств		REI 45 M1	RE30,M1 R45 M1	[13]

З табл. 2 можна зробити висновок, що найбільш небезпечними конструктивними елементами являються ферми, арки, балки. Для забезпечення межі вогнестійкості таких конструкцій нормами вимагається 45 хвилин.

Крім того, найчастіше використовується не суцільна, а клеєна деревина, і питання вогнестійкості несучих елементів клеєної деревини також не повністю розкриті. Клеючі матеріали для конструкцій повинні забезпечувати поєднання такої міцності й довговічності, щоб цілісність з'єднання зберігалася протягом усього необхідного часу впливу пожежі.

Сьогодні розробляються нові норми проектування з визначення межі вогнестійкості. У цих нормах за основу взято європейські норми "EN 1995-1-2:2004 Eurocode5: Design of timber structures – Part 1-2" [14], які враховують вищенаведені фактори. Тому існує необхідність застосувати такі методи для визначення міцності конструкцій у особливих випадках нагрівання і порівнювати отримані результати з експериментальними даними.

В нових нормах розглядаються такі методи оцінювання вогнестійкості будівельних конструкцій:

- експериментальний метод;
- табличні методи;
- метод спрощених розрахунків;
- метод уточнених розрахунків.

Також в стандарті [14] розглядають 3 методи оцінки межі вогнестійкості.

Експериментальний метод передбачає стандартні вогневі випробування і повномасштабні випробування. Табличний метод ґрунтується на розробленні таблиць довідкових даних з вимогами, виконуючи які ми забезпечимо необхідну межу вогнестійкості. Метод спрощених розрахунків дає змогу швидко і приблизно оцінити вогнестійкість будівельних конструкцій.

Метод уточнених розрахунків ґрунтується на розгляді математичних моделей, що складаються з основних рівнянь процесів тепломасообміну і напружено-деформованого стану та рівнянь, що визначають початкові та граничні умови, а також коефіцієнтів, що входять до рівнянь. Розв'язання цієї системи рівнянь є аналітично складною задачею. Тому часто для моделювання пожеж і створення математичних моделей використовують різні розрахункові програмні комплекси, такі як Ліра, Ansys, Femap. Уточнені методи розрахунку для визначення міцності та огорожувальної здатності повинні забезпечувати реальний аналіз конструкцій при пожежі. Вони мають базуватися на основних фізичних властивостях таким чином, щоб досягти достовірного наближення очікуваної поведінки відповідних конструкцій при пожежі.

Уточнені методи можуть бути використані для окремих елементів, частин конструкцій або цілих конструктивних систем. Їх можна застосовувати для:

- визначення глибини обвуглення;
- визначення розподілів температури в елементах конструкцій (модель теплової реакції);
- оцінки роботи конструкцій або будь-якої частини (модель конструктивної реакції відгуку) в умовах пожежі.

Уточнені методи розрахунку теплової реакції повинні ґрунтуватися на теорії теплопровідності. Модель теплової реакції в свою чергу повинна враховувати зміну температурних властивостей матеріалів в залежності від зміни температури. Потрібно також враховувати вплив будь-якого вмісту вологи в деревині та перехідної температурної повзучості.

Розрахункові методи можна використовувати для оцінювання вогнестійкості будівельних конструкцій будь-яких видів, за винятком тих, в яких основним граничним станом з вогнестійкості є втрата цілісності конструкції, а також для оптимізації конструктивних параметрів будівельних конструкцій з метою забезпечення необхідної вогнестійкості.

Розрізняють два види розрахункових методів:

- методи, засновані на використанні математичних моделей теплового і напруженого станів будівельних конструкцій;
- номограмні методи.

За методами, заснованими на математичних моделях, розв'язанням прямої задачі теплопровідності визначають розподіл температури в конструкції в різні моменти часу від початку вогневого впливу. Для оцінювання теплоізолювальної здатності цей розподіл визначають на необігрівній поверхні конструкції. Отримані величини температури порівнюються з їхніми допустимими значеннями. Виконуючи розрахунки за допомогою математичних моделей, використовують ряд понижувальних коефіцієнтів на властивості матеріалів. Проте вони не враховують багатьох важливих факторів, таких як: повзучість, усадка, фізична і геометрична нелінійність, реальні діаграми розтягу і стиску за дії температури. З використанням номограмних методів межу вогнестійкості конструкцій визначають за графіками або таблицями, отриманими за результатами випробувань або розрахунковим шляхом.

Існуючі розрахункові методи, хоча й враховують наявний вогнезахист будівельних конструкцій, але таких питань як вплив просочувальних речовин на теплофізичні та

механічні властивості деревини вивчено недостатньо. Крім цього, дані методи не враховують міцнісні характеристики клеєних з'єднань в елементах несучих конструкцій. Не приділено належної уваги зв'язкам та залежностям вогнезахисту, швидкості обвуглення деревини.

З огляду на все це можна зробити висновки.

Висновки: Аналіз пожеж показує, що найбільш небезпечними в пожежному відношенні є об'єкти громадського, соціально-культурного призначення (адміністративні будинки, театри, видовищні заклади, культурно-спортивні комплекси), а також виробничі підприємства, в яких перебуває велика кількість людей. Оскільки в даних будівлях широко використовується деревина, безпека цих об'єктів збільшується з огляду на те, що у 90% випадків пожежі, що мали найбільш жахливі наслідки, відбувалися на об'єктах з великою кількістю дерев'яних конструкцій.

Актуальними є наукові дослідження, спрямовані на вирішення питань щодо підвищення вогнестійкості дерев'яних балок, дослідження змін фізико-механічних властивостей деревини під дією високих температур з вогнезахисним просоченням.

Існуючі методи визначення вогнестійкості дерев'яних балок з вогнезахистом мають низку недоліків: не враховують багатьох важливих факторів (повзучість, усадка, фізична і геометрична нелінійність, реальні діаграми розтягу і стиску за дії температур).

Для удосконалення необхідних методів необхідно враховувати: наявний вогнезахист будівельних конструкцій та їх вплив на теплофізичні та механічні властивості деревини, міцнісні характеристики клеєних з'єднань в елементах несучих конструкцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бруєв М.О. Підвищення вогнезахисту елементів будівельних дерев'яних конструкцій імпульсним просоченням антипіренами: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: спец. 21.06.02 «Пожежна безпека»/ М.О. Бруєв. - Харків 2001
2. Защита древесины. Способы пропитки: ГОСТ 20022.6-1993 – 20 с.
3. Офіційний сайт ДСНС <http://www.mns.gov.ua/>.
4. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва : ДБН В.1.1-7-2002. – [Чинний від 2003-05-01]. – К. : Держпожбезпека, 2003. – 87с. – (Державні будівельні норми).
5. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств: ГОСТ 16363-98 [Действующий 1999-07-01]. – ИНК И издательства, 1999. – 6с. – (Межгосударственный стандарт).
6. Планування та забудова сільських поселень: ДБН Б. 2.4.4.-97. – [Чинний від 1998-03-05]. – К. : Спецпожсервіс, 1998. – 92с. – (Державні будівельні норми).
7. Будинки і споруди дошкільні навчальні заклади ДБН В. 2.2-4-97. – [Чинний від 2008-10-01]. – К. : Спецпожсервіс, 2008. – 95с. – (Державні будівельні норми).
8. Будинки і споруди навчальних закладів: ДБН В. 2.2-3-97. – [Чинний від 1998-01-01]. – К. Спецпожсервіс, 1998. – 67с. – (Державні будівельні норми).
9. Будинки і споруди охорони здоров'я: ДБН В. 2.2-10-2001. – [Чинний від 2002-06-07]. – К. : Держпожбезпека, 2002. – 84с. – (Державні будівельні норми).
10. Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди: ДБН В. 2.2.-13-2002. – [Чинний від 2003-05-01]. – К. : Держпожбезпека, 2003. – 98с. – (Державні будівельні норми).
11. Культурно-видовищні та дозвіллеві заклади: ДБН В. 2.2.-16-2005 – [Чинний від 2006-04-01]. – К.: Держпожбезпека, 2006. – 40с. – (Державні будівельні норми).
12. Будинки і споруди. Підприємства харчування: ДБН В. 2.2.25-2009 – [Чинний від 2010-04-01]. – К.: Держпожбезпека, 2010. – 67с. – (Державні будівельні норми).
13. Будинки і споруди. Готелі: ДБН В. 2.2.20-2008 – [Чинний від 2009-04-01]. – К. : Держпожбезпека, 2009. – 87с. – (Державні будівельні норми).
14. EN 1995-1-2:2004 Eurocode5: Design of timber structures – Part 1-2.

УДК 614.84

Г.І.Слагін, к.х.н., с.н.с., Р.А. Палагін, М.А. Кришталь, к.психол.н., проф.,
Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля,
Д.А. Кладько, ТОВ «НВП «Укрвермікуліт»

ВОГНЕГАСЯЧИЙ ЗАСІБ НА ОСНОВІ ВОГНЕГАСНИХ СОЛЕЙ, ІММОБІЛІЗОВАНИХ ВНУТРІШНЬОЮ ПОВЕРХНЕЮ ВИСОКОПОРИСТОГО МІНЕРАЛЬНОГО НОСІЯ

Розроблено новий вогнегасячий засіб, який являє собою гранули високопористого мінерального носія (спучений вермікуліт, спучений перліт), просочені розчинами вогнегасних солей і висушені. Засіб є технологічним у виготовленні, стійким до злежування при зберіганні і особливо придатним для гасіння проливів горючих рідин на тверді поверхні або на поверхні водоймищ.

Ключові слова: вогнегасний засіб, мінеральний носій, спучений вермікуліт, спучений перліт, пористість, іммобілізація, вогнегасні солі.

Актуальність проблеми. Останнім часом найбільш ефективними та найбільш перспективними засобами гасіння пожежі визнані інгібуючі засоби. Основна їх перевага – невелика кількість засобу, необхідного для гасіння пожежі. В якості інгібуючих засобів гасіння пожеж застосовують хладони, які являють собою галогеновмісні похідні нижчих вуглеводнів або порошки на основі вогнегасних солей. І ті і інші мають недоліки, вказані нижче. Тому розробка нових ефективних засобів гасіння пожеж, позбавлених згаданих недоліків, – завдання актуальне з практичної точки зору і цікаве в теоретичному плані.

Аналіз останніх досліджень з даного питання. Найбільш типовими інгібуючими засобами гасіння пожежі є хладони. Але хладони токсичні самі по собі, а при пожежі утворюють токсичні продукти горіння та піролізу. В останні роки галогеновмісні похідні вуглеводнів визнаються відповідальними за руйнування озонового шару атмосфери. Заміна їх новими плівкоутворюючими галогеновмісними сполуками повністю проблему не вирішує, так як при пожежі ці сполуки частково розкладаються, виділяючи у повітря речовини, які знов-таки руйнують озоновий шар, а, крім того, залишаючись після пожежі, отруюють поверхневі шари Землі [1,2]. Такі самі недоліки мають комбіновані засоби гасіння пожежі, які складаються з носія, просоченого хладонами [3].

Використання порошкових засобів гасіння пожежі суттєво зменшує шкідливий вплив на навколишнє середовище. Вогнегасні порошкові композиції складаються з солі, яка має вогнегасячі властивості (амоній фосфати, калій карбонат, натрій бікарбонат і ін.) та інших добавок, які знижують злежуваність порошку при зберіганні та здатність поглинати вологу, а також підвищують текучість вогнегасної композиції [4,5]. Ці солі використовуються в рослинництві як мінеральні добрива, отже, залишаючись після гасіння пожежі, вони принаймні не отруюють ґрунт. Недоліком таких вогнегасних композицій є складність визначення та отримання оптимальних розмірів часточок порошкового засобу. З одного боку, чим менші розміри мають ці часточки, тим більша їх сумарна поверхня і тим ефективніші вогнегасні властивості порошкового засобу. Але, з іншого боку, занадто дрібні часточки порошку виносяться із зони горіння конвекційними потоками продуктів згорання, і, таким чином, не забезпечують інгібуючу властивість порошкових засобів, а отже не перешкоджають процесу горіння. Ще одна проблема виникає при застосуванні порошків для гасіння пожеж при проливі горючих рідин, особливо розливі їх на поверхні водоймищ, коли зона горіння знаходиться безпосередньо над поверхнею рідини. Будь-яка вогнегасна сіль має питому густину більшу, ніж питома густина води і, тим паче, питома густина розливої горючої рідини (бензину, нафти, тощо). В цьому випадку великі часточки порошкового засобу, які не виносяться із зони горіння конвекційними потоками продуктів згорання, в

значній мірі проскакують крізь зону горіння і занурюються під поверхню горючих рідин, знову таки не перешкоджаючи процесу горіння. Відомий вогнегасний засіб для гасіння нафти та нафтопродуктів, який складається з пористого носія діаметром 10-50 мм, питома вага якого менша за питому вагу нафти та нафтопродуктів, обробленого сумішшю активного гасячого агента, рідкого скла та інгібуючої добавки на товщину 1-5мм [6]. Недоліком цього засобу є недостатня ефективність пожежогасіння, яка зумовлена тим, що для забезпечення низької злежуваності засобу при зберіганні застосовують спеціальні добавки до активного гасячого агента, що зменшує кількість гасячого агента на поверхні пористого носія. Крім того, засіб має обмежену кількість гасячого агента за рахунок нанесення його товщиною 1-5 мм тільки на зовнішню поверхню пористого носія.

Постановка проблеми та її розв'язання. В даній роботі наведено результати вирішення завдання зі створення нового вогнегасячого засобу. Цей засіб, при збереженні переваг порошкових засобів гасіння, повинен бути значною мірою звільнений від їх недоліків. Завдання вирішується шляхом просочення достатньо грубих (1-5 мм) частинок високопористого мінерального носія (наприклад, спучених перліту або вермікуліту) розчинами вогнегасних солей. Наступне обмивання зовнішньої поверхні носія і висушування частинок дозволяє отримати матеріал, в якого активний гасячий агент лишається адсорбованим лише в порах носія. Такий підхід вирішує відразу декілька проблем.

По-перше, суха і звільнена від водорозчинних солей поверхня носія запобігає злежуваності матеріалу, оскільки перліт та вермікуліт у воді нерозчинні і вологу, на відміну від водорозчинних порошкових засобів, не притягують. Отже, відпадає необхідність застосування спеціальних добавок, що перешкоджають злежуваності і підвищують текучість.

По-друге, висушування звичайного порошку у потоці нагрітого повітря викликає певні труднощі, оскільки при наступному відділенні дуже дрібних частинок від повітря вони значною мірою «проскакують» крізь будь-які фільтри і циклони. Засіб, що розробляється, такого недоліку позбавлений, так як частинки мають достатньо великі розміри і практично на 100% можуть затримуватися і сітчастим і тканинним фільтром або циклоном.

По-третє, насипна питома густина спученого перліту та спученого вермікуліту не перевищує 0,1-0,12 г/см³. З урахуванням сорбції до 50% вогнегасячої солі насипна питома густина збільшується, але все одно не перевищує 0,6-0,7 г/см³. Це нижче питомої густини горючих рідин і, тим більше, питомої густини води. Отже, при нанесенні на поверхню пролітої рідини вогнегасячий засіб весь час буде залишатися саме на поверхні, тобто в зоні горіння, віддаючи у цю зону вогнегасячі компоненти шляхом гарячої десорбції.

Врешті-решт, збирання після ліквідації пожежі і висипання у придатному місці достатньо грубих частинок засобу не викликає труднощів. Оточуючому середовищу така процедура принаймні не зашкодить, оскільки спучений перліт та спучений вермікуліт широко використовуються для структурування ґрунтів, а вогнегасячі солі (той же амоній фосфат і ін.) фактично є мінеральними добривами.

Експериментальна частина. Попередньо проведені дослідження [7] показали, що в першому наближенні найбільш придатними для просочування є частинки спученого вермікуліту виробництва ТОВ «Науково-виробниче підприємство «Укрвермікуліт», фракцій з розмірами частинок 0,5-5 мм. З вогнегасних солей для детальних випробувань на основі цих досліджень було обрано діамоній фосфат (амонійгідроген фосфат, амоній фосфорнокислий двозаміщений), який широко застосовується в якості мінерального добрива і здатний утворювати у воді достатньо концентровані розчини.

Обробку спученого вермікуліту проводили шляхом занурення його часток у розчин вогнегасної солі. Над розчином послідовно декілька разів створювали за допомогою вакуумного насоса розрідження і впускали повітря. Просочені розчином вогнегасної солі частинки вермікуліту виймали, обмивали ззовні знесолоною водою і висушували.

В лабораторних умовах частинки спученого вермікуліту поміщали у сітчасту тару (капронові, нейлонові або інші мішечки). Ці мішечки занурювали у хімічний стакан з

концентрованим розчином вогнегасної солі і, для попередження спливання, накривали перегорнутою воронкою Бюхнера. Стакан ставили до вакуумного ексикатору. Далі відкачували вакуумним насосом повітря з ексикатору до остаточного тиску у 10-15 мм рт. ст. При цьому з внутрішнього об'єму пор вермікуліту відсмоктується повітря, яке проходить крізь шар розчину і видаляється. Витримавши вермікуліт в розчині під вакуумом 20-30 хвилин, ексикатор від вакууму відключали і впускали повітря. Під дією зовнішнього тиску в пори надходить сольовий розчин і солі осідають на внутрішній поверхні часточок вермікуліту. Операцію повторювали декілька разів. Тару з вермікулітом виймали з ємності та обмивали знесоленою водою, після чого висушували протягом 2-3 годин у сушильній шафі при температурі 90-95 °С і, далі, не охолоджуючи, у вакуумному ексикаторі при залишковому тиску у 1-2 мм рт. ст.

Випробування отриманих зразків проводилися на модельній установці, яка являла собою металеву ємність з діаметром 250 мм і висотою бортиків 40 мм. В ємність наливався шар води товщиною 10 мм, а поверх останнього – шар бензину А-80 такою ж товщиною (625 мл води і 625 мл бензину). Застосовувалися дві методики.

За першою з таких методик певна кількість засобу наносилася на поверхню шару бензину і за 1-2 хвилини пальне підпалювалося факелом. Визначався час існування полум'я і товщина шару пального, що залишилася.

За другою – шар пального спочатку підпалювався, після чого на поверхню за допомогою ковшика з довгою ручкою наносилася певна кількість засобу і визначалися час припинення горіння і залишок пального.

Для експериментальної перевірки було виготовлено 7 зразків запропонованого вогнегасного засобу з діамоній фосфатом, нанесеним на внутрішню поверхню вермікуліту різних фракцій (таблиця 1).

Таблиця 1 – Склад запропонованого засобу

№ зразка	Фракція вермікуліту	Вогнегасна сіль	Вміст спученого вермікуліту, мас. %	Вміст вогнегасної солі, мас. %
1	8 (4-5 мм)	Амоній фосфорнокислий двозаміщений	30,9	69,1
2	3 (2-3 мм)	-!/-	31,8	68,2
3	4 (3-4 мм)	-!/-	42,9	57,1
4	4 (3-4 мм)	-!/-	48,4	51,6
5	4 (3-4 мм)	-!/-	58,5	41,5
6	2 (1-2 мм)	-!/-	81,7	18,3
7	1 (0,5-1 мм)	-!/-	82,4	17,6

Результати проведених експериментів наведені в таблицях 2, 3. З таблиць видно, що співвідношення компонентів засобу впливають на експлуатаційні характеристики засобу, зокрема на мінімальну кількість засобу, необхідного для припинення горіння.

Оптимальний вміст адсорбованої солі (зразки 2,3,4,5) складає 18,3-68,2%, що вказує на те, що такий склад вогнегасного засобу має ефективну вогнегасну здатність та забезпечує низьку злежуваність при зберіганні.

Таблиця 2 – Випробування за методикою 1

№ зразка	Кількість засобу, кг/м ²	Шар палива до спалювання, мм	Час припинення горіння, хв	Шар палива після гасіння, мм
1	0,8	10	0,1	8
1	0,6	10	0,1	8
2	0,6	10	0,1	8
3	0,8	10	0,1	8
3	0,6	10	0,1	8
3	0,4	10	0,5	6
3	0,2	10	2,0	0
4	0,6	10	0,1	8
5	0,6	10	0,1	8
6	0,6	10	0,2	7
7	0,8	10	0,5	6
8	0,6	10	2,0	0

Таблиця 3 – Випробування за методикою 2

№ зразка	Кількість засобу, кг/м ²	Шар палива до спалювання, мм	Час припинення горіння, хв	Шар палива після гасіння, мм
1	0,8	10	0,3	5
1	0,6	10	0,3	5
2	0,6	10	0,3	5
3	0,8	10	0,3	5
3	0,6	10	0,3	5
3	0,4	10	0,7	3
3	0,2	10	2,0	0
4	0,6	10	0,3	5
5	0,6	10	0,3	5
6	0,6	10	0,7	3
7	0,8	10	1,0	1
8	0,6	10	2,0	0

Більша концентрація адсорбованої солі призводить до появи злежуваності засобу, внаслідок поступового «випотівання» солі на зовнішню поверхню вермікуліту.

Виробництво засобу з меншою концентрацією вогнегасної солі є недоцільним з огляду на зниження вогнегасної здатності.

Таким чином, розроблений вогнегасний засіб – спучений мінеральний носій, просочений вогнегасними солями – відзначається низькою злежуваністю при зберіганні без застосування спеціальних добавок, зменшенням кількості засобу, який при застосуванні

виноситься із зони горіння конвекційними потоками та здатністю засобу утримуватись на поверхні рідини при гасінні пожеж рідких матеріалів, що збільшує час інгібуючої дії засобу в зоні горіння і, до певної міри, зменшує поверхню випаровування рідини.

Виготовлення запропонованого засобу не вимагає дефіцитної сировини, що дозволяє впровадити його виробництво з низькою собівартістю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Nicolson P.C., Artman D.D. A technique for the evaluation of AFFF sealing characteristics // «Fire Technology», 1977, 13, №1, 13-20.
2. Klunik C.H. Has. AFFF agent come of age // Hydrocarbon Process, 1977, V56, N 9, p. 293-300 134/3-1).
3. А.с. 232761 СССР, Огнетушительное средство, публ. 07.05.1969.
4. Патент № 2216371 Российская Федерация, А62D1/00. Огнетушащий порошковый состав и способ его получения.
5. Патент № 2170601 Российская Федерация, А62D1/00 Способ приготовления средства для тушения пожара и сорбирования нефтепродуктов.
6. Патент № 2263525 Российская Федерация, А62D1/00. Огнетушащее средство для тушения нефти и нефтепродуктов.
7. Єлагін Г.І., Палагін Р.А., Кришталь М.А., Кладько Д.А. Дослідження адсорбції вогнегасних солей внутрішньою поверхнею спученого вермікуліту. Матеріали V науково-практичної конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій». Черкаси 2013 р., С. 195-196.

УДК 614.841

С.В.Жартовський, к.т.н., УкрНДЦЗ

СТВОРЕННЯ ПІДСИСТЕМИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВОДНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ ТА ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН

Запропонована підсистема протипожежного захисту об'єкта, яка складається із пасивного протипожежного захисту об'єкта, що базується на застосування водних вогнебіозахисних речовин, та активного протипожежного захисту, що базується на застосуванні водних вогнегасних речовин. Її реалізація дозволяє зупинити пожежу на початковій стадії розвитку.

Ключові слова: водні вогнебіозахисні речовини, водні вогнегасні речовини.

Актуальність проблеми. На теперішній час в Україні застосовується система забезпечення пожежної безпеки об'єктів (СЗПБО) [1], яка є складною системою. До її складу входять: система запобігання пожежі на об'єкті, система протипожежного захисту об'єкта та організаційно-технічні заходи забезпечення пожежної безпеки об'єкта (рис. 1).

Будь-яка система має, як правило, ієрархічну структуру, тобто може бути представлена у вигляді сукупності підсистем різного рівня, послідовно розташованих. Нас буде цікавити система протипожежного захисту об'єкта (СППЗО). В [1] зазначається, що СППЗО повинна досягатися застосуванням одного з наступних способів або їх комбінацією:

1. Застосування засобів пожежогасіння і відповідних видів пожежної техніки.
2. Застосування автоматичних установок пожежної сигналізації.
3. Застосування основних будівельних конструкцій і матеріалів, в тому числі таких, що використовуються для облицювання конструкцій, з нормованими показниками пожежної безпеки.
4. Застосування просочення дерев'яних конструкцій об'єкту антипіренами і нанесення на їх поверхню вогнезахисних фарб (покриттів).
5. Застосування пристроїв, що забезпечують обмеження розповсюдження пожежі.
6. Застосування організаційних заходів щодо використання технічних засобів, в тому числі автоматичних, для сповіщення про пожежу і евакуацію людей.
7. Застосування засобів колективного та індивідуального захисту людей від небезпечних факторів пожежі.
8. Застосування засобів протидимного захисту.

Система буде життєздатною, коли в неї достатньо розвинуті її складові, створюються нові підсистеми [2]. СППЗО відноситься до складних систем, і тому в її структурі можна виділити підсистему пасивного і активного протипожежного захисту. Оскільки пасивний протипожежний захист визначається застосуванням заходів вогнезахисту, що виконані заздалегідь і не потребують додаткової мобілізації під час гасіння пожежі, до нього слід віднести заходи за пунктами 2, 3, 4, 7, 8 наведеного переліку. Натомість, активний протипожежний захист визначається застосуванням речовин, техніки, засобів, що придатні в любий час бути мобілізованими для гасіння пожежі. Отже, до заходів активного протипожежного захисту слід віднести заходи за пунктами 1, 5, 6 переліку.

Основним функціональним завданням пасивного протипожежного захисту об'єкта є забезпечення нормативного часу протидії виникнення пожежі або затримки її на початковій стадії до прибуття пожежних підрозділів. В Україні цей норматив складає 5 хвилин для міст і 12 хвилин - для сільської місцевості [3].

Оскільки в переважній кількості випадків пожежна навантага на реальних об'єктах (особливо на об'єктах з масовим перебуванням людей) становить деревина, тканини, папір, текстильні покриття, очерет, то в заходах пасивного протипожежного захисту особливу роль відіграє просочення зазначених матеріалів водними розчинами антипіренів. Тобто вагомим

елементом пасивного протипожежного захисту є використання водних вогнезахисних речовин (ВВЗР).

В переліку заходів з активного протипожежного захисту особливо важливим є застосування засобів пожежогасіння і відповідних видів пожежної техніки [1]. Традиційно серед засобів пожежогасіння найбільш широко використовується вогнегасна речовина – вода. В останній час набуває зростаючого поширення застосування водних вогнегасних речовин (ВВР) [4].

Розглядаючи наведені фактори пасивного і активного ППЗО, легко побачити, що об'єднуючою складовою виступає вода: вона використовується як для ВВЗР, так і для ВВР. Отже, на її основі можна побудувати нову підсистему СППЗО, яка буде відповідати вимогам новоутвореної структури.

Під системою (підсистемою) необхідно розуміти цілісну сукупність об'єктів (елементів), що пов'язані між собою визначеними відношеннями і взаємодіють таким чином, щоб забезпечити виконання системою (підсистемою) деяких достатньо складних функцій (досягнення визначеної мети). Цілісність означає, що відносно навколишнього середовища система виступає і відповідно сприймається як щось єдине.

Завданням даної роботи є створення підсистеми СППЗО із застосуванням водних вогнезахисних і вогнегасних речовин. Створення такої підсистеми *спрямовано на досягнення мети*: підвищення ефективності протипожежного захисту об'єктів.

Для проведення досліджень було розроблено структурно-логічну схему загальної методики виконання роботи (рис. 1). Ця методика спрямована на реалізацію комплексу заходів із створення підсистеми пасивного і активного ППЗО із застосуванням ВВЗР та ВВР, починаючи з теоретичних та експериментальних досліджень і до розроблення нормативної документації, сертифікації, випуску та регламентування застосування продукції протипожежного призначення [5].

Першочерговим етапом роботи стали теоретичні дослідження щодо вибору інгібувальних хімічних сполук в якості компонентів антипіренів для ВВЗР та ВВР. Отже, було проведено моделювання глибинних процесів припинення горіння квантово-хімічними розрахунками іон-молекулярних та іон-радикальних комплексів активних центрів ланцюгових реакцій горіння з продуктами термічного розкладу ВВЗР та ВВР. Вперше для проведення квантово-хімічних розрахунків використана схема розрахунків ефективних зарядів на атомах в молекулах, радикалах, іонах із застосуванням метода Ньютона для вирішення системи нелінійних рівнянь. Встановлена селективність фосфоровмісних та азотовмісних сполук (інгібіторів) до водневмісних та кисневмісних активних центрів ланцюгових реакцій горіння органічних речовин. Така їх поведінка може привести до підвищення вогнезахисної та вогнегасної ефективності речовин у вигляді наявного ефекта синергізму в інгібувальній дії сумішей фосфоровмісних та азотовмісних сполук, що в свою чергу призведе до підвищення ефективності пасивного і активного протипожежного захисту об'єкта [6].

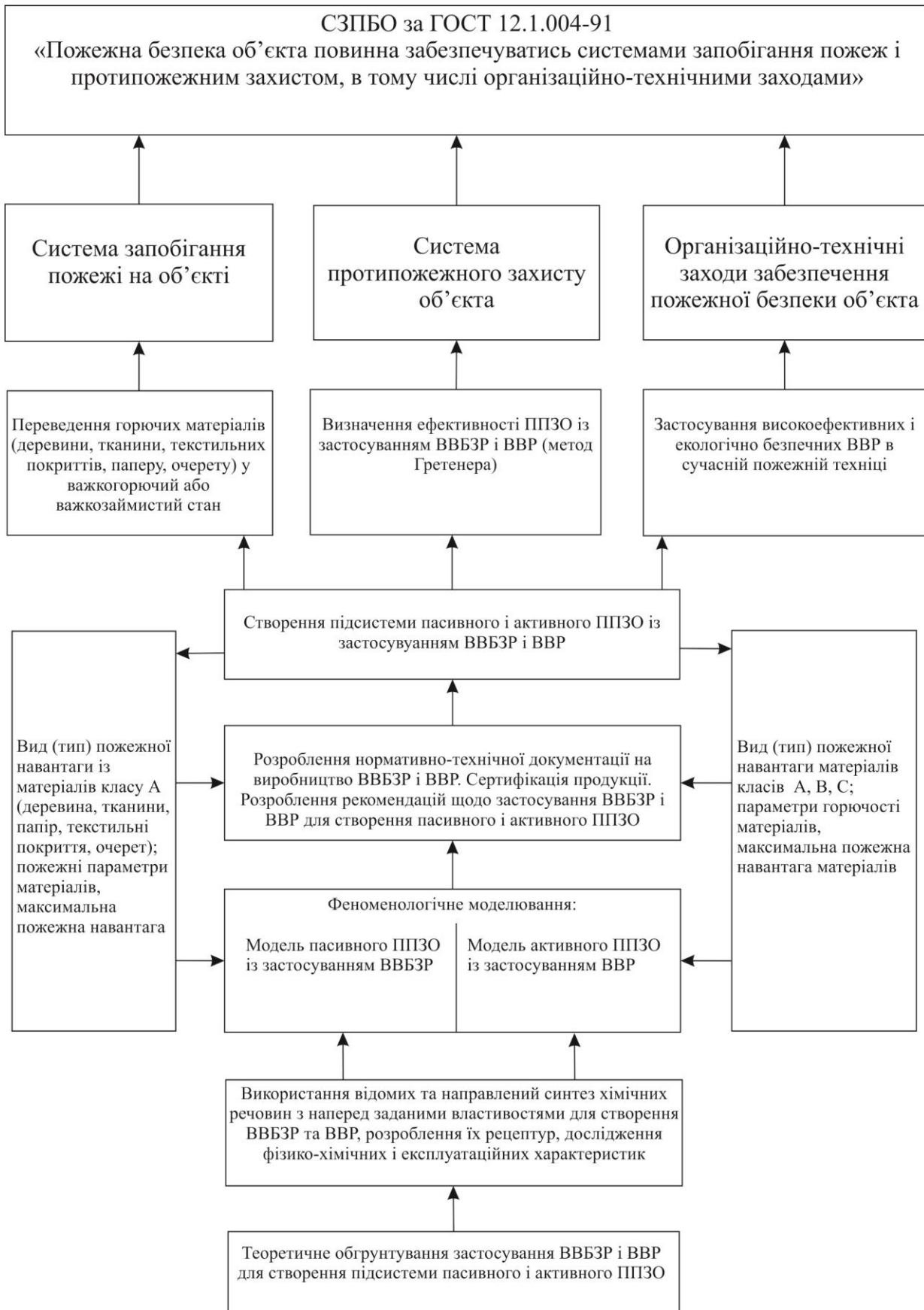


Рисунок 1 – Структурно-логічна схема загальної методики виконання досліджень

Теоретично обґрунтовано використання водних вогнебіозахисних речовин (ВВБЗР) для пасивного ППЗО, вперше розроблена феноменологічна модель просочення деревини як капілярно-пористої структури. Удосконалена математична модель процесу висолювання водорозчинних антипіренів з поверхні вогнезахищеної деревини, на поверхню якої нанесена плівка полімерного антисептика, що здатна утворювати гідрогель. Полімерний антисептик запропоновано використовувати в якості ефективного бар'єру процесу висолювання ВВЗР під час експлуатації вогнезахищеної деревини [7].

Теоретично обґрунтовано використання ВВЗР для активного ППЗО шляхом фізичного і феноменологічного моделювання процесів впливу і взаємодії ВВР з полум'ям в мікрооб'ємі зони горіння. Показана одночасна важливість тонкого розпилення ВВЗР та технічна складність подавання ВВР тонкого розпилення і застосування їх для активного ППЗО. Запропонована науково-технічна ідея подолання зазначених перешкод шляхом направлено синтезу комплексної хімічної полімерної водорозчинної речовини із специфічними властивостями: а) ВВР з пониженим (відповідно до води) поверхневим натягом для покращення розпилення; б) ВВР з вмістом сольового інгібітора полум'яного горіння; в) ВВР з гелеутворюючою здатністю [8].

На основі теоретичних досліджень розроблено водні вогнебіозахисні речовини (ВВБЗР) для деревини ДСА-1, ДСА-2, які складаються з суміші водного розчину антипіренів і водного розчину полімерного антисептика, та обґрунтована технологія створення вогнебіозахищеної деревини, що ґрунтується на послідовному обробленні деревини водним розчином антипіренів та водним розчином полімерного антисептика (полігексаметиленгуанідингідрохлорида (гідрофосфата)). Експериментальними дослідженнями встановлена неадитивність (синергізм) інгібувальної дії продуктів термічного розкладу суміші фосфоровмісних та азотовмісних сполук на ланцюгові реакції горіння при їх відповідному співвідношенні як 2:1. Результатами експериментальних досліджень збереження ефективності вогнезахисту деревини, обробленої ВВБЗР ДСА-1, ДСА-2, протягом 12 років підтверджена гіпотеза дієвості встановлення дифузійного бар'єра для процесу висолювання антипіренів за рахунок нанесення на поверхню деревини полімерного антисептика (полігексаметиленгуанідингідрохлорида (гідрофосфата)).

Термогравіметричними дослідженнями встановлено, що при термічному впливі на деревину, оброблену ВВБЗР ДСА-1, ДСА-2, в області температур 150ч250 °С реалізуються ендотермічні ефекти, які уповільнюють деструкцію макромолекул целюлози. Газохроматографічні дослідження підтверджують, що за рахунок вогнебіозахисного оброблення деревини ВВБЗР ДСА-1, ДСА-2 суттєво змінюється газовий склад продуктів термодеструкції поверхневого шару деревини: кількість оксиду вуглецю зменшується в 4 рази, кількість водню зменшується у 8 разів, а кількість флегматизуючого азоту збільшується майже на два порядки.

Встановлені закономірності перетворення деревини після оброблення ВВБЗР ДСА-1 та ДСА-2, що обумовлюють перетворення деревини:

- з легкогорючого матеріала у важкогорючий;
- з матеріала, який легко поширює полум'я поверхню, в матеріал, що не поширює полум'я поверхню;
- з матеріала, продукти горіння якого класифікуються як високо небезпечні для людини, в матеріал, продукти горіння якого класифікуються як помірно небезпечні;
- з матеріала із високою димоутворювальною здатністю в матеріал з малою димоутворювальною здатністю;
- з матеріала, який легко піддається біологічному руйнуванню, в матеріал, який стійкий до біологічного руйнування [9].

Розроблена феноменологічна модель процесу вогнезахисту деревини при обробленні ВВБЗР ДСА-1 та ДСА-2, яка враховує прояв різних факторів впливу ВВБЗР на горіння деревини: охолодження, інгібування, ізолювання, флегматизування.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що ВВБЗР ДСА-1, ДСА-2 неефективно використовувати для вогнезахисту тканин, паперу, очерету, і тому була синтезована полімерна комплексна хімічна речовина полігексаметиленгуанідингідро-фосфат карбаміду (ПГМГФК), яка ідентифікована за допомогою ІЧ-спектроскопії, диференційного термічного аналізу, оптичної мікроскопії. Розчину ПГМГФК у воді присвоєна технічна назва ВВБЗР ФСГ-1. Досліджені фізико-хімічні та специфічні властивості ВВБЗР ФСГ-1, які відповідають обґрунтованим вимогам для ППЗО з пожежною навантагою з тканин, паперу, очерету [10].

Експериментально встановлені закономірності перетворення тканин (з бавовни, льону, віскози, поліефіра, суміші поліефіра та бавовни) після оброблення ВВБЗР ФСГ-1:

- з легкозаймистого матеріала у важкозаймистий;
- з матеріала, який легко поширює полум'я поверхнею, в матеріал, що не поширює полум'я поверхнею;
- з матеріала, продукти горіння якого класифікуються як високо небезпечні для людини, в матеріал, продукти горіння якого класифікуються як помірно небезпечні;
- з матеріала із високою димоутворювальною здатністю в матеріал з помірно димоутворювальною здатністю;
- з матеріала, який легко піддається біологічному руйнуванню, в матеріал, який стійкий до біологічного руйнування [11].

Встановлені значні відмінності у фізико-хімічних властивостях ВВБЗР на основі ПГМГФК з молекулярною масою понад 10000 а.о.м. (ФСГ-2Ф) порівняно із водою. ФСГ-2Ф має поверхнево-активні властивості, тому її поверхневий натяг у 2 рази менший, ніж у води. При концентрації більше 50% ПГМГФК у складі запропонованої ВВБЗР утворюється гідрогель, який має більшу охолоджувальну здатність порівняно із водою. ВВБЗР ФСГ-2Ф має виражені інгібувальні властивості, при чому максимальний неадитивний ефект синергізму з посилення інгібувальних властивостей спостерігається при співвідношенні атомів фосфору до атомів азоту у складі ПГМГФК як 2:1. Реологічним дослідженнями встановлено, що ВВБЗР ФСГ-2Ф є ньютонівською рідиною з слабо вираженими псевдо пластичними властивостями, які описуються законом Оствальда-де-Віля. В'язкість цієї рідини значна при малих швидкостях, але з подальшим ростом градієнта швидкості в'язкість зменшується. Струмінь ВВБЗР ФСГ-2Ф довше зберігає компактну, «циліндричну» форму порівняно із водою, але при розпаді струменя ФСГ-2Ф утворюються краплини меншого розміру порівняно з водою. При швидкостях потоку в 60 м/с розмір краплин ВВБЗР ФСГ-2Ф зменшується до $150-200 \times 10^{-6}$ м, що класифікується як розпиленість струменів середньої дисперсності. Встановлено, що введення в водний розчин ПГМГФК (концентрації 31,5%) дозволяє при розпиленні зменшити розмір краплин вогнегасної речовини не менше, ніж в 3 рази [12].

Експериментально встановлено, що при використанні ВВБЗР ФСГ-2Ф в якості заряду в технічних засобах пожежогасіння можливо отримати тонко розпилений струмінь з розміром краплин менше 100 мкм при використанні пневматичної форсунки з надлишковим тиском в 0,8 МПа.

Встановлена відносна вогнегасна ефективність ВВБЗР ФСГ-2Ф, яка вказує на те, що застосування ФСГ-2Ф при гасінні вогнищ пожеж класу В в 2,55 раз ефективніше, ніж застосування води.

Встановлена можливість використання ВВБЗР ФСГ-2Ф в якості заряду для водяних технічних засобів гасіння пожеж класу А і В. Виявлена відсутність повторного займання модельного вогнища пожежі 3А після його гасіння ВВБЗР ФСГ-2Ф з вогнегасника ВВ-9. Запропоновано алгоритм застосування ВВБЗР ФСГ-2Ф для активного протипожежного захисту об'єкта: доцільна заміна вогнегасного водяного заряду на більш ефективний заряд ВВБЗР ФСГ-2Ф в пожежних засобах (вогнегасниках, установках пожежогасіння тощо) для забезпечення відповідних норм належності [8].

Запропонована феноменологічна модель механізму вогнегасної дії ВВБЗР ФСГ-2Ф, яка враховує прояв різних факторів: реологічних властивостей струменів вогнегасної

речовини, ефектів охолодження, інгібування, флегматизування, ізолювання гідрогелем поверхні горючої поверхні. Наявність наведених факторів забезпечує високу вогнегасну ефективність ВВБЗР ФСГ-2Ф, що в 4,55 вище за вогнегасну ефективність води при однакових умовах їх подавання на гасіння вогнищ пожеж класу А [8].

Проведені дослідження стали підґрунтям для створення нормативно-технічної бази для виробництва ВВБЗР: ТУ У 13672801.002-1999, ТУ У 24.6-32528450-001-2003, технологічні регламенти виробництва ДСА-1, ДСА-2; ТУ У 24.6-32528450-002-2004, технологічний регламент виробництва ФСГ-1, ФСГ-2. Створена виробнича база ВВБЗР ДСА-1, ДСА-2, ФСГ-1 на ТОВ «Вогнебіозахист», ТОВ «Захист-Центр», яка з 1999 року забезпечує щорічно понад 5000 об'єктів України сертифікованими вогнебіозахисними засобами.

Таким чином, враховуючи результати проведених досліджень, відповідно до структурно-логічної схеми рисунку 1 можна стверджувати, що створено підсистему СППЗО, яка складається з пасивного та активного ППЗО. При цьому пасивний ППЗО базується на застосуванні ВВБЗР (ДСА-1, ДСА-2, ФСГ-1, ФСГ-2Д) для вогнезахисту виробів з деревини, тканин, паперу, очерету. Результати випробувань вогнебіо захищених макетів дерев'яних конструкцій (куполів церков, дахів) в полігонних умовах підтверджують можливість затримання пожежі на її початковій стадії протягом часу, що відповідає нормативам прибуття пожежних підрозділів в містах та сільській місцевості. Про це також свідчать чисельні приклади спрацювання пасивного ППЗО на реальних об'єктах: в готелях, школах, житлових будинках, церквах тощо. Активний ППЗО базується на застосуванні ВВР ФСГ-2Ф, який ефективно гасить пожежі класів А та В. Ефективність гасіння пожежі класу А забезпечується насиченням поверхневих шарів матеріалу антипіреном на основі полігексаметиленгуанідингідрофосфат карбаміду і утворенням на цій основі модифікованого шару, що унеможливорює повторне займання.

Проведено оцінювання ефективності реалізації розробленої підсистеми ППЗО з пожежною навантагою у 8 МДж/м² методом Гретенера, яке вказує на можливість зменшення пожежної небезпеки в 14-20 разів порівняно з відсутністю зазначеної підсистеми.

Отже, функціонування розробленої підсистеми ППЗО охоплює майже весь цикл пожежної безпеки об'єкта: від підпорядкованості законодавчим актам до забезпечення об'єктів розробленими ВВБЗР та ВВР. Для успішного функціонування запропонованої підсистеми ППЗО із застосуванням ВВБЗР та ВВР необхідно в першу чергу забезпечити виконання нормативних вимог. Зокрема, для пасивного ППЗО слід забезпечити виконання вимог «Правил з вогнезахисту» та ДБН В.1.1-7-2002 п.4.2.1: «У будинках, крім будинків V ступеня вогнестійкості, дерев'яні елементи горючих покриттів (крокви, лати) повинні оброблятися засобами вогнезахисту, які забезпечують I групу вогнезахисної ефективності згідно з ГОСТ 16363». А для активного ППЗО – виконання вимог НАПБ А.01.001-95 п.6.4.8: «Будівлі, споруди, приміщення, технологічні установки повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, ... , які використовуються для локалізації та ліквідації пожеж у їх початковій стадії розвитку»; п.6.4.9: «Норми належності первинних засобів пожежогасіння для конкретних об'єктів повинні встановлюватися нормами технологічного проектування та галузевими правилами пожежної безпеки».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пожарная безопасность. Общие требования: Межгосударственный стандарт. ГОСТ 12.1.004-91.-М.: Госстандарт России: Из-во стандартов, 1992. – 77 с.
2. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. - М.: Наука, 1981,-487 с.
3. Провести дослідження і розробити програмне забезпечення щодо визначення сітки покриття підрозділами місцевої пожежної охорони в сільських населених пунктах: Звіт про НДР/ УкрНДПБ; № 0106U005414.- К.2006.- 45 с.
4. Антонов А.В., Боровиков В.О.; Орел В.П., Жартовський В.М., Ковалишин В.В. Вогнегасні речовини. Посібник. - Київ: Пожінформтехніка. 2004. - 176 с.

5. Жартовский С.В. Системный подход к обеспечению противопожарной защиты объектов с пожарной нагрузкой из целлюлозосодержащих материалов // Материалы XXIV Международной научно-практической конференции по проблемам пожарной безопасности, посвященной 75-летию создания института: Москва, ВНИИПО, 2012. – С.129 – 131.
6. Жартовський С.В. Удосконалення емпіричного методу розрахунку енергетичних параметрів іон-радикальних комплексів активних центрів горіння з продуктами термічного розкладу водної вогнегасної речовини / С.В.Жартовський, А.В.Нетреба, В.В.Нижник, Р.В.Уханський // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал. – 2013. – № 1 (27). – С. 1 – 8.
7. Жартовский В.М., Нижник В.В., Жартовский С.В., Добростан А.В. Пассивная противопожарная защита деревянных конструкций куполов церквей с применением пропиточных составов // Пожаровзрывобезопасность: научн.-техн. журнал, «Пожнаука», Москва, 2013, т. 22, №3. – С.31 – 37.
8. Жартовский С.В., Нижник В.В., Уханский Р.В. Активная противопожарная защита деревянных куполов церквей с применением водных огнетушащих веществ // Пожаровзрывобезопасность: научн.-техн. журнал, «Пожнаука», Москва, 2013, т. 22, №4. – С.65 – 71.
9. Жартовський С.В. Шляхи створення та використання просочувальних вогнебіозахисних засобів ДСА-1, ДСА-2 для деревини і фанери / Пожежна безпека: теорія і практика: Збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2010. - № 5. – С. 36-55.
10. Жартовський С.В. Композиційна просочувальна речовина для вогнебіозахисту деревини і тканин / С.В.Жартовський, К.І. Соколенко, Д.І. Рихліцький // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал. – 2010. – № 2 (22). – С. 30 – 37.
11. Жартовский С.В. Разработка водного огнезащитного вещества для пассивной противопожарной защиты объекта с пожарной нагрузкой из тканей // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. Научно-техн. журнал. Минск, 2013, Вып. 1 (33). - С.61 – 69.
12. Жартовський С.В. Сучасні засоби активного і пасивного захисту об'єктів культового призначення // Пожежна безпека. збір. наук. праць, Львів.: ЛДУБЖД, №22. – 2013. – С.81 – 86.

УДК 537.2.628.353/354.678.02732:677.494

А.И. Зуборев, Р.С. Старосто,
ГУО «Гомельский инженерный институт» МЧС Республики Беларусь

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧС

Работа представляет собой обзор, в котором перечислены основные типы фильтрующих материалов, применимые в технологиях предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, с указанием их преимуществ и недостатков. А также определяется наиболее перспективное направление развития фильтрующих материалов.

Ключевые слова: фильтрующие материалы, очистка, газовые и жидкие среды, полимеры, melt blowing, электрет.

Постановка проблемы. Техногенное загрязнение окружающей среды представляет собой одну из важнейших проблем современного мира. Как экстенсивное, так и интенсивное развитие промышленного производства с одинаковой неизбежностью ведут к увеличению риска образования чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного характера. Среди ЧС, наиболее опасных для среды обитания человека, можно отметить те, которые ведут к загрязнению воздуха и воды дисперсными веществами, являющимися прямыми или побочными продуктами технологических процессов. На промышленных предприятиях повседневные плановые мероприятия по защите окружающей среды сводятся к очистке воздуха и воды от техногенных загрязнений при помощи фильтров, известных в различных конструкционных исполнениях. Однако мало кто задумывается о защите воздуха, грунтовых вод и почвы в случае аварийного возникновения ЧС, которые, как известно, способны нанести быстрый и катастрофический ущерб. В связи с этим особо остро стоит проблема очистки газовых и жидких сред, в состав которых входят продукты тушения пожаров, с целью предотвращения попадания широкого спектра вредных веществ в экосистемы [1].

Анализ последних достижений и публикаций. Фильтрующие материалы (ФМ, основной рабочий компонент любого фильтра) различают по физико-химическим свойствам сырья, из которого они изготовлены, и по технологии изготовления. Подавляющее большинство фильтрующих материалов состоит из волокон широкого ассортимента, весьма разнообразных по химическому составу. Волокнистую основу имеют такие широко распространенные ФМ, как ткани, нетканые текстильные материалы, бумага, картон, войлок, маты. Волокна в несвязанном виде, в том числе в разнообразных сочетаниях, используют в конструкциях набивных и навивных фильтрующих элементов, что позволяет значительно улучшить эксплуатационные показатели фильтров.

Фильтры также целесообразно классифицировать по типу среды, для очистки которой они предназначены, например:

- 1) фильтры для очистки газовых сред;
- 2) фильтры для очистки жидких сред;
- 3) многофункциональные фильтры.

1. Фильтры для очистки газовых сред

Один из вариантов классификации фильтров для очистки газовых сред [2] – их разделение на:

- фотокаталитические;
- адсорбционные;
- пылевые;
- ионизирующие очистители, или электрофильтры.

Наиболее простыми в конструкционном отношении являются адсорбционные и пылевые фильтры, которые, в свою очередь, могут быть панельными и карманными.

Панельные фильтры [2], применяют на первой ступени в установках грубой очистки воздуха. Основные свойства: высокая механическая прочность; жесткий водостойкий картонный корпус; ФМ укреплен проволочной решеткой; корпус фильтра исключает возможность обтекания воздушным потоком. Фильтры крепятся герметично на специальной раме с возможностью демонтажа и замены. ФМ обычно представляет собой комбинацию стеклянных и синтетических (полимерных) волокон.

Карманные фильтры [2] также предназначены для использования на первой ступени очистки воздуха. При их монтаже мешки с фиксированной конфигурацией собираются в общей раме повышенной прочности. Максимальная рабочая температура для таких фильтров составляет 70 °С при относительной влажности 100 %, рекомендуемое конечное падение давления – 250 Па. ФМ состоит из синтетических (полимерных) волокон. Известны карманные фильтры тонкой очистки, которые могут быть использованы на второй ступени установок обработки воздуха. Свободные части мешков с фиксированной конфигурацией фиксируются на одинаковом расстоянии друг от друга с помощью специальной дистанцирующей ленты, что обеспечивает низкий перепад давления воздуха и длительный срок службы. Максимальная рабочая температура для подобных фильтров составляет 90 °С при относительной влажности 100 %, фильтрующий материал – стекловолоконный.

Известны многослойные ФМ, например, содержащие наружный, первый по ходу очищаемой среды слой из непрерывных крученых волокон трикотажного плетения, и второй слой из вязально-прошивного или прессованного базальтового материала на базальтовой трикотажной подоснове с обеих сторон, который способен выдержать динамические удары выбрасываемых газов при температуре до 700 °С.

Важное место среди волокнистых ФМ для очистки воздуха до сих пор занимают полимерные фильтры Петрянова [3], широко применяемые в составе средств индивидуальной защиты органов дыхания – легких респираторах. Фильтрующие материалы Петрянова (рисунок 1) обладают высокой химической стойкостью, термостойкостью, механической прочностью, значительной теплоизоляционной способностью, а также демонстрируют высокую эффективность задержки частиц микронного размера при достаточно низком аэродинамическом сопротивлении.

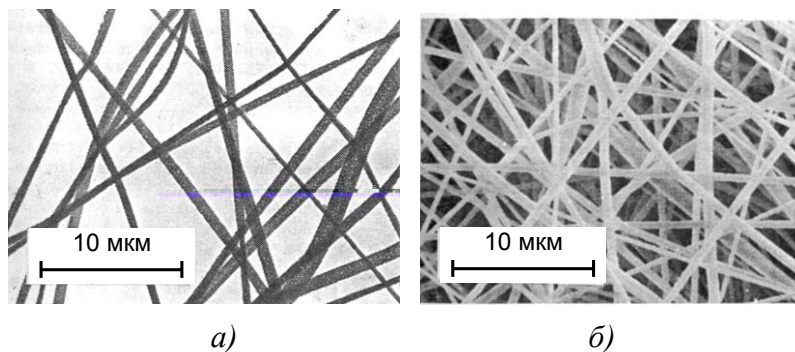


Рисунок 1 – Микроструктура фильтров Петрянова по данным проекционной микроскопии (а) и растровой электронной микроскопии (б)

Это достигается во многом благодаря тому, что при «электроформовании» волокон из струй и капель раствора полимера образующиеся волокна приобретают электретный заряд. К середине 1990-х гг. ассортимент фильтров Петрянова включал до 50 наименований.

Как указано в работе [4], технологические особенности процесса формирования фильтров Петрянова (применение токсичных растворителей полимеров и громоздких технологических агрегатов) позволяют отнести его к числу неэкономичных и неэкологичных. Поэтому в последние десятилетия ведутся работы по замене этих фильтров на полимерные волокнисто-пористые ФМ, полученные методом аэродинамического

распыления расплава широко доступных полиолефинов – melt blowing [4]. Составляющие альтернативу фильтрам Петрянова melt blown материалы образованы волокнами, которые имеют диаметр от 0,5 до 200 мкм и когезионно скреплены в точках контакта. Характерными свойствами таких волокон являются высокая абсорбционная способность, регулируемое распределение волокон по диаметру и по плотности укладки, большой объем пустот между волокнами, проницаемость для жидкостей и газов.

В работах [4, 5, 6] изложены разработанные в Институте механики металлополимерных систем НАН Беларуси (г. Гомель) основные критерии оптимизации метода melt blowing с целью получения тонковолокнистых ФМ, не уступающих фильтрам Петрянова по эксплуатационным характеристикам. Высокая эффективность фильтрации достигается за счет удачной комбинации структурно-морфологических параметров таких ФМ и наличия на волокнах полиолефинов стабильного электростатического заряда с поверхностной плотностью 10–20 нКл/см². Поле электростатического заряда позволяет захватывать из воздуха и удерживать микронные и субмикронные частицы загрязнений за счет действия сил кулоновского притяжения по отношению к частицам аэрозолей, несущим собственный электрический заряд или обладающим наведенным дипольным моментом. Это доказывается данными таблицы 1, полученными при пропускании через волокнистые фильтры гетеродисперсных аэрозолей NaCl со средним диаметром частиц 0,58 мкм. ФМ имели пористость 94%, поверхностную плотность 15 мг/см² и толщину 3 мм, скорость потока составляла 10 см/сек. Помимо волокнистых электростатических материалов, были исследованы незаряженные волокнистые ФМ. Видно, что заряженные материалы по эффективности очистки соляного аэрозоля превосходят неполяризованные волокнистые ФМ [5].

Таблица 1 – Сравнительная эффективность ФМ

Фильтр	Перепад давления, мм. вод. ст.	Коэффициент проникания NaCl, %
На основе полипропилена, электростатический	1,4/1,2	0,8/0,2
На основе полипропилена, незаряженный	1,8	35
Стекловолокно VFF65 («Фройденберг»)	4	45
Стекловолокно 147 («Воукс»)	12,1	1

Следует отметить, что волокнистые melt-blown ФМ могут быть применены в разных по конструкции и назначению средствах защиты органов дыхания – например, в фильтрующих противогазах, применяемых специалистами МЧС в зонах природных и техногенных катастроф, лесных пожаров и др. В экстремальных условиях тушения пожаров состав продуктов сгорания может оказаться достаточно сложным, а плотность дыма – аномально высокой. Вследствие этого технический ресурс фильтрующего патрона противогаза может быстро выработаться, что создаст опасность попадания в дыхательные пути частиц загрязнений, в том числе радиоактивных. Электростатический ФМ, примененный в составе фильтр-патрона противогазов, сможет на первой стадии очистки пропускать воздух без значительного сопротивления дыханию, но при этом осаждать широкий спектр дисперсных загрязнений [6]. Один из вариантов размещения электростатического ФМ в фильтрующем противогазе – установка его после адсорбционной загрузки и непосредственно перед дыхательным клапаном противогаза.

Совершенствование конструкций средств индивидуальной защиты органов дыхания также может быть осуществлено с целью защиты организма человека от дыма, содержащего специфические (например, радиоактивные) компоненты. Частицы, содержащие ионы радионуклидов, по своей природе являются электрически неравновесными объектами и

обладают избыточным электрическим зарядом, что дает основания надеяться на эффективный захват их электретыным фильтром. Внедрение этой идеи в практику будет способствовать повышению общей безопасности мероприятий, проводимых силами МЧС в местностях с высоким радиационным фоном. Однако в Беларуси производство средств индивидуальной защиты органов дыхания, оснащенных новыми электретыными ФМ, пока сдерживается рядом технологических и экономических факторов.

2. Фильтры для очистки жидкостей и многофункциональные фильтры

Фильтры для очистки жидкостей можно классифицировать в зависимости от природы фильтрующего слоя на:

- зернистые (ФМ – кварцевый песок, дробленый антрацит, керамзит, пенополистирол, магномасса и др.);
- сетчатые (фильтруют с помощью металлической сетки с размером ячеек 40 мкм);
- тканевые (ФМ – хлопчатобумажные, льняные, суконные, стеклянные или капроновые ткани);
- намывные (ФМ – древесная мука, диатомит, асбестовая крошка и другие материалы, намываемые в виде тонкого слоя на каркас из пористой керамики, металлической сетки или синтетической ткани).

Зернистые фильтры обычно применяют для очистки хозяйственно-питьевой и технической воды, сетчатые – для задержания низкодисперсных взвешенных частиц, тканевые – в устройствах полевого водоснабжения, намывные – для очистки воды на очистных станциях небольшой производительности (для агрогородков, сельскохозяйственных объектов, маломощных водонапорных башен, плавательных бассейнов и т.д.).

Из химически инертных ФМ наиболее распространен кварцевый песок, который до загрузки отмывается на специальных пескомойках и сортируется по критерию дисперсности. Его используют на скорых фильтрах, двухпоточных фильтрах конструкции АКХ и контактных осветлителях. Аналогичную кварцевому песку высокую механическую прочность и химическую стойкость имеет дробленый антрацит. Исследование дробленого антрацита в качестве ФМ показало, что при одинаковых эффективных диаметрах зерен и близких коэффициентах неоднородности объемная масса антрацита меньше, а пористость больше, чем песка. Грязеемкость антрацитового фильтра превышает грязеемкость песчаного на 13–14 %, а интенсивность промывки при 50 % расширении вдвое ниже. Потери напора на антрацитовом фильтре примерно на 16 % меньше, чем на песчаном. В качестве фильтрующих загрузок зернистых фильтров могут использоваться и другие материалы: стеклянная, фарфоровая и керамическая крошка, песок из керамзита, зольного аглопорита, доменного шлака, шлаковой пемзы. Фильтрующие свойства и пористость доменного шлака выше, чем песка, однако механическая прочность – ниже.

Из химически активных фильтрующих материалов широко применяются мраморная крошка и магномасса (при стабилизационной обработке воды), активированный уголь (для удаления привкусов и запахов), а также диатомиты (аморфный кремнезем). В состав природного кремнезема входит 74–75 % кремниевой кислоты, 15–16 % полуторных оксидов, 3–4 % CaO и MgO. Диатомит имеет аморфное строение, малую прочность, легко истирается и дробится [6].

Как частный случай необходимо рассматривать фильтры, применяемые для очистки нефтяных масел. Такие фильтры весьма разнообразны и различаются по фильтрационным показателям, физико-механическим свойствам, химическому составу, способам изготовления и т.д. Различают ФМ для грубой очистки, обычно обеспечивающие тонкость фильтрования более 70–100 мкм; ФМ, обеспечивающие среднюю тонкость очистки (от 20 до 60 мкм); ФМ для тонкой очистки (от 5 до 20 мкм). Такое деление является весьма условным, т.к. тонкость фильтрования обычно зависит от условий применения масла конкретного сорта. Также известно разделение ФМ на сжимаемые и несжимаемые. Сжимаемость

материала (способность изменять объем при изменении перепада давления) существенно влияет на его гидравлические характеристики.

ФМ также можно подразделять на гибкие и негибкие. Это позволяет охарактеризовать не только механические свойства материала, но и принцип его работы, поскольку от рассматриваемого показателя непосредственно зависит конструкция фильтра. Данная классификация дополняет традиционное деление ФМ на поверхностные и объемные. Считается, что материалы поверхностного действия имеют толщину всего в несколько раз больше, чем размер задерживаемых ими частиц, и задерживают эти частицы на своей поверхности, а материалы объемного действия имеют толщину на несколько порядков больше, чем размер задерживаемых ими частиц, оседающих главным образом в глубине материала. Однако большинство применяемых в настоящее время ФМ (картон, ткани значительной толщины, нетканые материалы) нельзя однозначно отнести к какому-либо одному из этих видов. Тем самым, на первый план выходят выработка критериев «гибкости» ФМ и их физический смысл. Наряду с ФМ, для которых эти критерии применимы, в фильтрах широко используют разнообразные порошки – металлические, минеральные, керамические, металлокерамические, пластмассовые, стеклянные и т.п., в том числе в несвязанном виде, а также в насыпных и намывных вариантах [8].

В Институте механики металлополимерных систем НАН Беларуси (г. Гомель) разработаны научные методы адаптации технологии аэродинамического формирования волокон к получению высокоэффективных ФМ для очистки сложносоставных многофазных сред. Основные направления адаптации – придание волокнам электростатического заряда, введение магнитоактивных добавок, наполнение физико-химически активными веществами, создание в ФМ градиента плотности и пористости. ФМ могут быть получены в различных конструктивных вариантах (рисунок 2).



Рисунок 2 – Виды изделий

С применением данной технологии в Гомельской области работает несколько предприятий, одним из видов продукции которых являются волокнистые melt-blown ФМ; среди них – СКТБ «Металлополимер», ООО «Полимер», НТЦ «ЛАРТА», НТЦ «Спецфильтр», УП «Фабрика фильтров», ООО «ЛАРТА Текнолоджи» (Россия). Из производимой продукции выделяются два основных класса, различаемых по принципу действия: заградительные и коалесцирующие фильтры. Объемные ФМ из полипропилена и полиэтилена обладают химической стойкостью к воздействию агрессивных веществ и низкой склонностью к набуханию (0,2–2,0 % в щелочах, кислотах и ацетоне, 3,0–10,0 % в нефтепродуктах). Высокие показатели механической прочности полипропилена (разрушающее напряжение при растяжении 24,5–39,0 МПа) позволяют использовать его не только как ФМ, но и как элемент несущей части конструкции фильтра (металлический каркас заменяется каркасом из грубых волокон полипропилена, термически соединенных в точках пересечения друг с другом). Это обеспечивает непрерывность технологического

процесса изготовления ФМ, исключает необходимость не всегда оправданного применения дорогостоящих нержавеющей сталей. Сополимеры на основе полипропилена имеют температуру охрупчивания до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ и используются для изготовления фильтров, работающих в низкотемпературных условиях.

Объемные ФМ с низким гидравлическим сопротивлением, высокой тонкостью очистки и большой грязеемкостью используют для очистки природного газа. Создание градиента размера пор по глубине от 5 мкм до 50 мкм позволяет совместить в одном фильтре несколько этапов фильтрации – например, от механических примесей, масляного тумана и водяных капель. Для ФМ тонкой очистки светлых нефтепродуктов и минеральных масел с тонкостью фильтрации 5 мкм в ходе испытаний на Оршанской ТЭЦ установлено, что они эффективно очищают содержащее воду масло 17 класса (ГОСТ 17216) до 14–13 класса [9].

Важным практическим приложением волокнисто-пористых ФМ следует признать аварийную фильтроадсорбционную очистку водоемов, которые могут быть загрязнены традиционными отходами промышленного производства и продуктами природных и техногенных катастроф. Очистка заключается в сборе разлитых по поверхности воды не смешивающихся с ней органических жидкостей (нефти и нефтепродуктов, а также других органических веществ). Melt-blown фильтрующие материалы образованы липофильными полимерными волокнами, за счет чего обладают свойством извлекать из воды эмульгированные маслянистые вещества. Изготовленные в виде рулонов, матов, плавающих подушек, melt-blown фильтроадсорбенты служат для удаления нефти с поверхности воды, защиты берегов водоемов и сбора вытекших на почву нефтепродуктов при аварийных ситуациях на предприятиях и транспорте. Отработанные волокнистые адсорбенты легко утилизируются. Помимо нескольких общеизвестных способов утилизации ФМ, перспективу представляет экструзионная переработка их в гранулы с последующим повторным формированием волокон. Экспериментально установлено, что melt-blown материалы с электретыми и магнитными свойствами обладают нефтеудерживающей способностью в статических условиях до 50 г/г и степенью извлечения из воды эмульгированных маслянистых веществ не менее 90 % [4], превосходя большинство известных адсорбционных фильтрующих материалов.

Немаловажной проблемой фильтрующих материалов является их утилизация. Наиболее распространенным методом обезвреживания полимерных отходов является термический, к которому в числе прочих относят сжигание. Сжигание осуществляется в тепловых установках различных конструкций при температуре не менее $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. В результате сгорания органической части отходов образуются диоксид углерода, пары воды, твердые частицы, оксиды азота и серы, оксид углерода и ряд прочих загрязняющих веществ. Зола и шлак, имеющие в своем составе примеси тяжелых металлов, накапливаются в тепловой установке и периодически вывозятся на полигон для захоронения или используются в производстве строительных материалов. Сжигание отходов пластмасс чаще всего осуществляют так, чтобы теплота, выделяющаяся при горении, расходовалась на получение пара для обогрева или технологических нужд и электроэнергии. Калорийность такого топлива невелика, и работающие на нем тепловые установки, как правило, неэффективны [10].

Melt-blown фильтрующие материалы обладают целостной структурой и высокой поглощающей способностью. Исследования показали, что при разрушении структуры методом дробления, поглощающая способность таких материалов увеличивается. Следовательно, израсходованные melt-blown фильтрующие материалы можно использовать повторно в качестве наполнителя фильтров для очистки воды. Таким образом, увеличивается экономическая эффективность применения данных материалов.

Выводы. Анализ представленной информации позволяет сделать вывод, что существующие ФМ в основной своей массе являются фильтрами узконаправленного действия. Фильтры многофункционального назначения более дорогостоящи и требуют более тонких технологических подходов, что видно на примере полимерных волокнистых ФМ.

Сохраняет актуальность разработка на отечественной сырьевой и технологической базе новых разновидностей многофункциональных фильтрующих материалов, которые бы не уступали по эксплуатационным характеристикам зарубежным аналогам и были способны эффективно защищать экосистемы от вредного воздействия продуктов ЧС.

Перспективы дальнейших исследований.

Наиболее перспективным направлением в разработке многофункциональных ФМ представляется совершенствование технологии melt blowing, дополненной операциями, адаптированными к формированию полимерных волокнисто-пористых систем с повышенной физической (например, электрической) и физико-химической активностью по отношению к фильтруемым средам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фильтрующие материалы, применяемые в целях предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций /Зуборев А.И., Кравцов А.Г. //Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2013.- №1(8). – С. 55-63.
2. Классификации фильтров используемых в системах вентиляции и кондиционировании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rtf-info.ru/venntfiltri.html>
3. Волокнистые фильтрующие материалы ФП / И.В. Петрянов [и др.]. – М.: Знание, 1968. – 78 с.
4. Полимерные волокнистые melt-blown материалы / В.А. Гольдаде [и др.]; под науч. ред. Л.С. Пинчука. – Гомель: ИММС НАНБ, 2000. – 260 с.
5. Кравцов, А. Г. Полимерные электретынне фильтроматериалы для защиты органов дыхания / А.Г. Кравцов, В.А. Гольдаде, С.В. Зотов; под науч. ред. Л. С. Пинчука. — Гомель: ИММС НАНБ, 2003. – 204 с.
6. Кравцов, А.Г. Полимерные волокнистые фильтры для преодоления экологических последствий чрезвычайных ситуаций / А.Г. Кравцов, С.А. Марченко, С.В. Зотов. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2008. – 280 с.
7. Классификации фильтров, фильтрующие материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aqua-life.com.ua/news/book/technologiya_ochistki_vodi/klassifikaciya_filtrov_materialov.html
8. Классификация фильтрующих материалов для очистки нефтяных масел [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://tehmasla.comnwww.tehmasla.com/spravochnik/ochistka_masel/ochistka_filtrovaniem/klassifikatsiya_filtroyushchikh_materialov/
9. Фильтры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lartagroup.com/filters/>
10. Оценка экологической опасности утилизации отработанных фильтрующих материалов очистных сооружений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bsc.by/story/ocenka-ekologicheskoy-opasnosti-utilizacii-otrabotannyh-filtruyushchih-materialov-ochistnyh>

УДК 614.849

М.А. Касьянов, д.т.н., проф.,
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Луганськ

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ АДАПТАЦІЇ ГАЗОДИМОЗАХИСНИКІВ ДО ПОСИЛЕНИХ ФІЗИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В УМОВАХ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

В статті обговорюються адаптаційні реакції організму до екстремальних умов виконання оперативних задач газодимозахисників. Визначено механізми забезпечення необхідного рівня адаптації організму газодимозахисників до посилених фізичних навантажень в умовах підвищеної температури під час тренувань.

Ключові слова: адаптація організму, фізичні навантаження, тренувальний процес.

Вступ. Оперативна діяльність газодимозахисників проходить у непридатній для життєдіяльності високотемпературній і задимленій атмосфері із застосуванням засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) [1]. Тому для підтримки високої фізичної працездатності потрібно мати необхідний рівень адаптації до дії цих факторів. Найбільш сильно на функціональний стан організму газодимозахисників впливає висока температура навколишнього середовища. В умовах підвищеної температури і задимленості навколишнього середовища, суттєво знижується працездатність. При цьому недостатній рівень адаптації організму до згаданих умов виконання оперативних завдань, досить часто є причиною різних стресових перенавантажень організму газодимозахисників і навіть нещасних та летальних випадків [2, 3].

Таким чином, у зв'язку із особливим характером діяльності газодимозахисної служби, одним із основних і актуальних завдань професійної підготовки газодимозахисників є формування необхідного рівня адаптації до високих фізичних навантажень в екстремальних умовах виконання оперативних завдань.

Мета дослідження. Головною метою даної роботи є визначення механізмів підвищення рівня адаптації організму газодимозахисників до посилених фізичних навантажень під час тренувань.

Виклад основного матеріалу. Фізичні і психологічні навантаження в умовах підвищеної температури тренувального заняття мають стресовий вплив на терморегуляцію і серцево-судинну систему організму газодимозахисників. Зростає перенос тепла до поверхні шкіри, що призводить до збільшення частоти серцевих скорочень та частоти дихання. Теплове навантаження зменшує максимальний кровоток, що приводить до зниження функціональних можливостей організму. Зниження працездатності при високій температурі повітря пов'язане з одночасним впливом перегріву тіла, швидкої та значної втрати вологи (більш 2% від маси тіла) і зниженням кисневотранспортних можливостей організму [4]. Коли зовнішня температура перевищує температуру поверхні шкіри, напрямок теплообміну змінюється на протилежний, що знижує конвекцію. Організм починає одержувати тепло із зовнішнього середовища (а не віддавати його, як при температурі нижче 30–35 °С). Якщо організм газодимозахисника не має відповідної адаптації, це може привести до негативних наслідків при довготривалому фізичному навантаженню, зокрема до обезвожування і перегріву організму.

При зміні температурних показників зовнішнього середовища, організм здійснює відповідне реагування, адаптацію до змінених умов, у вигляді зміни фізіологічних показників. Адаптація організму до дії високих температур виражається такими реакціями:

- більш різко вираженим потовиділенням;
- більш низькою температурою поверхні шкіри;
- меншим прискореним серцебиттям.

Значне потовиділення є результатом трьох адаптивних реакцій організму: більш раннє виникнення потовиділення, більш високий об'єм потовиділення при однаковому підвищенні центральної температури, більш пізнє виснаженням потовиділення по завершенню декількох годин. Менше підвищення температури поверхні шкіри є результатом більш раннього включення механізмів потовиділення. Менша ЧСС є наслідком менш значного підвищення центральної температури. Процес, що приводить до адаптації організму, протікає швидше при значному потовиділенні та інтенсивному теплообміні, коли продуковане організмом тепло переноситься у зовнішнє середовище шляхом випаровування. Такі реакції з боку серцево-судинної системи, потових залоз та інших органів і систем організму газодимозахисників багато в чому подібні до реакцій людей, які пройшли акліматизацію до високих зовнішніх теплових навантажень. Тобто, у таких газодимозахисників, працездатність і адаптованість до важких фізичних навантажень в екстремальних умовах є вищою [2, 5].

Важливим аспектом забезпечення необхідного рівня адаптації організму газодимозахисників до виконання оперативних завдань є забезпечення тренувального процесу в умовах підвищеної температури, зокрема в теплокамері. Згідно досліджень проведених в роботі [2], для тренування адаптаційних процесів щоденна двогодинна експозиція у відповідних (екстремальних) умовах забезпечить необхідну адаптацію організму. Тобто, для підвищення рівня адаптації організму газодимозахисників до посиленних фізичних навантажень в умовах високої температури під час тренувань, керівнику занять потрібно внести в графік тренувального процесу додаткові години перебування в теплокамері для вироблення у газодимозахисників відповідних адаптивних реакцій організму на зовнішні теплові впливи.

Інший бік адаптації газодимозахисників, пов'язаний з роботою в ЗІЗОД, які мають збільшений мертвий простір у порівнянні з подихом в комфортних умовах. Це пов'язано із збільшенням опору подиху, внаслідок додаткового опору приладу захисту органів дихання, який до своєю чергу залежить від об'єму легеневої вентиляції, що збільшується з підвищенням інтенсивності роботи. При появі, через використання ЗІЗОД, додаткового опору дихальні м'язи не завжди можуть його подолати і організм залучає до участі в диханні, інші допоміжні м'язи – мускулатуру спини, ший, грудної клітки при вдиху і м'язів живота при видиху. Це приводить до більш раннього стомлення та порушення кровообігу організму [6].

Для тренування процесів адаптації організму до високих температур і дихання в ЗІЗОД повинні широко використовуватися різні фізичні вправи. Як відомо з фізіології спортивної діяльності, тренувальні навантаження у видах спорту, що вимагають витривалості, викликають суттєве підвищення температури тіла (до 40 °С), навіть при нормальних умовах зовнішнього середовища. Це є стимулом для розвитку пристосувальних (адаптаційних) реакцій до великого внутрішнього теплового навантаження, що дуже важливо для професії газодимозахисника. У результаті систематичних занять у людей, що тренуються у видах спорту на витривалість, удосконалюється терморегуляція, знижується теплопродукція, поліпшується здатність до тепловіддачі, що в результаті приводить до підвищення загальної фізичної працездатності організму [7, 8]. Тобто тренувальний процес газодимозахисників повинен ґрунтуватися на подібних фізичних навантаженнях, але виконуватися в ЗІЗОД. Тренування в ЗІЗОД для підвищення адаптації повинні відбуватися при дотриманні наступних умов:

- фаза видиху в дихальному циклі повинна бути довшою фази вдиху;
- не занадто частий ритм подиху, що супроводжується поглибленням окремого вдиху;
- синхронізація ритму подиху з ритмом робочих рухів;
- ритмічність і рівномірність виконуваного навантаження із уникненням піків навантаження, що вимагають великої легеневої вентиляції за рахунок підвищення частоти подиху;

- використання короточасних пауз відпочинку, в ході яких виконувати дихальні вправи.

Такі вправи сприяють видаленню надлишків вуглекислоти, кращому окисненню недоокиснених продуктів обміну, відпочинку центральної мускулатури, зниженню рівня стомленості [9,10]. Введення в тренувальний процес газодимозахисників додаткових тренувань у відповідності до описаних вище рекомендацій по диханню, дозволить підвищити рівень адаптації організму до стресових фізичних і теплових перенавантажень.

Оскільки при виконанні бойових завдань газодимозахисник часто перебуває у важких екстремальних умовах, успішне вирішення оперативних задач вимагає певного рівня функціональних можливостей організму. Важливий фактор, що забезпечує наявність необхідних фізіологічних можливостей організму з адаптації до високих фізичних навантажень є професійний відбір під час вступних іспитів до навчального закладу. Тобто, забезпечення необхідного рівня адаптаційних можливостей газодимозахисників повинно починатися з професійного відбору кандидатів (абітурієнтів) по критеріям їхньої фізичної підготовки і стану здоров'я, які є основою спеціальної професійної підготовки, яка дозволяє виконувати професійні обов'язки в напружених, екстремальних умовах зовнішнього середовища з мінімальним ризиком виникнення стресових перенавантажень організму.

Висновки. Процес забезпечення необхідного рівня адаптаційних можливостей організму газодимозахисників до посиленних фізичних навантажень в екстремальних умовах виконання оперативних завдань, повинен починатися з етапу професійного відбору під час вступних іспитів до навчального закладу, за критеріями їхньої фізичної підготовки і стану здоров'я. У системі професійної підготовки газодимозахисників, що працюють у ЗІЗОД повинні переважати вправи, що підвищують силу і витривалість. Це тривала хода по сходах різних типів, по пересічній місцевості, вправи на кільцях, брусах, різні переповзання перешкод, а також спортивні ігри. Для підвищення рівня адаптації організму газодимозахисників до посиленних фізичних навантажень в умовах високої температури, керівнику занять потрібно внести в графік тренувального процесу додаткові години перебування в теплодимокамері та здійснювати тренування у відповідності до описаних вище рекомендацій по диханню, що забезпечить вироблення у газодимозахисників відповідних адаптивних реакцій організму до стресових фізичних і теплових перенавантажень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Грачев В.А. Газодымозащитная служба: Учебник / В.А. Грачев, Д.В.Поповский. – М.: Пожкнига, 2004. – 384 с.
2. Метц Б. Температурные условия окружающей среды // Метц Б. Физиология труда. Перевод с французского - М.: Медицина, 1973. –С. 390 – 436.
3. Перепечаев В.Д. Газодымозащитная служба пожарной охраны: Учебник / В.Д.Перепечаев, В.Ю.Береза. – Чернигов, РИК «Деснянська правда», 2000. – 468 с.
4. Wilmore J.H., Costill D.L. Physiology of sport and exercise - Champaign Jeenois / J.H. Wilmore, D.L. Costill. – Human Kinetics, 1994. - 49 p.
5. Моно Г. Адаптация систем дыхания и кровообращения к мышечной работе // Г. Моно, М. Готье. Физиология труда, перевод с французского - М.: Медицина, 1973. - С. 390-436.
6. Брандис С.А. Очерки по физиологии и гигиене труда горноспасателей / С.А. Брандис. - М.: Медицина, 1970. - 232 с.
7. Айдаралиев А.А. Адаптация человека к экстремальным условиям / А.А. Айдаралиев, А.Л. Максимов. - Л.: Наука, 1988. - 176 с.
8. Hirsch L. Trainings und Wetthempplaunueg im Langqstreckenlauf / L. Hirsch // Leichtethletir. – 1974. – № 5. – S. 157-159.
9. Функциональные системы организма. - М.: Медицина / Под ред. К.В. Судакова. - 1987. - 432 с.
10. Hollmann W., Hettinger T. Sportmedizin Arbeite und Trainingsdrundlagen / W. Hollmann, T. Hettinger. – Stuttgart - New York. – 1980. - 773 s.

УДК 614.841.1

Ковалишин В.В., д.т.н., доц.,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПОЖЕЖІ НА ЛЮДИНУ

Забезпечення пожежної безпеки включає в себе захист від небезпечних факторів пожежі. Збільшилась загибель людей від отруєння токсичними продуктами горіння або внаслідок їх сумісної дії з високою температурою і димом та перевищує 70% від загальної кількості загиблих. Дану тенденцію пов'язують із широким застосуванням полімерних матеріалів у побуті, виробництві, на транспорті та ін. Найнебезпечніші (переважаючи в кількісному відношенні) на пожежі такі гази, як акролеїн C_3H_3O , CO, CO₂, O₂, N₂, NO₂, HCN. Проблеми дослідження дії небезпечних факторів пожежі потребують комплексного вивчення і не можуть обмежуватись розрахунковими методами.

Ключові слова: небезпечні фактори пожежі, токсичність, продукти згорання

Важливим аспектом безпеки життєдіяльності громадян Держави є пожежна безпека, яка вирішує завдання не тільки збереження матеріальних цінностей від пожеж, але й захист життя і здоров'я громадян України. Забезпечення пожежної безпеки включає в себе захист від небезпечних факторів пожежі.

Ще багато проблемних питань у сфері забезпечення техногенної та пожежної безпеки. Перш за все, це пожежі та наслідками від них в Україні. Результати щорічного моніторингу стану з пожежами, який проводиться Українським науково-дослідним інститутом цивільного захисту, свідчить, що за останні 10 років у населених пунктах та на об'єктах суб'єктів господарювання України виникло 542 тисячі 358 пожеж, унаслідок яких загинуло 34 тисячі 29 людей і 17 тисяч 229 людей було травмовано. Тільки прями збитки, завдані пожежами, склали 4,9 мільярдів гривень, а загальні матеріальні втрати – понад 15 мільярдів гривень [1].

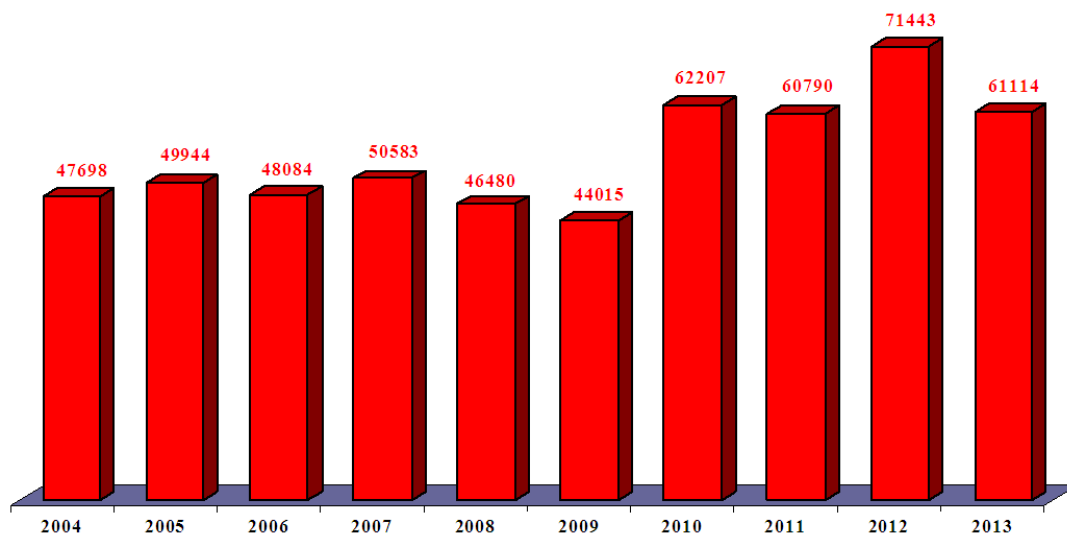


Рисунок 1 – Загальна кількість пожеж в Україні за 10 років

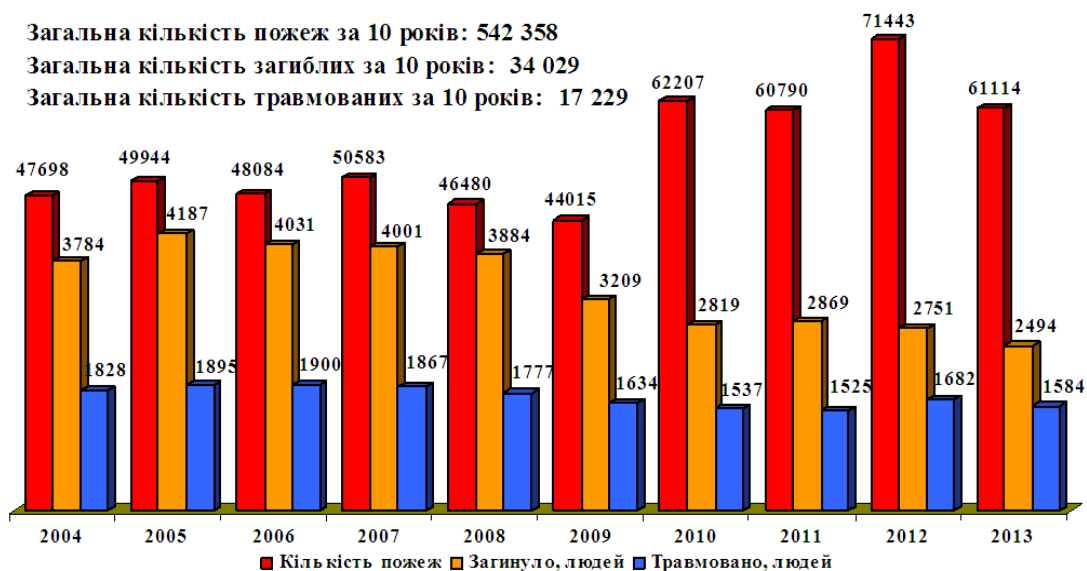


Рисунок 2 – Загальна кількість пожеж, загиблих та травмованих людей в Україні за 10 років

Крім того, результати порівняння з показниками сусідніх держав свідчать про недостатній рівень забезпеченості пожежної безпеки в Україні. Так, за величиною ризику загибелі людей від пожеж Україна поряд з такими країнами як Росія, Білорусь, Казахстан, Китай, США, Японія, Північна Корея, Великобританія, Франція, Італія, Німеччина, посідає друге місце в світі та поступається лише Російській Федерації, причому цей показник упродовж останніх років стабільно знаходиться в зоні високого ризику.

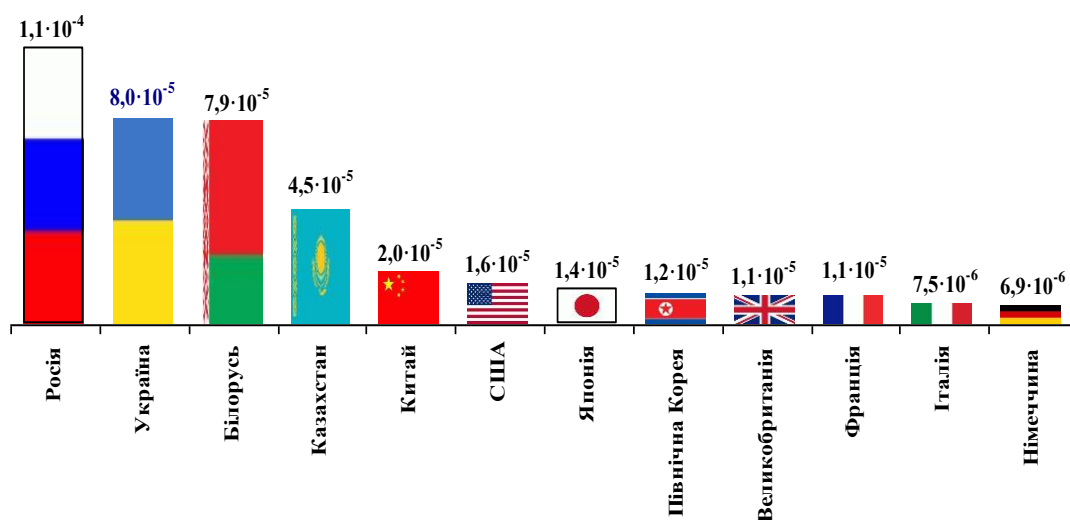


Рисунок 3 – Ризик загибелі людей на пожежах у різних країнах

Останніми роками почастишали також надзвичайні ситуації, що супроводжувались пожежами з тяжкими соціальними й екологічними наслідками на об'єктах підвищеної небезпеки, таких як підприємства енергетики, хімічної, нафтопереробної промисловості; об'єктах торгівлі, складських об'єктах різного призначення.

Серед загальної кількості більшість пожеж 85,0 % та випадків загибелі людей унаслідок них (95,9 %) припадає на житловий сектор. Разом з тим, щороку в Україні виникає певна кількість пожеж із тяжкими наслідками, що викликають негативні прояви у суспільстві.

Показник загибелі людей в перерахунку на 1 млн. населення в Україні перевищує такий у провідних країнах світу у рази [1]. Значний внесок у світову та національну статистику щодо пожежної небезпеки вносить і транспорт, де серед різноманітних надзвичайних

ситуацій біля 40% становлять пожежі [2,7]. За останні десятиріччя суттєво змінився внесок і розподіл між основними чинниками пожежі (високою температурою, димом, токсичними парами і газами, дефіцитом кисню) в генез уражень людей і пожежних-рятувальників. Якщо раніше від опіків гинуло більше ніж 60% постраждалих, то за останні десятиріччя їх питома вага знизилася, за даними світової статистики, до 20-15% [3, 4], а кількість отруєних токсичними продуктами горіння, або внаслідок їх сумісної дії з високою температурою і димом, перевищує 70% від загальної кількості загиблих [5]. В пожежі на території заводу Хартрон на підприємстві «Харківська ювелірна фабрика» у м. Харкові загинуло від отруєння 6 чоловік, що склало 75% від кількості загиблих. Дану тенденцію вчені пов'язують із широким застосуванням полімерних матеріалів у побуті, виробництві, на транспорті та ін. [6,7] та з недотриманням вимог пожежної безпеки.

Враховуючи той факт, що на одного загиблого припадає від 10 до 20 і більше постраждалих від гострих несмертельних отруєнь токсичними продуктами горіння, то загальна кількість людей, які потребують медичної допомоги, суттєво зростає [7]. З цих позицій і оцінюють зусилля компетентних світових організацій щодо підвищення ефективності протипожежних заходів, зниження займистості та групи горючості матеріалів, підвищення вогнестійкості споруд, а також зменшення ризику отруєння токсичними продуктами згорання та загибелі на пожежі.

Дослідження впливу небезпечних факторів пожежі на людину і навколишнє середовище являють великий інтерес з наукової і практичної точки зору і активно ведуться у всьому світі. В результаті піролізу і горіння твердих горючих матеріалів виділяється велика кількість токсичних продуктів згорання.

В галузі пожежної безпеки нерідко постає питання визначення точного якісного і кількісного складу продуктів згорання, за допомогою хроматографічних методів. Переважно дослідник ставить за мету визначення в першу чергу CO, CO₂, O₂, N₂ та інші токсичні гази. Найнебезпечніші (переважаючи в кількісному відношенні) на пожежі такі гази, як акролеїн C₃H₃O, CO, CO₂, O₂, N₂, NO₂, HCN [8,9,10].

В США існують різні стандарти за оцінкою дії токсичних газів на пожежних [8,9]. Для найтипівіших ситуацій розроблено три керівництва за оцінкою експозиції шкідливих домішок.

База даних граничних допустимих концентрацій (порогових значень) забруднень в повітрі виробничого приміщення при короткостроковій ГДК (T_{VL}-STEL) заснована на безпечному рівні протягом 15-хвилинної експозиції від однієї шкідливої домішки (перший стандарт, Американська Конференція Гігієністів при Федеральній Промисловості (ACGIH)).

В другому стандарті величина діючої небезпечної концентрації для життя і здоров'я (IDHL) застосовується при визначенні необхідності використання засобів захисту органів дихання і зору і визначається як концентрація, при якій людина протягом 30 хвилин може покинути небезпечне приміщення без використання засобів захисту без подальших наслідків для здоров'я (Національний інститут охорони праці і здоров'я - Адміністрація по охороні праці і здоров'я).

Для пожежників відповідним керівництвом є короткострокова (10 хв.) смертельна концентрація (STLC) [8.9.10].

На реальних пожежах в м. Бостоні (США) фахівцями Департаменту наукових досліджень навколишнього середовища і здоров'я вивчалася шкода, яка наноситься пожежникам від дії токсичних газів, зокрема, моніторингу піддали акролеїн, CO, CO₂, O₂, HCl, NO₂, HCN і мікрочастинки (тверда і рідка фаза), які, за наслідками раніше проведених вимірів і досліджень, надають найшкідливішу дію на організм пожежника [9]. Спеціально для цих досліджень було розроблено нагрудний пристрій відбору проб, який кріпився до бойового одягу пожежника.

Якісна методика відбору проб дасть об'єктивну картину складу продуктів згорання і дасть можливість правильно вибрати тактику гасіння.

Як правило розглядається дія одного небезпечного фактору на людину. А ось дія декількох небезпечних факторів може мати синергетичну дію або адитивну або якусь третю форму впливу, комплексну або з врахуванням температурного фактору.

Комплексне – одночасне надходження шкідливих речовин декількома шляхами (через дихальні шляхи, шлунково-кишковий тракт, шкірні покриви). У зв'язку з наростаючим забрудненням навколишнього середовища, пожежі також до цього відносяться, значення комплексного шляху надходження отрут зростає. Одночасна дія – одночасний вплив декількох хімічних і фізичних факторів. Вплив токсичних речовин на людину в умовах виробництва, пожежі не може бути ізольованим від впливу інших несприятливих факторів, таких як висока і низька температура, підвищена або знижена вологість, шум, вібрація, випромінювання.

При поєднанні впливу отрути з іншими факторами ефект може виявитися більш значним, ніж при ізольованому впливі того чи іншого фактора. При одночасному впливі шкідливих речовин і високої температури (температурний фактор) можливе підсилення токсичного ефекту. Почастішання дихання і посилення кровообігу ведуть до збільшення надходження отрути в організм через органи дихання. Розширення судин шкіри і слизових підвищує швидкість всмоктування токсичних речовин через шкіру і дихальні шляхи. Висока температура повітря збільшує летючість отрути і підвищує їх концентрації в повітрі (наркотики, пари бензину, ртуті, оксиди азоту, вуглецю, хлорофос). У виробництві нітро- і амінопохідних бензену і його гомологів отруєння частіше відбуваються в жаркий період року. Зниження температури в більшості випадків веде також до підсилення токсичного ефекту. Так, при зниженій температурі збільшується токсичність оксиду вуглецю, бензину, бензолу, сірковуглецю та ін. Тому дослідження дії небезпечних факторів пожежі потребує комплексного вивчення і в тому числі на експозиціях мишей, можливо з більш досконалою методикою ніж в [11]. При гасінні пожеж на об'єктах, де виділяються продукти згорання, треба використовувати індивідуальні засоби захисту органів дихання. Оцінка показника токсичності продуктів горіння в Україні регламентується [10]. В національних документах, зокрема в «Державних санітарних правилах охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами № 201 від 09.07.1997) передбачені розрахунки для визначення величини коефіцієнта комбінованої дії хімічних речовин на основі ефекту сумації, посилення (потенціювання) або незалежної дії. Надані відповідні пари для вивчення характеру комбінованої дії у разі, коли ефект відповідає закону простої сумації, більш ніж сумації (потенціювання) або незалежної дії. Подібні результати існують лише для двох (максимум трьох або чотирьох речовин), оскільки для складніших сумішей апарат контролю відсутній, не розроблений. Проблема комбінованої дії компонентів, особливо можливості ефекту потенціювання, залишається не визначеною. Позиція багатьох науковців Шафрана Л.М., Третьякової О.В. та інш. є такою, що для визначення медико-біологічного феномену токсичності не достатньо знати «технічні характеристики» і застосувати «загальні інженерні методи» і є некоректним, що підтверджується багатьма дослідженнями в США, Бостоні, країнах Європи. Позитивним моментом при розробці сучасних документів взамін [11] є врахування в інтегральному показнику токсичності маси матеріалу, яка згоріла, при застосуванні стандартного зразку. Є ще ряд моментів на які треба звернути увагу, можливість використання результатів, що одержані при моделюванні горіння у безполум'яному варіанті (350⁰С) є недостатньо обґрунтованою так як багаторічний досвід проведення випробувань сотень матеріалів свідчить, що серед них є такі, максимальна токсичність яких спостерігається не тільки в діапазоні 300-450 ⁰С, але й при 600-750 ⁰С і навіть більше 800 ⁰С. Тому вплив продуктів згорання треба в першу чергу перевірити на експозиціях гризунів. Бо недооцінка впливу деяких матеріалів може призвести до загибелі людей.

Висновки. Збільшилась загибель людей від отруєння токсичними продуктами горіння або внаслідок їх сумісної дії з високою температурою і димом, та перевищує 70% від загальної кількості загиблих, а це вимагає перегляду нормативної бази із забезпечення

пожежної безпеки, Вимагає доопрацювання ГОСТ 12.1.044.-89 вимагає доопрацювання ГОСТ 12.1.044.-89.

Проблеми дослідження дії небезпечних факторів пожежі потребують комплексного вивчення і не можуть обмежуватись розрахунковими методами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003-2013 році.
2. Шафран Л. М. Научно-теоретические проблемы медицины транспорта / Л.М. Шафран // Современные проблемы транспортной медицины. – 2005. – № 1. – С. 123.
3. Pauluhn J. A. Retrospective Analysis of Predicted and Observed Smoke Lethal Toxic Potency Values / J. A. Pauluhn // Fire Sciences. – 1993. – Vol. 11, № 2. – P. 109–130.
4. Alarie Y. Toxicity of fire smoke / Y. Alarie // Crit. Rev. Toxicol. – 2002. – Jul. № 32 (4). – P.259–289.
5. Харченко І. О. Климась Р. В., Скоробагатько Т. М. Токсичність продуктів горіння – основна причина загибелі людей у наслідок пожеж / І. О. Харченко, Р. В. Климась, Т. М. Скоробагатько [та ін.] // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2006.– №4 (6). – С. 41–45.
6. Austin C. C. Characterization of volatile organic compounds in smoke at municipal structural fires / C. C. Austin, D. Wang, D. J. Ecobichon [et al.] // Toxicol. Env. Health. – Pt A. – 2001. –Vol. 63. –Iss. 6. – P. 437–458.
7. Третьякова О. В. Токсиколого-гігієнічна оцінка продуктів горіння полімерних матеріалів транспортного призначення / О. В. Третьякова // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2009. – № 4. – С. 110–123.
8. ДСТУ EN 136 : 2003 „Вимоги, випробування, маркування (EN 136:1998, ITD)”
9. Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывоопасности. – М: Академия ГПС МЧС России, 2005.-336с.
10. Ковалишин В.В. Основи створення та експлуатації засобів індивідуального захисту органів дихання / Ковалишин В.В., Кусковець С.Л., Луц В.І. – Львів – 2008. 317 с.
11. ГОСТ 12.1.044-89 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов . Номенклатура показателей и методы их определения» 113с.

УДК 544.128.12

В.В.Кукуєва, к.х.н., доц., Р.В.Романюк,
Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

ВОГНЕГАСНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАЛОГЕНПОХІДНИХ ПРОПАНУ І ЕТАНУ

Вогнегасна ефективність галогенопохідних пропану, які пропонуються як альтернативні інгібітори горіння на заміну хладонам була оцінена шляхом квантово-хімічних розрахунків методом Хартрі-Фока з базисним набором 6-31 G* енергій деструкції досліджуваних молекул. Показано, що флуоровмісні вуглеводні при розкладанні утворюють ефективні пастки для активних центрів полум'я.

Ключові слова: пожежа, горіння, інгібітор, гасіння, хладони, флуоровмісні вуглеводні, активні центри полум'я.

Постановка проблеми. У 1987 році Монреальський протокол офіційно визнав значну загрозу озоноруйнівних речовин (ОРР) для озонового шару і розробив механізм щодо поетапної відмови від світового виробництва і споживання ОРР [1]. Правила № 2037/2000, встановлені протоколом [1] стосуються використання та поетапного скорочення ОРВ в тому числі хлорфлуорвуглеводнів (ХФВ), гідрогенхлорфлуорвуглеводнів (ГХФУ) і галогеновмісних вуглеводнів (Хладонів) [1]. ХФВ і ГХФВ є хімічними речовинами, які використовуються в основному в якості робочих рідин в холодильних системах, в той час як деякі види ГХФВ включають використання в якості компонентів вогнегасних сумішей [2]. Хладони широко використовувалися як рідини для пожежогасіння у вогнегасниках. Хладони характеризуються рядом сприятливих характеристик придушення вогню. Ці речовини неелектропровідні, що робить їх ідеальними для використання з електричним устаткуванням, їх застосування зводить до мінімуму пошкодження обладнання; вони дуже швидко гасять вогонь, і вони можуть бути використані в заселених приміщеннях, їх токсичність низька [3]. Початковими речовинами для заміни сполук, заборонених Монреальським протоколом були флуоровмісні вуглеводні (HFC), які мають дуже низький озоноруйнівний потенціал (ODP), оскільки вони не містять хлор або бром. Але, на жаль, вони виявилися не достатньо ефективними. В даний час, підходящої заміни для хладону 1301 (CF₃Br) бромтрифлуометану в авіакосмічній промисловості не знайдено. Це призвело до того, що найважливіші області застосування хладону 1301 для захисту екіпажу, двигунів, вантажних відсіків і інертизації паливного баку залишилися без надійного вогнезахисту [4]. Хоча в цих сферах хладони все ще частково використовуються, Європейський союз вимагає заміни хладонів в нових конструкціях літаків до 2018 року, а в існуючих літаках до 2040 року [5]. Федеральне управління цивільної авіації США (FAA) розпочало пошук потенційних заміників для хладонів, які демонструють аналогічну вогнегасну ефективність, але мають низький потенціал руйнування озонового шару і потенціал глобального потепління (ППП).

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Для вирішення завдання створення ефективної системи газового пожежогасіння, з точки зору припинення горіння, присвячена велика кількість наукових досліджень [6-8]. Визнано, що найбільш ефективними є хімічні гази - хладони. Їхня дія ґрунтується на двох факторах: хімічному інгібуванні реакції окислення і зниження концентрації окисника (кисню) в зоні окиснення [9]. Хладони ефективніші, ніж інертні гази, тому що вогнегасна концентрація стислих газів вище, ніж хладонів, тому потрібно на 25 - 30% більше газу і, отже, на третину зростає кількість ємностей для зберігання газових вогнегасних речовин. Ефект впливу всіх існуючих засобів гасіння залежить від фізико-хімічних властивостей палаючих матеріалів, умов їхнього горіння та інших факторів [10]. Деякі флуоровмісні вуглеводні (ФВВ) менш шкідливі для стратосферного озону і досить ефективні при ліквідації пожеж. Такі флуоровмісні вуглеводні як HFC-23 (CF₃H), HFC-125(C₂F₅H), HFC-227 (C₃F₇H) найкраще проявляють себе як потенціальні

інгібітори горіння. Ці речовини мають низьку токсичність, але, як вважають автори [11], вони не є хімічними інгібіторами горіння. Їхня дія на полум'я [11] відбувається шляхом розведення повітря, і таким чином ФВВ менш ефективні, ніж бромовмісні хладони.

У роботі [12] показано, що маса інгібіторів на основі ФВВ, необхідна для гасіння, перевищує масу бромовмісних речовин. Добре відомо, що вогнегасна активність галогеновмісних вуглеводнів знижується в наступному порядку [10]: $R_1 > RBr \gg RCl > RF$, де R – вуглеводневий радикал. В той же час пояснення більш слабкій інгібувальній дії флуоровмісних сполук досі не було знайдено. Згідно багатьом роботам, зокрема [14], хімічне інгібування горіння галогеновмісними сполуками реалізується в реакціях за участю атомів галогенів, що утворюються при деструкції галогеновмісних сполук. Автори роботи [11] припускають, що відсутність хімічної дії флуоровмісних вуглеводнів на горіння обумовлено більш високою енергією хімічного зв'язку C–F порівняно з C–Cl і C–Br. Висока енергія хімічного зв'язку C–F зменшує ймовірність перебігу вищезгаданих реакцій. У наших роботах [12, 13] неодноразово була підтверджена ця точка зору за допомогою квантово-хімічних розрахунків. Однак, на противагу думці авторів роботи [14], енергія розриву зв'язку X–галоген у хлоровмісному вуглеводні лише на 0,0049 ккал відрізняється від енергії деструкції хладону 1301 з утворенням атомарного бром. Нами також було показано, що продукти деструкції ефективно захоплюють активні центри полум'я, в чому проявляється так званий scavenging effect (ефект пастки) [9], який лежить в основі хімічного інгібування. Отже, причина більш слабкої інгібувальної дії флуоровмісних вуглеводнів має бути в площині механізму хімічних реакцій на рівні елементарних стадій.

Постановка задачі та її розв'язання. Для гасіння пожеж в установках газового пожежогасіння застосовуються хладони HFC-23 (CF_3H), HFC-125 (C_2F_5H), HFC-218 (C_3F_8), HFC-227 (C_3F_7H), FC-318 (C_4F_8). Вони використовуються як для об'ємних засобів пожежогасіння так і у переносних засобах – вогнегасниках. Представлені хладони відносяться до групи флуоралканів токсичність, яких зменшується зі збільшенням числа атомів фтору в молекулі, вони не містять в молекулі атомів хлору та бром, які підвищують їх токсичність та збільшують їх негативний вплив на озоновий шар Землі. Рейнхардт [15], провів випробування по вибуху аерозольного балону з Хладоном 1301, пентафлуоретаном HFC-125 (C_2HF_5), і бромфлуоропропаном 2-ВТР ($C_3H_2F_3Br$) в ємності 11 400 літрів при постійному об'ємі і тиску за зразком вантажного відсіку літака. Випробувальний аерозольний балон включає у себе пожежне навантаження 2,05 моль пропану, 5,87 моль денатурованого спирту і 5,00 моль рідкої води. Випробування моделює ситуацію, коли пожежа в вантажному відсіку літака нагріває аерозоль поки він не вибухне і його вміст попадає у вогонь. Результати випробувань аерозольного балончика показали, що при додаванні HFC -125 в об'ємних частках 6,2 %, 8,9 % і 11 % було виявлено пік підвищення тиску, близько 3,6 бар в той час як при додаванні 13,5 % підвищення тиску не спостерігалось. При додаванні 2- БТП з об'ємною часткою 3% і 4% пік підвищення тиску був близько 4,3 бар, в той час як на 5% і 6% пік підвищення тиску було близько 6,7 бар.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Результати Рейнхардта та ін [15] показують, що в той час як існує концентрація інертних розріджувачів таких, як HFC-125 і 2- БТП у випробувальному аерозольному балоні для вибухів, при збільшенні концентрації вище інертної для цих речовин фактично збільшує пік підвищення тиску, а також виділення тепла, в порівнянні з випадком без додавання агента. Виникає питання чи володіють досліджені речовини інгібувальною здатністю, чи їхня слабка вогнегасна ефективність пов'язана з фізичним впливом на зміну тиску, як це було показано в дослідях Рейнхарда [15].

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. На основі експериментальних даних було проведено літературний пошук речовин, які проявляють вогнегасні властивості та обрано для дослідження такі об'єкти: C_2F_5H – пентафлуороетан, C_3F_7H – гептафлуоропропан і $C_3H_2F_3Br$ – трифлуоробромпропан, які на думку дослідників володіють вогнегасними властивостями та можуть використовуватись для різних видів пожежогасіння [8, 10]. Ці речовини не є аналогами за своєю хімічною будовою. Перші дві належать до флуоровмісних похідних етану і пропану, відповідно, а третя сполука належить до ненасичених бромовмісних

вуглеводнів. Отже в ній наявний подвійний зв'язок і атом бромю як замісник. Вогнегасний ефект C_3F_7H на характеристики займання стехіометричної метано-повітряної суміші досліджені в [16] з використанням методів моделювання. Було знайдено, що індукційний час (затримки займання) є перед усім функцією первинних продуктів розкладання C_3F_7H . При низькій температурі ці частинки промотують горіння метану ініціюванням серії ланцюгових реакцій. При високій температурі, однак, продукти розкладання гептафлуоропропану інгібують горіння. Чим вище початкова концентрація домішки, тим більше ефективність інгібування, особливо для концентрації інгібітора 5 % і вище. Це має практичне значення, оскільки такий рівень концентрації близький до мінімальної C_3F_7H в існуючих вогнегасних системах на основі цієї речовини (7% за об'ємом). Отже, ефективність інгібування пов'язана з тим, які продукти утворюються при розкладанні молекул вогнегасних речовин. Для виявлення зв'язку між будовою молекул досліджуваних речовин і їх вогнегасною ефективністю були проведені квантово-хімічні розрахунки ab initio за методом Хартрі-Фока з використанням базисного набору 6-31*G міцності зв'язків з метою визначення можливих продуктів термічної деструкції. Результати представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Квантово-хімічний розрахунок можливих шляхів термічної деструкції досліджуваних молекул методом Хартрі-Фока в базисному наборі 6-31*G

№ п.п.	Шлях деструкції	Енергія, Е, ккал/моль
Гексафлуорпропан		
1.	$C_2H_2F_3 - CF_3 \rightarrow C_2H_2F_3^{\cdot} + CF_3^{\cdot}$	71.47
2.	$C_3H_2F_5 - F \rightarrow C_3H_2F_5^{\cdot} + F^{\cdot}$	65.7
3.	$C_2HF_3 - CHF_2 \rightarrow C_2HF_3^{\cdot} + CHF_2^{\cdot}$	69.03
Бромтрифлуоропропен		
1.	$C_3H_2F_3 - Br \rightarrow C_3H_2F_3^{\cdot} + Br^{\cdot}$	27.6
2.	$C_2H_2Br - CF_3 \rightarrow C_2H_2Br^{\cdot} + CF_3^{\cdot}$	54.3
3.	$C_3HF_3Br - H \rightarrow C_3HF_3Br^{\cdot} + H^{\cdot}$	60,87
4.	$C_3H_2F_2Br - F \rightarrow C_3H_2F_2Br^{\cdot} + F^{\cdot}$	42,11
Пентафлуороетан		
1.	$CHF_2-CF_3 \rightarrow CHF_2^{\cdot} + CF_3^{\cdot}$	78,4
2.	$CHF_2-CF_3 \rightarrow CHF^{\cdot} - CF_3^{\cdot} + F^{\cdot}$	92,2
3.	$CHF_2-CF_3 \rightarrow CF_2-CF_3^{\cdot} + H^{\cdot}$	125,5

Як видно із результатів розрахунків (табл.1) для бромовмісної молекули характерною є найменша енергія деструкції при відриві радикала бромю. Якщо порівнювати енергію відриву з іншими енергіями деструкції в даній молекулі трифлуорбромпропену, енергія відриву радикалу суттєво відрізняється від інших, а саме: у 2 рази менша порівняно з відщепленням радикалу CF_3^{\cdot} у 1,5 рази менша ніж енергія відриву атому флуору. Ці результати підтверджують високі інгібувальні властивості бромовмісних молекул. Щодо утворення радикалу CF_3^{\cdot} , то тут картина дещо інша. Енергія відщеплення даного радикалу в молекулі трифлуорбромпропену є меншою ніж відрив цього ж радикалу від безбромної сполуки. В даному випадку атом бромю впливає на зв'язок у молекулі трифлуорбромпропену при відщепленні радикалу CF_3^{\cdot} . Очевидно зменшує енергію також наявність π -зв'язку.

Якщо порівняти представлені розрахунки вуглеводнів пропанового і етанового гомологічних рядів можна зробити висновок, що збільшення довжини вуглецевого ланцюга сприяє зменшенню енергії розриву всіх зв'язків. Отже, у відповідності до результатів наших розрахунків вуглеводні пропанового ряду проявлятимуть значно більшу ефективність, що і підтверджено експериментом [15]. Добре відомо, що атом флуору є одним з основних інгібувальних частинок при застосування флуоровмісних вогнегасних речовин. Проаналізуємо енергію його утворення в досліджуваних молекулах. Атом бромю впливає на

міцність зв'язку C-F в молекулі трифлуорбромпропену. Так, при відриві радикалу флуору в цій молекулі необхідна найменша енергія. Енергія відщеплення радикалу при термічній деструкції обох досліджуваних молекул істотно відрізняється – це зумовлено певними особливостями будови досліджуваних речовин, зокрема довжиною вуглецевого ланцюга. Меншої енергії відриву радикала флуору потребує молекула гексафлуорпропану. Якщо порівняти з аналогічним відривом радикала флуору від молекули пентафлуороетану, то енергія відщеплення більше на 26.5 ккал. Наявність подвійного зв'язку в молекулі трифлуорбромпропену сприяє зміцненню зв'язку бром з атомом карбону в повністю заміщених флуоровуглеводнях. Якщо бром знаходиться біля карбону, зв'язаного з гідрогеном, то енергія, необхідна для відщеплення інгібувальної частинки, збільшується майже вдвічі. Можна зробити висновок про більшу активність бром, який виступає замісником у флуоровуглеводнях, у порівнянні з інгібіторами, в молекулах яких присутні незаміщені атоми гідрогену. Одержані результати корелюють з висновками експериментаторів про більшу інгібувальну ефективність бромовмісних інгібіторів. При цьому інгібування відбувається не лише за рахунок атомів Br^{*}, але і атомарний флуор утворюється в таких молекулах з меншою енергією. Радикал CF₃^{*} в досліджених молекулах утворюється з більшою енергією, тому припускаємо, що в даному випадку інгібування забезпечено в основному атомами галогенів.

Висновки. Підводячи підсумок, можна сказати наступне: найбільш ефективними газовими вогнегасними речовинами, на наш погляд, є хладони. Відносно висока їх вартість компенсується вартісними показниками витрат на монтаж системи та її подальше технічне обслуговування. Особливо важливою якістю хладонів, що використовуються в системах пожежогасіння, є їх мінімально шкідливий вплив на людину. І порівнявши властивості трьох обраних молекул ми можемо сказати, що молекула, яка не містить атомів бром, а саме гептафлуоропропан є найбільш ефективною безбромною альтернативою хладонам. Гептафлуоропропан певним чином компенсує свої слабкі інгібувальні властивості кількістю атомів флуору в молекулі. Неможна не наголосити й на нешкідливості використання саме безбромних речовин при гасінні пожежі, через їх набагато кращі властивості припинення реакції горіння не шляхом охолодження, або розведення окисника, а через безпосереднє інгібування полум'я активними речовинами та продуктами їх термічного розкладання.

Перспективи подальших досліджень. Є підстави вважати, що слабші інгібувальні властивості флуоровмісних вуглеводнів обумовлені більш високою енергією зв'язку H-F, що унеможливує регенерацію агента-пастки для активних центрів полум'я. Отже наступним етапом дослідження є розкриття детального механізму інгібувальної дії флуоровмісних вуглеводнів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bryk, Dale S. "The Montreal Protocol and Recent Developments to Protect the Ozone Layer." *Harvard Environmental Law Review*. – 1991. – 15. – PP. 275-98.
2. Calm, James M., Donald J. Wuebbles, and Atul K. Jain. "Impacts on Global Ozone and Climate from Use and Emission of 2,2-Dichloro-1,1,1-Trifluoroethane (HCFC-123)." *Climate Change*. – 1999. – 42.2. – PP. 439-74
3. United States. Environmental Protection Agency. "Revised Guidance Notes for Ozone Depleting Substances, Halon Phase-Out." . – 2008.
4. Linteris, Gregory T., Donald R. Burgess, Fumiaki Takahashi, Viswanath R. Katta, Harsha K. Chelliah, and Oliver Meier. *Stirred Reactor Calculations to Understand Unwanted Combustion Enhancement by Potential Halon Replacements*. – 2012. – Combustion and Flame. – 159. – PP. 1016-025.
5. Hughs Associates, Inc.. ICF Consulting. *Review of the Transition Away From Halons in U.S. Civil Aviation Applications*. – 2004.
6. Жартовський В.М., Откідач М.Я., Цапко Ю.В., Техніко-економічні аспекти заміни хладонів 114В2 та 13В1 в автоматичних установках пожежогасіння // Науковий вісник УКРНДПБ, 2002. – №2(6). – С. 31-37
7. Антонов А.В. Проблема заміни озоноруйнівних хладонів на екологічнобезпечні альтернативні вогнегасні речовини // Пожежна безпека. – 2003. – №3. – С.

9–12.

8. Babushok V., Tsang W., Linteris G.T., Reinelt D. Chemical limits to flame inhibition / *Combustion and flame*. – 1998. – V.115. – PP. 551-560

9. Namrata Vora, Jia Eng Siow, and N.M.Laurendeau, Chemical Scavenging Activity of Gaseous Suppressants by using Laser-induced Fluorescence Measurements of Hydroxyl, *Combustion and flame*. – 2001. – V. 126. – P.1393-1401

10. Linteris, G. T., Effect of Inhibitor Concentration on the Inhibition Mechanism of Fluoromethanes in Premixed Methane-Air Flames. American Chemical Society. Halon Replacements – Technology and Science. National Meeting, 208th. Proceedings. ACS Symposium Series 611. – 1994. – August. – P. 21-25 // Washington, DC, American Chemical Society, Washington, DC, Miziolek, A. W.; Tsang, W., Editor(s)(s), – 1995. – P. 260

11. Gann R.G., and oth. Agent system compatibility for halon 1301 aviation replacement, Int. CFC and Halon Alternatives Conference, 1993. – Stratospheric Ozone Protection of the 90's. October 20–22, 1993. Washington DC. – PP. 753–760.

12. Кукуева В.В., Кириллов А.А., Влияние состава и структуры галогенсодержащих огнетушащих веществ на их ингибирующую активность, *Науковий вісник УКРНДПБ*, 2003. – № 1 (7). – С. 93–98.

13. Кукуева В.В., Романюк Р.В., Теоретичне дослідження вогнегасної ефективності флуоровмісних похідних пропану, *Пожежна безпека: теорія і практика*. – 2012. – № 11. – С. 52-56.

14. Moghtaderi B., Dlugogorski B.Z., Kennedy E.M., A detailed chemical kinetic modelling study on high temperature ignition of methane/air mixtures doped with C₃F₇H // Halon Options Technical Working Conference. – 12-14 May, 1998. – PP. 157-164.

15. Reinhardt, John W. “Behavior of Bromotrifluoropropene and Pentafluoroethane When Subjected to a Simulated Aerosol Can Explosion.” Washington, D.C.: Federal Aviation Administration. – 2004.

УДК 629.3

Лук'янченко О.Ю., к.т.н, доц., Лук'янченко Ю.О.,
Черкаський державний технологічний університет,
Биченко С.М., к.і.н., Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

КРИТЕРІЙ ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО АВТОМОБІЛІВ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СЛУЖБ

Проведено аналіз призначення оперативно-рятувальних транспортних засобів, визначено елементи, відповідно до яких формуються вимоги до транспортних засобів, запропоновано загальні вимоги до оперативних транспортних засобів та критерій оцінки ефективності оперативно-рятувального автомобіля, а також відповідність існуючих оперативно-рятувальних автомобілів сформованим вимогам.

Ключові слова: оперативно-рятувальний автомобіль, ефективність, критерії оцінки ефективності, методи проектування.

Постановка проблеми. Оперативно-рятувальними автомобілями називають транспортні засоби, що знаходяться в експлуатації служб оперативного реагування, та використовуються ними в процесі виконання службових обов'язків. Вказані автомобілі окрім транспортної роботи повинні виконувати ще ряд специфічних функцій, які обумовлені їх цільовим призначенням. Оскільки оперативно-рятувальні автомобілі використовують в процесі порятунку людей, майна, ліквідації дії шкідливих чи небезпечних факторів або їх наслідків, то робимо висновок, що від ефективності функціонування автомобілів безпосередньо залежить ефективність роботи тієї чи іншої оперативно-рятувальної служби. Саме тому актуальною є проблема підвищення ефективності автомобілів служб оперативного реагування.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз досліджень в сфері оперативно-рятувальних автомобілів [1,2,3,4] показує, що проблема підвищення ефективності їх експлуатації є об'єктом дослідження численних робіт. Однак, такі дослідження проводять на рівні наукових та конструкторських закладів, що підпорядковуються міністерствам тих чи інших оперативно-рятувальних служб. Результатом цього є вдосконалення лише спеціальної частини оперативно-рятувального автомобіля, призначення якої пов'язано із забезпеченням не транспортної, а стаціонарної роботи.

Тому виникає необхідність в узагальненні функцій оперативно-рятувального автомобіля та комплексному аналізі умов його життєвого циклу. Вказаний аналіз дасть змогу сформулювати загальні вимоги до оперативно-рятувального автомобіля, абстрагуючись від існуючих методів їх конструювання, а також перевірити відповідність сучасних автомобілів оперативно-рятувальних служб сформульованим вимогам.

Викладення основного матеріалу. Відомо, що процес проектування будь-якого об'єкта розпочинається з формування до нього комплексу вимог, відповідність яким забезпечує найвищу ефективність на всіх етапах життєвого циклу об'єкта. Загалом, вказані вимоги формуються відповідно до наступних елементів, що дозволяє сформулювати відповідну систему:

- функціональне призначення об'єкта;
- середовище його цільового використання;
- техніко-економічні вимоги.

Взаємозв'язок вказаних факторів та ступінь їх значимості є базисом для розробки технічного завдання на проектування того чи іншого технічного виробу. Вказані твердження торкаються і автомобілів служб оперативного реагування.

Оперативно-рятувальний автомобіль є частиною ерготехнічної системи, яку можна розподілити на дві підсистеми: транспортний засіб (тобто технічна частина) та особовий склад. На рис.1 показана декомпозиція оперативно-рятувального автомобіля на складові. Ефективність функціонування оперативно-рятувального автомобіля залежить від ефективності діяльності підсистем, які входять до його

складу. Ефективність функціонування підсистеми «особовий склад» залежить від рівня підготовки працівників, тому в подальшому до розгляду приймається лише технічна частина автомобіля.

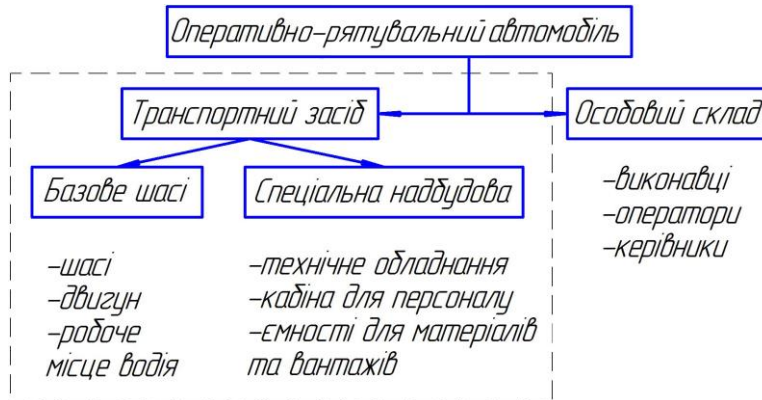


Рисунок 1 – Декомпозиція оперативно-рятувального автомобіля

Здатність будь-якого автомобіля виконувати відповідні функції визначається комплексом властивостей, які оцінюються за допомогою відповідних величин і виступають як системні характеристики якості функціонування досліджуваного типу транспортного засобу. За різними класифікаційними ознаками поділ автомобілів на групи здійснюється за ступенем їх пристосованості до виконання певного виду транспортної роботи. Відповідно до функціонального призначення цих типів транспортних засобів формуються і найбільш вагомні показники за допомогою яких оцінюють ефективність процесу їх функціонування та якість результатів цих процесів. Відповідно до зазначених принципів визначення типу виділяють групи пасажирських та вантажних транспортних засобів. Однак, дослідження функціонального призначення оперативно-рятувальних автомобілів показує, що йому повинні бути властиві функції різних видів транспортних засобів.

Основним призначенням оперативно-рятувального автомобіля є оперативна доставка особового складу, обладнання та матеріалів на місце надзвичайної події та забезпечення роботи персоналу на місці виклику. У відповідності до вказаного функціонального призначення формується комплекс вимог до оперативно-рятувального транспортного засобу.

На рис.2 показана схема розподілу вимог до оперативно-рятувального автомобіля. Необхідність в перевезенні особового складу відповідної служби накладає на оперативно-рятувальний автомобіль комплекс вимог щодо пристосованості до перевезення пасажирів. Це такі вимоги як пасажиромісткість, забезпечення безпеки пасажирів та забезпечення високої швидкості посадки та висадки пасажирів.

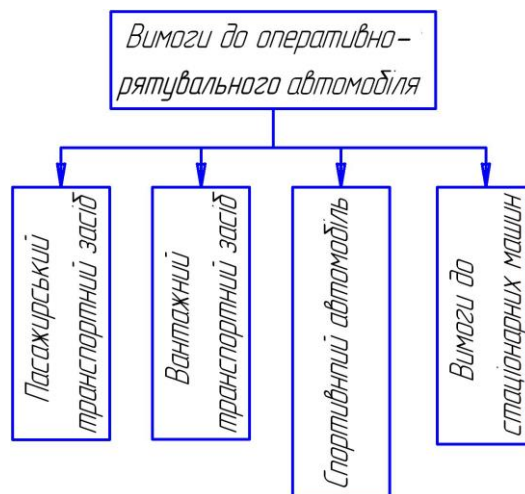


Рисунок 2 – Вимоги до оперативно-рятувальних автомобілів

Потреба у перевезенні обладнання та матеріалів висуває до оперативно-рятувального автомобіля ряд вимог аналогічних вантажним транспортним засобам. До таких вимог належать вантажопід'ємність, забезпечення цілісності вантажу, забезпечення оперативності завантаження та розвантаження транспортного засобу і доступу до обладнання.

Наступною складовою функціонального призначення автомобілів оперативно-рятувальних служб є часове обмеження на виконання транспортної роботи. Це вимагає від оперативно-рятувального автомобіля високих швидкісних та динамічних показників, що в свою чергу висуває комплекс вимог аналогічних спортивним автомобілям. Оскільки функціонування оперативно-рятувального автомобіля не закінчується з виконанням транспортної роботи, а включає в себе роботу в стаціонарному режимі, тому до автомобіля оперативно-рятувальних служб висувають також комплекс вимог до стаціонарних машин.

Слід звернути увагу, що для оперативно-рятувальних транспортних засобів різного призначення співвідношення вказаних вимог будуть також різними. Можливі варіанти таких оперативно-рятувальних автомобілів, для яких певна група вимог буде відсутньою, що визначається на етапі проектування такого автомобіля. Однак, апріорне ігнорування одних та превалювання інших груп вимог призводить до зниження загальної ефективності оперативно-рятувального транспортного засобу.

Вказані вимоги забезпечують найвищу ефективність оперативно-рятувальних автомобілів на етапі проектування. Однак, необхідно також сформулювати комплекс вимог, які дозволяють визначити ефективність оперативно-рятувального транспортного засобу на етапі експлуатації.

Будь-який автомобіль призначений для виконання транспортної роботи, яка полягає у переміщенні вантажу або пасажирів із пункту відправлення до пункту прибуття. Однак, дана функція для автомобілів загального призначення та оперативно-рятувального автомобіля має деякі відмінності, які обумовлені специфікою їх функціонального призначення.

Звичайний автомобіль повинен виконати покладену на нього транспортну роботу в запланований строк та із мінімальними економічними затратами. На відміну від автомобіля загального призначення оперативно-рятувальний автомобіль, повинен виконати транспортну роботу за мінімальний відрізок часу τ_1 . Таким чином можемо визначити першу вимогу до оперативно-рятувального автомобіля: час виконання транспортної роботи має бути мінімальним – $\tau_1 \rightarrow \min$.

Наступною відмінністю оперативно-рятувального автомобіля від автомобіля загального призначення є постійна готовність до виконання транспортної роботи. Під терміном «готовність» розуміють наступне. Комерційний автомобіль більшу частину часу експлуатації знаходиться в процесі виконання транспортної роботи. Цим забезпечується економічна обґрунтованість його існування. Оперативно-рятувальний автомобіль – навпаки більшу частину часу експлуатації знаходиться в режимі очікування. Однак, при цьому автомобіль має бути готовим до негайного виїзду. Слід відмітити, що поняття «готовність» включає в себе такі основні фактори як технічний стан транспортного засобу та час підготовки до виїзду. Технічний стан автомобіля є абстрактним поняттям, що не може бути вираженим в числовому еквіваленті, також особливістю цього фактору є те, що рівень технічного стану залежить тільки від якості функціонування технічної служби, що проводить обслуговування. Час підготовки до виїзду в свою чергу залежить як від якості підготовки особового складу так і від технічних показників транспортного засобу. Позначимо час підготовки до виїзду як τ_2 . Отже, наступна вимога до оперативно-рятувального транспортного засобу може бути виражена таким чином: $\tau_2 \rightarrow \min$.

Ще однією принциповою відмінністю оперативно-рятувального транспортного засобу від автомобіля загального є те, що оперативно-рятувальний автомобіль окрім виконання транспортної роботи повинен забезпечити ще і роботу особового складу на місці виклику. При цьому необхідно враховувати, що деякий час займає процес розгортання та введення в дію спецобладнання. Вказана величина τ_3 залежить як від якості підготовки особового складу так і від технічних показників спеціальної надбудови оперативно-рятувального автомобіля. Даний відрізок часу також має бути мінімальним, тобто $\tau_3 \rightarrow \min$.

Визначивши основні часові проміжки, що характеризують роботу оперативно-рятувального автомобіля можемо в загальному вигляді виразити цільову функцію:

$$\Phi = f(\tau_1, \tau_2, \tau_3) \rightarrow \min . \quad (1)$$

Однак, приведена функція повністю не відображає умов експлуатації оперативних автомобілів, а лише висуває ряд вимог до їх часових характеристик. В свою чергу, мінімізація часових характеристик перш за все пов'язана з соціально-економічною ефективністю використання автомобілів оперативно-рятувальних служб. Автомобілі оперативно-рятувальних служб окрім високих часових характеристик повинні також відповідати масовим, габаритним характеристикам і крім того бути маневреними та адаптуватись відповідно до зміни умов середовища функціонування.

Оскільки відповідність приведеним вище вимогам до оперативно-рятувальних транспортних засобів закладається на етапі його проектування, тому необхідно визначити та проаналізувати існуючі методи конструювання автомобілів оперативно-рятувальних служб. Виділяють три методи створення оперативно-рятувальних автомобілів [5,6]:

-доопрацювання існуючого, базового шасі автомобіля загального призначення з метою адаптування його до умов середовища його цільового призначення;

-встановлення на базове шасі спеціальної надбудови, яка забезпечує виконання спеціальних функцій;

-застосування окремих вузлів та агрегатів базових чи спеціально розроблених шасі для побудови нового шасі з новими властивостями, які були відсутні в базових моделях.

Найбільш ефективним є третій метод проектування оперативно-рятувальних автомобілів, оскільки він дає можливість варіювати властивостями структурних компонентів автомобіля для забезпечення найвищих експлуатаційних та конструкційних показників. Однак, всі оперативно-рятувальні автомобілі вітчизняного та переважна більшість зарубіжного виробництва створюється за схемою «базове шасі – спеціальна надбудова», що не забезпечує його найвищої ефективності, оскільки не враховується взаємодія окремих елементів автомобіля та її вплив на загальну ефективність. Причиною цього є превалювання конструкторсько-технологічних вимог на етапі розробки технічного завдання проектування оперативно-рятувального автомобіля, з метою забезпечення найвищих економічних показників виробу, що для автомобілів оперативно-рятувальних служб є не виправданим рішенням, оскільки вказані транспортні засоби використовують для порятунку життя людей та матеріальних цінностей.

Тому ефективність існуючих оперативно-рятувальних транспортних засобів забезпечується, головним чином, лише спеціальною кольоровою гаммою його забарвлення, додатковими світловими та звуковими приладами та можливістю відступати від деяких пунктів правил дорожнього руху.

Висновок. Отже, з викладених вище матеріалів робимо висновок, що існуючі автомобілі оперативно-рятувальних служб не відповідають вимогам, що забезпечують їх максимальну ефективність, тому виникає необхідність у розробці нових концепцій у створенні оперативно-рятувальних автомобілів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства / Н.Н. Брушлинский, В.В. Кафидов и др. / Под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: Стройиздат, 1988. – 413 с.
2. Пивоваров В.В. Некоторые вопросы адаптивности пожарных автомобилей // Пожарная безопасность. – 2002. – № 3. – С. 69-74.
3. Пивоваров В.В. Эрготехническая модель адаптивности пожарного автомобиля для Севера // Пожарная безопасность. – 2002. – № 4. – С. 89-95.
4. Рудзінський В.В. Автомобілі: Техніко-експлуатаційні властивості, аналіз конструкцій: Навч. посібник. – К.: ІСДО, 1993. – 164 с.
5. Яковенко Ю.Ф. Современные пожарные автомобили. – М.: Стройиздат, 1988. – 352 с.
6. Яковенко Ю.Ф., Яковенко К.Ю. Концептуальные подходы к созданию и технические решения зарубежных пожарных автомобилей нового поколения // Пожаровзрывобезопасность. – 2003. – № 2. – С. 58-63.

УДК 614.446

Т.В.Магльована, к.х.н., доц., Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

ВИКОРИСТАННЯ ДЕЗІНФІКУЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ НА ОСНОВІ ПОХІДНИХ ГУАНІДИНУ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Показано перспективність використання реагентів гуанідинового ряду для санітарно-гігієнічних заходів профілактики та завчасного реагування на виникнення небезпечних подій, з метою недопущення їх переростання у надзвичайну ситуацію або мінімізації її можливих наслідків.

Ключові слова: дезінфекція, вода, полігексаметиленгуанідин гідрохлорид, полігексаметиленгуанідин фосфат, надзвичайна ситуація.

Постановка проблеми. Збільшення кількості катастроф антропогенного характеру, наростаюче забруднення оточуючого середовища, підвищена небезпека терористичних актів різного характеру, в тому числі й біотероризму, визначає завдання екологічного благополуччя населення, як одне із найбільш суттєвих та актуальних, що стоять перед державою і суспільством. Ця проблема важлива в умовах географічних особливостей нашої країни, соціально-політичних проблем і глобальних тенденцій, пов'язаних з виникненням нових інфекційних захворювань. Тільки інтенсивні зусилля по попередженню та профілактиці можуть попередити та мінімізувати можливі людські і матеріальні втрати від таких небезпек [1].

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Для швидкої, ефективної і безпечної локалізації епідеміологічно небезпечних районів, зниження ризику поширення інфекційних захворювань, особливо в умовах надзвичайних ситуацій, необхідно мати запас дієвих і екологічних антисептиків. Створення таких антисептиків, а також технологій їх використання є актуальним завданням, яке стоїть перед хіміками, мікробіологами та технологами [2].

На сучасному етапі людству відомі тисячі хімічних сполук, що виявляють біоцидну активність, але практичне застосування можливе лише сотень. Основна увага приділяється розробці багатокомпонентних рецептур, у яких діючі речовини поєднані в оптимальних співвідношеннях, мають широкий спектр антимікробної активності, що забезпечує знищення збудників вірусних та бактеріальних (включаючи вегетативні та спорові форми) інфекцій.

Для дезінфекції використовують засоби, дозволені до застосування Міністерством охорони здоров'я України, що мають сертифікати заводу виробника, які свідчать про їхню відповідність вимогам Державних стандартів чи технічних умов.

Згідно вимог, які пред'явлені до сучасних антисептичних препаратів, вони повинні бути добре розчинними у воді, їх водні розчини мають бути безбарвними, не мати запаху, не визивати руйнування оброблених матеріалів, в тому числі й корозію матеріалів, володіти адгезійними властивостями, високою стабільністю і низькою токсичністю [2-3].

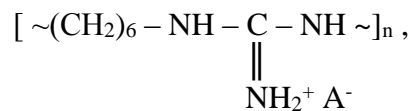
Розрізняють декілька груп хімічних дезінфектантів: галоїдвмісні сполуки, пероксидні сполуки, альдегіди, сполуки з гуанідиноювюю структурою, спирти, феноли, кислоти, четвертинні амонійні солі (ЧАС), третинні аміни. Кожна із цих груп має свої переваги і недоліки.

Хлорвмісні сполуки мають широкий спектр антимікробної дії, дезодоруючий та відбілюючий ефекти. Окремі хлорактивні речовини, які традиційно застосовувались протягом багатьох десятиліть дешеві, але мають певні недоліки: різкий неприємний запах, корозійну дію, для деяких характерна погана розчинність у воді, токсичність, нестійкість при зберіганні, різке зниження активності в присутності органічних речовин. Вони розглядаються як одне з основних першоджерел утворення надзвичайно небезпечного класу токсичних сполук — діоксинів у присутності багатьох ароматичних сполук, і становлять серйозну екологічну небезпеку при надходженні в навколишнє середовище [2]. Хімічні дезінфектанти на основі альдегідів володіють антимікробною активністю до багатьох видів та форм мікроорганізмів. Проте, ця група сполук фіксує білкові забруднення на об'єктах, а

тому потребує їх ретельного видалення перед дезінфекцією, а також високий рівень токсичності, що не дозволяє використовувати їх достатньо широко для обробки поверхонь, білизни та посуду, при використанні альдегідвмісних засобів, найважче попередити інгаляційний шлях проникнення альдегіду в організм працюючих [2]. Група ЧАС має ряд цінних властивостей: низька токсичність та еколого-гігієнічна безпека, достатня бактерицидна ефективність у відношенні до широкого спектру грам позитивних та грам негативних бактерій. Але збільшення концентрації ЧАС у деззасобі підвищує його деструктивну дію на оброблені поверхні і негативно впливає на здоров'я людей, які з ними працюють. Деззасоби групи ЧАС придатні для дезінфекції обмеженого кола об'єктів. Водночас у комбінації з іншими діючими речовинами ЧАС утворюють дуже цікаві та перспективні сполуки [2]. Групу дезінфекційних засобів з гуанідиноювою структурою найбільш часто представляють полігексаметиленгуанідин гідро хлорид (ПГМГ-ГХ), полігексаметиленгуанідин фосфат (ПГМГФ) та хлоргексидин біглоконат. Полігуанідини – одна з перспективних груп сучасних деззасобів. Вони мають низьку токсичність, високу стабільність, не пошкоджують об'єкти, що знезаражуються. Особливістю речовин цієї групи є здатність утворювати на оброблених поверхнях плівки, що забезпечують тривалу залишкову бактерицидну дію.

Широкий спектр біоцидної активності солей полігексаметиленгуанідину (ПГМГ) обумовлений наявністю в макромолекулах полімеру гуанідинової групи, що є активним початком деяких природних і синтетичних медпрепаратів (сульгін, ісмелін, фарингосепт, стрептоміцину). Розширені можливості ПГМГ пов'язані з відносно високою реакційною здатністю гуанідинових груп. Біоцидні властивості при багатьох хімічних реакціях зберігаються, оскільки гуанідинові групи об'єднані в загальний полімерний ланцюг і в хімічних реакціях завжди приймає участь лише їх частина [4-5]. Солі ПГМГ належать до IV класу токсичності (малонебезпечні речовини), низька токсичність гуанідинових сполук для людини пояснюється тим, що в організмі теплокровних присутні ферментні системи, які здатні викликати деградацію полімеру [4].

Солі ПГМГ являють собою високомолекулярні похідні специфічної азотистої основи – гуанідину [4]:



де A^- - кислотний залишок; $n=30-90$.

На їх основі виготовляють дезінфектанти під торговими назвами «Гембар», «Акватон», «Полідез», «Тонік антисептичний «Біоцид плюс».

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи є узагальнення та систематизація результатів дослідження по використанню дезінфектантів гуанідинового ряду в умовах надзвичайних ситуацій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Організація життєзабезпечення населення в умовах надзвичайних ситуацій спрямована на попередження виникнення та розповсюдження масових інфекційних захворювань серед населення в районах катастроф і на прилеглих територіях; здійснення контролю санітарної та епідеміологічної обстановки в осередку (районі) надзвичайної ситуації на зараженість радіоактивними речовинами (РР), сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР), патогенними мікроорганізмами, забезпечення питною водою та продуктами харчування, організацію та надання екстреної медико-санітарної та протиепідемічної допомоги постраждалому населенню в надзвичайних ситуаціях.

Одним із провідних аспектів життєзабезпечення населення в умовах надзвичайних ситуацій є забезпечення населення та контингенту рятувальників питною водою. Ускладнюється вирішення цієї проблеми при пошкодженні або виходу з експлуатації системи централізованого водопостачання в населеному пункті, коли потрібні значні об'єми питної води [6].

Оскільки не завжди є можливість доставки бутильованої води в потрібній кількості, то це інколи приводить до використання води не за призначенням, що може викликати

різноманітні захворювання. Альтернативою вирішення даної проблеми є використання мобільних установок для отримання якісної питної води в умовах надзвичайних ситуацій, що можуть включати в себе існуючі методи очистки питних вод [5-6].

Основним завданням знезараження питної води в умовах надзвичайних ситуацій є створення невеликих мобільних установок, що на нашу думку можна досягти з використанням реагенту «Акватон» (діючою речовиною якого є ПГМГ-ГХ), який використовується у водопідготовці для видалення з води забруднювачів органічного та неорганічного походження [4-6].

Одна із таких мобільних установок для знезараження питної води з використанням реагента «Акватон» була апробована під час землетрусу в Індії у штаті Гуджарат, де працював мобільний госпіталь ДСНС [7]. Госпіталь працював в екстремальних умовах, тому підтримка санітарно-епідеміологічного режиму була провідним аспектом для функціонування госпіталю і здоров'я медичного персоналу, що включала в себе: санітарну обробку транспортних засобів, обладнання, матеріалів і готової продукції та забезпечення населення та контингенту рятувальників питною водою. «Акватон» використовували для знезараження питної води методом бульбашково-плівкової флотації, суть якого полягає в тому, що до бульбашок тонко диспергованого у воді повітря прилипають частинки завислих речовин, спливають разом з бульбашками і утворюють на поверхні води шар піни з речовинами, які вилучають. При достатньо малих розмірах бульбашок їх сумарна поверхня є дуже великою і в наслідок їх спливання на межі рідина-повітря накопичуються тверді та рідкі частинки.

Перевагами даної установки є відсутність накопичення шкідливих речовин в фільтруючих пристроях, що виключає небезпеку неконтрольованого викиду шкідливих речовин в очищену воду. Реагент «Акватон» володіє властивостями поверхнево-активної речовини, вступаючи у взаємодію з речовинами-забрудниками, ПГМГ-ГХ разом з ними виводиться в збірник для відходів, залишаючи для споживання чисту знезаражену воду. Ще одна важлива властивість – комплексоутворення. Це значить, що полімер може видаляти із води важкі метали, гумінові, фульвінові сполуки, різні органічні речовини, пестициди, гербіциди [5-6].

Для протирання поверхонь, з якими стикалися медичний персонал і пацієнти, для обробки поверхні шкіри навколо ран у пацієнтів та для обробки протягом дня рук медичного персоналу, що виконував хірургічні та терапевтичні маніпуляції використовували «Гембар», діючою речовиною якого є ПГМГФ. Дезінфектантом обприскували внутрішні поверхні наметів при знаходженні там лежачих пацієнтів, а також мили підлогу. Засіб активно використовували в наметі для інфекційних хворих, де знаходилися пацієнти з туберкульозом, бактеріальними пневмоніями, ангінами, а також у приймально-сортувальному відділенні, куди постійно надходили пацієнти з різними видами респіраторних, тропічних захворювань, при яких не виключена можливість інфікування контактним шляхом [7].

За період часу застосування мобільним госпіталем препарати «Гембар» і «Акватон» показали себе як ефективні дезінфектанти. Відмічено, що оброблена «Акватоном» вода не викликала будь-яких неприємних відчуттів і розладів функції кишечника, при контакті з дезінфектантами при постійній обробці рук вони не подразнювали шкіряних покривів, ні у одного із співробітників не відзначалося дерматиту; при проведенні інгаляційних зрошень повітря ні пацієнти, ні працівники госпіталю не спостерігали дискомфорт; дезінфектанти зручні в застосуванні та транспортуванні [7].

Використання реагенту «Акватон» для знезараження питної води в польових умовах потребує постійного контролю гранично допустимої концентрації (ГДК) діючої речовини – ПГМГ-ГХ у питній воді. Нами розроблено метод візуально-колориметричного визначення у воді мікроконцентрацій ПГМГ-ГХ [8-9]. На його основі виготовляється тест-набір, який включає в себе необхідний комплект матеріалів і реагентів, що введено у серійне виробництво («Акватон-Тест» виробник - НТЦ «Укрводбезпека», м.Київ). Тест - набір дає можливість контролювати ГДК ПГМГ-ГХ безпосередньо на місці відбору проби, що особливо актуально в умовах надзвичайних ситуацій [6].

Надійність знезараження питної води може бути забезпечена при використанні дезінфектантів з пролонгованою дією та, бажано, відсутністю у них здатності до формування стійкості у патогенних мікроорганізмів, до спроможності утворювати побічні продукти дезінфекції [10]. Результати проведених досліджень [11] свідчать про відсутність розвитку резистентності у широкого спектру мікроорганізмів до дії ПГМГ-ГХ. Не встановлено появи мутантів, стійких щодо сполук на основі ПГМГ-ГХ [12]. Проведені дослідження [10-13] засвідчили, що ПГМГ-ГХ має високий знезаражуючий потенціал з широким спектром біоцидної дії, яка включає віруліцидну активність щодо вірусу поліомієліту типу 2, у тому числі - при моделюванні забруднення води [11]. Це дозволяє надійно знезаражувати різні типи вод при високих рівнях їх біологічного і хімічного забруднення [12].

Проте, нами [14-15] та іншими дослідниками неодноразово було констатовано підвищення на 10-15% значення хімічного споживання кисню (ХСК) у водоймах, куди потрапляли води, оброблені ПГМГ-ГХ (при цьому не реєстрували суттєвих змін інших показників якості води з цих водойм). Встановлено лінійну залежність збільшення значень показника ХСК від концентрації ПГМГ-ГХ, що свідчить про вірогідну участь ПГМГ-ГХ в процесах окиснення, які мають місце при визначення ХСК води біхроматним методом [11-12]. Таким чином, для отримання достовірних значень ХСК у водоймах, куди могли потрапити води, оброблені ПГМГ-ГХ, слід використовувати коригуючий коефіцієнт, розрахувати який дозволяє лінійна залежність показників ХСК та концентрації ПГМГ-ГХ [11]. Це досить важливий чинник, тому що поліалкіленгуанідини є речовинами, що нормально біорозкладаються та, будучи катіонними поліелектролітами, ефективно сорбуються забруднювачами води, що мають найчастіше аніонну природу. Процеси біодеструкції суттєво прискорюються після переміщення у донний шар, про що свідчить зниження на 80 % вмісту гуанідинових сполук вже після першого переміщення через шар «активного мулу». А тому використання для обробки різних вод ПГМГ-ГХ у концентраціях, що не перевищують ГДК, не має і не може представляти загрозу для гідробіотів та є екологічно безпечним [12].

На основі досліджень і рекомендацій кафедри екології людини і гігієни оточуючого середовища Московської медичної академії ім.Сеченова та Науково-дослідного інституту медицини праці і екології людини Сибірського відділення Російської академії медичних наук (СВ РАМН) за органолептичним лімітуючим показником встановлені гранично допустимі концентрації у питній воді для ПГМГ-ГХ на рівні 1,0 мг/дм³, а для ПГМГ- фосфату – 1,5 мг/дм³ [4]. Реагенти при концентраціях, вищих від зазначених нормативних, викликають піноутворення [4]. Цей фактор використаний нами [16-19] та іншими дослідниками [20-23], для використання солей полігексаметиленгуанідину, як піноутворювачів, для поліпшення вогнегасних властивостей води.

Поєднуючи в собі властивості поверхнево-активних речовин і полімерів, гуанідинові сполуки (в певних кількостях) є досить перспективними для удосконалення водних вогнегасних речовин. Додавання невеликих кількостей цих хімічних сполук до води приводить до зміни її реологічних властивостей [23], а саме, до збільшення в'язкості [19], що приводить до посилення взаємодії між молекулами рідини і твердої речовини, з якою вона контактує. Це зумовлює зменшення швидкості стікання води і, як наслідок, збільшення її вогнегасної ефективності [16-17].

Вода з природних джерел та систем господарського водопостачання є найбільш поширеною вогнегасною речовиною, але вона являє собою розчин багатьох солей, до складу якого входять також біологічні організми, що сприяє корозійним процесам. Під час гасіння пожеж пожежно-технічне обладнання, яке працює в постійному контакті з водою, піддається корозії, що знижує тривалість та ефективність його експлуатації. Інгібітори припиняють і зводять до мінімуму агресивність продуктів розкладу по відношенню до гідросистем пожежно-технічного обладнання [24]. Останніми роками при розробці інгібіторів корозії значна увага приділяється пошуку і застосуванню речовин, здатних при введенні в агресивне середовище утворювати комплекси при взаємодії з перехідними металами. Здатність ПГМГ утворювати малорозчинні комплексні сполуки з катіонами металів, зокрема з катіонами заліза, дає підстави для припущення про можливе застосування його, як інгібітора корозії металів. Авторами [25] проведени дослідження по визначенню

ефективності та вивчення природи захисної дії ПГМГ-ГХ, як інгібітора корозії. Показано доцільність підходу при виборі інгібіторів, згідно з яким органічні речовини, що вводяться як інгібітор, повинні утворювати з катіонами металів металоорганічні сполуки [25].

Проблема боротьби з мікроорганізмами, які викликають біодеструкцію матеріалів та біозаростання обладнання, яке працює в постійному контакті з водою, залишається актуальною, не дивлячись на досить велику кількість запропонованих для цієї мети препаратів. Велика кількість сучасних біоцидних препаратів, хоча і достатньо ефективні, але є небезпечними, оскільки до їх складу входять токсичні сполуки міді, кадмію, олова, свинцю, миш'яку, хлору [4]. Оскільки мікроорганізми звичайно мають негативний сумарний електричний заряд, вони притягують до себе N^+ біоцидного препарату, який таким чином входить у взаємодію з мікроорганізмом, проходить крізь клітинну мембрану, викликаючи її руйнування та проникає всередину клітини. Там ПГМГ викликає паралізуючий вплив на обмінну функцію ферментів, порушує відтворюючу здатність нуклеїнових кислот і білків, а також пригнічує дихальну систему. Такий вплив, разом з руйнуванням стінок клітини, призводить до загибелі мікроорганізму [4].

У сучасному суспільстві значно підвищується ризик різного роду катастроф, що у багатьох випадках спричиняють фатальні наслідки для документів [26]. Важливим завданням в екстремальних ситуаціях є рятування документальних фондів в установах, які зберігають культурні цінності, і в першу чергу для бібліотек, архівів, музеїв. До засобів оброблення паперових документів висувають певні вимоги: висока фунгіцидна здатність; мінімальний вплив на тривкість і механічну міцність паперу; рН нейтральне чи лужне; мінімальна токсичність для людей; відсутність забарвлення чи слабке забарвлення; розчинність у воді чи етиловому спирті. Більшості цих вимог відповідають біоцидні препарати похідні ПГМГ, рекомендовані ГОСТ 7.50–2002 [27] для дезінфекційного оброблення документів з паперовими носіями, обладнання і приміщень [28]. Деякі з них застосовують в архівній практиці, як профілактичні і винищувальні засоби, ними обробляють документи з плівковими носіями (кіно-, фотодокументи і мікрофільми) [29–32]. ПГМГ рекомендований для захисту текстильних матеріалів, а також у музейній практиці [33].

Авторами [28, 34] досліджено фунгіцидний та фунгістатичний вплив препаратів «Полідез» та «Гембар» на тест-культури грибів. Показано перспективність використання досліджуваних реагентів для дезінфекції паперу, дезінфектанти зберігають фізико-механічні і хімічні показники матеріальної основи документів. Показано ефективність комплексу санітарно-гігієнічних заходів з використанням реагенту «Полідез» в практичній діяльності бібліотек [34].

Засіб «Полідез» застосовується для дезінфекції поверхонь приміщень (підлога, стіни, двері, вікна), в навчальних закладах, гуртожитках, лазнях, саунах, басейнах, спортзалах, в місцях проведення тренувань, змагань, навчально-тренувальних зборах, у побуті [35]. Засіб «Тонік антисептичний «Біоцид плюс» застосовують для дезінфекції рук медичного персоналу, працівників учбово-виховних закладів, лабораторій різного підпорядкування, дезінфекції рук та шкірних покривів населення в побуті [36]. Використання препаратів «Полідез» та «Тонік антисептичний «Біоцид плюс» для проведення профілактичної та поточної дезінфекції в нашому навчальному закладі (Академії пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля) дало позитивні результати, що підтверджується висновками санітарно – епідеміологічної служби [3]. Використані дезінфектанти виявляють бактерицидні, віруліцидні та фунгіцидні властивості, володіють пролонгованою дезінфікуючою дією. Препарати характеризуються універсальністю, економічністю, екологічністю, відсутністю шкідливого впливу на шкіру рук та можуть бути альтернативою хлорвмісним дезінфектантам [2-5, 37].

Висновки. Забезпечення хімічної безпеки і екологічної нешкідливості реагентів, що використовуються для забезпечення нормальної життєдіяльності людини та запобігання виникненню надзвичайних ситуацій можна досягти використовуючи дезінфектанти на основі гуанідину. Полігуанідинові дезінфектанти є не тільки екологічно чистими, безпечними для людей і тварин, але й мають широкий спектр біоцидної активності. Вони є високоефективними засобами боротьби, профілактики та поширення інфекційних захворювань. Це дає можливість використовувати, полігуанідинові дезінфектанти, при поточній дезінфекції поверхонь приміщень,

медичного інвентаря, дезінфекції води та предметів користування персоналу рятувальників мобільних госпіталів в умовах надзвичайних ситуацій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Магльована Т.В. Екологічна безпечність дезінфікуючих препаратів на основі гуанідинових полімерів та можливості їх використання в умовах надзвичайних ситуацій [Текст] / Т.В. Магльована, Т.Ю. Нижник // Міжнародна науково-практична конференція Пожежна безпека: теорія і практика. Черкаси.- 2011. С.173-175.
2. Марієвський В.Ф. Ефективні дезінфектанти як важлива складова попередження епідемічних ускладнень внаслідок надзвичайних ситуацій, викликаних повеннями [Текст] / В.Ф. Марієвський, Т.В. Стрикаленко, Т.В. Магльована та ін. // Пожежна безпека: теорія і практика. — 2011. — №9. — С.88-92.
3. Магльована Т.В. Використання дезінфікуючих препаратів на основі гуанідинових полімерів [Текст] / Т.В. Магльована, О.М. Косяк // Матеріали науково-практичної конференції «Теорія і практика ліквідації надзвичайних ситуацій». Черкаси. – 2010.- С.156-157.
4. Гембицкий П.А., Воинцева И.И. Полимерный биоцидный препарат полигексаметиленгуанидин // Запорожье, 1998. 44с.
5. Реагенты комплексного действия на основе гуанидиновых полимеров. Под ред А.И. Барановой/ 2006. Выпуск 3. К., 80с.
6. Жартовський В.М. Виробництво питної води в умовах надзвичайних ситуацій з використанням гуанідинових флокулянтів [Текст] / В.М. Жартовський, А.К. Трохимчук, Т.В. Магльована, Г.І. Баранова // Пожежна безпека: теорія і практика. — 2010. —№5. — С. 56-60.
7. Матяш В.И. Отчет о применении дезинфицирующих средств «Гембар» и «Акватон» в экстремальных условиях работы мобильного госпиталя Министерства чрезвычайных ситуаций в Индии/ [Текст] / В.И. Матяш // Вестник Ассоциации дезинфекционистов Украины.-2002.-№2.
8. Трохимчук А.К. Спосіб визначення концентрації полігексаметиленгуанідину у воді [Текст] / А.К. Трохимчук, Т.В. Магльована, Г.І.Баранова, Т.Ю. Нижник // Патент на винахід №17650 UA, МПК G01N 21/78/ - 2006.
9. Трохимчук А.К. Спосіб визначення концентрації полігексаметиленгуанідину у воді та набір для цього способу [Текст] / А.К. Трохимчук, Т.В. Магльована, Г.І.Баранова, Т.Ю. Нижник // Патент на винахід №83673 UA, МПК G01N 21/78 - 2008.
10. Мариевский В.Ф. Повышение эпидемической и химической безопасности воды для дезинфекции [Текст] / В.Ф. Мариевский, И.И. Даниленко, А.И. Баранова и др.// Профілактична медицина. - 2009. - №3 (7).- С.53-62.
11. Мариевский В.Ф. Методические и эколого-гигиенические аспекты анализа безопасности воды при использовании некоторых реагентов для ее обеззараживания [Текст] / В.Ф. Мариевский, А.И. Баранова, Нижник Ю.В. и др. // Вода: химия и экология. — 2011. — № 4. — С. 58-65.
12. Марієвський В.Ф. Еколого-гігієнічні проблеми безпеки води при її знезаражуванні [Текст] / В.Ф. Марієвський, Г.І. Баранова, Т.В. Стрикаленко та ін. // Збірка доповідей Міжнародного Конгресу «ЕТЕВК-2011». Ялта.- 2011.- С.124-128.
13. Нижник Т.Ю. Эффективность обеззараживания и очистки воды биоцидными полимерными реагентами [Текст] / Т.Ю. Нижник, В.Ф. Мариевский, А.И. Баранова и др. // Вісник Одеської Державної Академії будівництва та архітектури. - 2005. — №19. — С. 53-58.
14. Маглевая Т.В. Определение химического потребления кислорода бихроматным методом в присутствии солей полигексаметиленгуанидина [Текст] / Т.В. Маглевая, П.И. Заика // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Вода в харчовій промисловості». Одеса. -2010.С. 33.
15. Маглевая Т.В. Влияние реагента «Акватон-10» на определение показателя химического потребления кислорода // Матеріали III науково-практичної конференції «Вода в харчовій промисловості».- Одеса: ОНАХТ. -2012 .С.64-65.
16. Жартовський В.М. Застосування полімерної поверхнево-активної речовини гуанідинового ряду з метою підвищення вогнегасних властивостей води [Текст] / В.М. Жартовський, Т.В. Магльована, С.В. Жартовський // Пожежна безпека: теорія і практика. — 2012. — №12.- С. 35-40.

УДК 624.012

В.М. Нуязін, к.т.н., Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОЛОНИ

Обґрунтовано методику, яка дозволяє визначати залежність між тривалістю впливу кліматичних факторів та зниженням межі вогнестійкості залізобетонних колон. З використанням розробленої методики визначено межі вогнестійкості залізобетонних колон перерізом (0,3×0,3) м та довжиною 3,5 м, виготовлених з важкого бетону В30 та гранітного заповнювача після 5, 10, 15 та 20 років впливу кліматичних факторів. Представлено залежність вогнестійкості залізобетонних колон від тривалості впливу кліматичних факторів.

Ключові слова: вогнестійкість, межа вогнестійкості, штучне старіння, залізобетонна колона.

Постановка проблеми. Після розпаду Радянського Союзу, в Україні призупинено велику кількість будівництва і з'явилися так звані довгобуди. Залізобетонні конструкції, зокрема колони, таких об'єктів зазнають впливу кліматичних факторів (змінення температури, атмосферні опади, сонячна радіація тощо), що призводить до змінення їх функціональних властивостей [1]. За останні роки відновлено будівництво більшої частини таких об'єктів, що обумовило актуальність питання забезпечення їхньої пожежної безпеки. На теперішній час нормативними документами не передбачено оцінювання вогнестійкості залізобетонних колон, які зазнали впливу кліматичних факторів, а будівлі, зведені з їх використанням, здаються як новобудови. Це призводить до порушень вимог стосовно забезпечення пожежної безпеки та до підвищення рівня загрози життєдіяльності громадян, які мешкають або працюють у таких будівлях.

Дослідженням вогнестійкості залізобетонних колон займалися і займаються багато вчених, зокрема Яковлев О.І., Ройтман В.М., Бушев В.П., Мілованов О.Ф., Фомін С.Л., Страхов В.Л., Круковський П.Г., Новак С.В., T. Lie, V. Bartelemi, G. Kruppa, T. Harmathy, проте в їх роботах не досліджено вплив кліматичних факторів на змінення вогнестійкості залізобетонних колон, які зазнали впливу цих факторів. Ця обставина може призвести до серйозних людських та матеріальних збитків, адже більшість відновлених будівництв - це житлові будинки, тому розробка та обґрунтування методики, яка б дозволяла враховувати вплив кліматичних факторів на вогнестійкість залізобетонної колони є актуальною задачею, вирішення якої створює передумови уникнення помилок при відновленні будівництва будівель та споруд, виходячи з вимог пожежної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел показав, що на теперішній час визначення вогнестійкості залізобетонних колон проводиться трьома шляхами:

- експериментальним [2];
- розрахунковим [3, 4];
- експериментально-розрахунковим [5].

За основу при розробці методики нами вибрано експериментально-розрахунковий метод, який має ряд переваг над експериментальним та розрахунковим. Його реалізація потребує значно менших матеріальних та трудових затрат в порівнянні з експериментальним та не потребує демонтажу конструкцій. Результати, отримані за допомогою цього методу, точніші від результатів отриманих розрахунковим методом, через можливість враховування більшої кількості параметрів.

Експериментально-розрахунковий метод визначення вогнестійкості залізобетонних колон передбачає розв'язок двох задач: теплотехнічної та статичної. Розв'язання цих задач базується на даних, які отримуються в експериментальній частині досліджень.

Постановка завдання та його вирішення. Для врахування впливу кліматичних факторів на вогнестійкість залізобетонних колон пропонується застосувати методику, яка включає експериментальні та розрахункові операції, послідовність яких відповідає структурно-логічній схемі, що подана на рис. 1. Дана методика дозволяє визначати межу вогнестійкості залізобетонних колон довільного розміру, форми та складу, а також враховувати вплив кліматичних факторів будь-якого кліматичного району та визначеної тривалості.

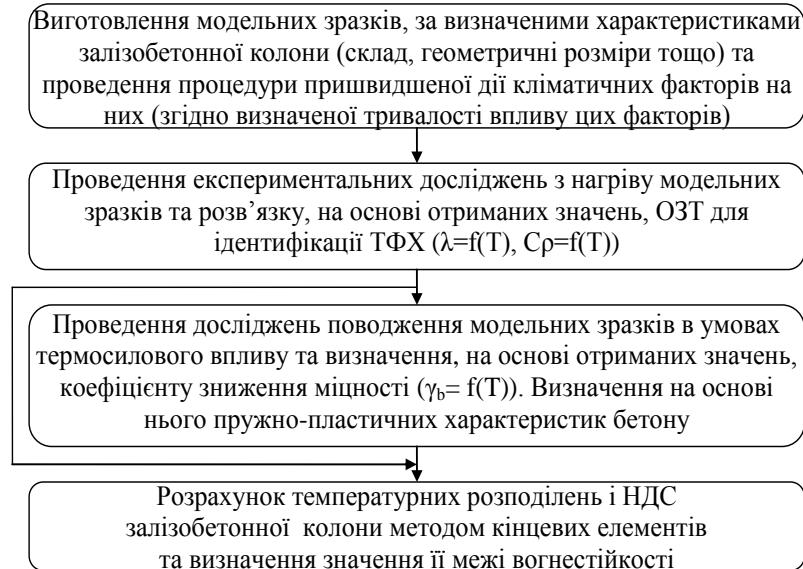


Рисунок 1 - Структурно-логічна схема методики врахування впливу кліматичних факторів при визначенні вогнестійкості залізобетонних колон.

Сутність запропонованої методики полягає у визначенні питомої теплоємності, коефіцієнтів теплопровідності та зниження міцності зразків бетону, які зазнали впливу кліматичних факторів з подальшим їх застосуванням для розрахунку межі вогнестійкості залізобетонних колон з використанням МКЕ.

Першим етапом методики є виготовлення бетонних зразків та проведення процедури пришвидшеної дії кліматичних факторів на них. Для відповідності виготовлених зразків бетону залізобетонної колони, вогнестійкість якої необхідно оцінити, проводиться аналіз будівництва, де знаходиться колона. В процесі аналізу встановлюються відомості про геометричні розміри колони, марку бетону, вид заповнювача та арматури, а також в якому кліматичному районі знаходиться будівництво та яка тривалість впливу кліматичних факторів на об'єкт.

Методика виготовлення та формування бетонних зразків описана в [6]. Розміри перерізу бетонних зразків відповідають розмірам перерізу залізобетонної колони, яка досліджується.

Для отримання бетонних зразків із заданою тривалістю дії кліматичних факторів використовується розроблена методика пришвидшеної дії кліматичних факторів для бетону, яка представлена в [6]. Дана методика розроблена для північно-західного кліматичного району, найбільш характерного для України, проте за необхідністю вона легко адаптується для будь-якого кліматичного району. Методика пришвидженої дії кліматичних факторів реалізується в кліматотермокамері ТВV-1000. Для дослідження використовується 2 види зразків. Перший вид – зразки, розміром 300мм×300мм×250 мм, які застосовано для дослідження впливу кліматичних факторів на теплофізичні характеристики (ТФХ) бетону [6]. Другий вид – зразки, розміром 75мм×75мм×250мм, для дослідження впливу кліматичних факторів на міцнісні характеристики бетону [6].

Для реалізації другого етапу методики проводяться експериментальні дослідження бетонних зразків за методикою, яка описана в [6]. За отриманими експериментальними

даними розв'язується обернена задача теплопровідності (ОЗТ) та ідентифікуються значення ТФХ бетону зразків, що досліджуються.

Для визначення впливу кліматичних факторів на міцнісні характеристики бетону проводиться комплекс експериментальних досліджень [6]. В результаті проведених досліджень отримуємо залежність коефіцієнта міцності бетону від температури.

На останньому етапі розробленої методики проводиться розрахунок напружено-деформаційного стану (НДС) залізобетонної колони з врахуванням змін теплофізичних та міцнісних характеристик бетону після впливу кліматичних факторів. За розрахованими даними буде крива деформації залізобетонної колони, яка дозволяє прослідити момент втрати стійкості залізобетонної колони при різкому наростанні переміщень та оцінити межу вогнестійкості, яка співпадає з настанням даного моменту.

З використанням розробленої методики проведено розрахунок НДС залізобетонних колон за результатами досліджень бетонних зразків після 5, 10, 15 та 20 років впливу кліматичних факторів.

Розрахунок межі вогнестійкості залізобетонної колони, які зазнали впливу кліматичних факторів, проведено з урахуванням ТФХ та уточнених характеристик, які отримано в результаті попередніх та комбінованих досліджень бетонних зразків. Розрахунок проводився в середовищі ANSYS Multiphysics.

На основі отриманих експериментальних даних було проведено розрахунок для залізобетонної колони з важкого бетону В30 на гранітному заповнювачі, розмірами перерізу 300×300 мм та довжиною 3500 мм, з повздовжньою арматурою діаметром 21 мм зі сталі А400 та поперечною арматурою діаметром 8 мм зі сталі А240, захисний шар бетону складає 42 мм, на кінцях колони має додаткове армування для протидії стискаючим навантаженням з комірною 5×5 та діаметром арматури 6 мм.

В результаті проведеного розрахунку побудовано залежність повздовжніх деформацій від тривалості вогневого впливу (рис. 2) та визначено значення межі вогнестійкості (табл. 1).

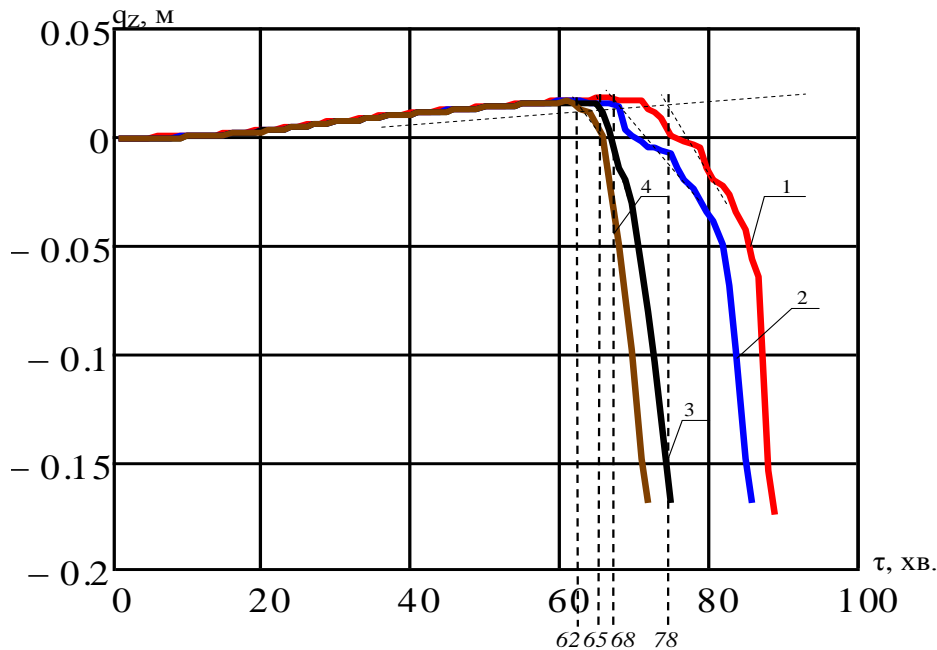


Рисунок 2 - Залежності повздовжніх деформацій залізобетонних колон, які зазнали впливу кліматичних факторів від тривалості вогневого впливу.

Таблиця 1 - Межі вогнестійкості та коефіцієнт втрати вогнестійкості залізобетонних колон з нового бетону та бетону, який зазнав впливу кліматичних факторів тривалості 5, 10, 15 та 20 років

Тривалість впливу кліматичних факторів, роки	Межа вогнестійкості, хв.	Поправочний коефіцієнт втрати вогнестійкості
0	87	1
5	78	0,89
10	68	0,78
15	65	0,75
20	62	0,71

За даними (рис. 2), отриманими в результаті розрахунку, визначено залежність зниження межі вогнестійкості залізобетонних колон від часу впливу кліматичних факторів (рис. 3) та розраховано поправочний коефіцієнт втрати вогнестійкості залізобетонних колон (1), які зазнали впливу кліматичних факторів.

$$K_{в.в.} = R_{з.к.} / R_{н.к.}, \quad (1)$$

де $R_{з.к.}$ – межа вогнестійкості зістареної колони, хв.; $R_{н.к.}$ – межа вогнестійкості нової колони, хв.

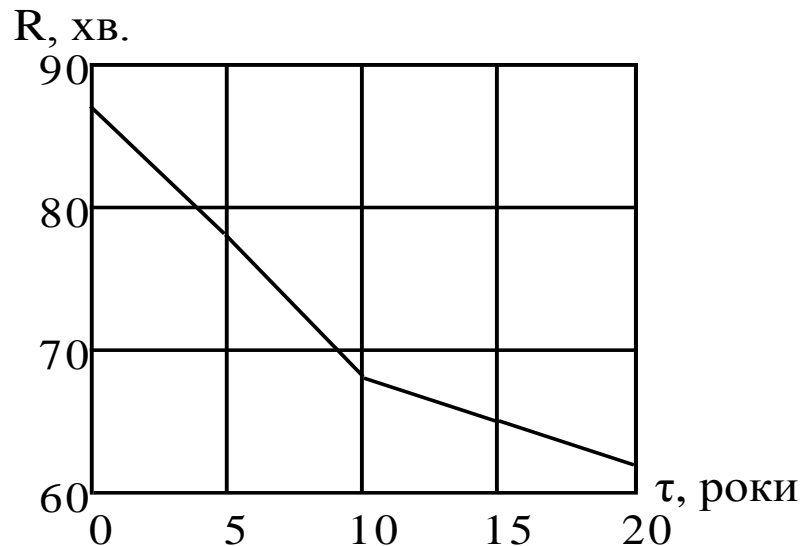


Рисунок 3 - Залежність вогнестійкості залізобетонних колон від тривалості впливу кліматичних факторів.

Аналіз отриманих даних (рис. 2, 3, табл. 1) показав, що значення межі вогнестійкості залізобетонної колони, яка визначена за результатами досліджень бетонних зразків після 5 років впливу кліматичних факторів знизилось на 9 хвилин, 10 років - знизилось на 19 хвилин, 15 років - знизилось на 22 хвилин та 20 років - на 25 хвилин порівняно зі значенням межі вогнестійкості для колон, які не зазнали впливу кліматичних факторів.

Отримані результати роблять необхідним визначення вогнестійкості залізобетонних колон після впливу природних кліматичних факторів та включення методики дослідження впливу кліматичних факторів на вогнестійкість залізобетонних колон у нормативні документи.

Також, у результаті досліджень визначено поправочний коефіцієнт, який враховує зміну вогнестійкості залізобетонних колон під впливом кліматичних факторів. За допомогою даного коефіцієнту можливо визначити вогнестійкість залізобетонної колони перерізом (0,3×0,3) м та довжиною 3,5 м, виготовленої з важкого бетону В30 та гранітного заповнювача після тривалого (до 20 років) впливу кліматичних факторів. Для цього потрібно за

довідниковими даними визначити вогнестійкість залізобетонної колони до початку її експлуатації та помножити на поправочний коефіцієнт, який відповідає тривалості впливу кліматичних факторів. Вразі, якщо необхідно визначити величину поправочного коефіцієнту, між визначеними значеннями, потрібно використати спосіб інтерполяції.

Висновки. У результаті проведених досліджень вирішено актуальну науково-технічну задачу по дослідженню впливу кліматичних факторів на вогнестійкість залізобетонних колон. При цьому обґрунтовано алгоритм та запропоновано методикою оцінювання вогнестійкості залізобетонних колон, сутність якої полягає у визначенні питомої теплоємності, коефіцієнтів теплопровідності та зниження міцності зразків бетону, які зазнали впливу кліматичних факторів з подальшим їх застосуванням для розрахунку межі вогнестійкості залізобетонних колон з використанням МКЕ.

Розрахунки меж вогнестійкості залізобетонних колон за розробленою методикою показали, що в результаті впливу кліматичних факторів значення межі вогнестійкості залізобетонної колони, яка визначена за результатами досліджень бетонних зразків, після 5 років впливу кліматичних факторів знизилось на 9 хвилин, 10 років - знизилось на 19 хвилин, 15 років - знизилось на 22 хвилин та 20 років - на 25 хвилин порівняно зі значенням межі вогнестійкості для колон, які не зазнала впливу цих факторів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Руфферт Г. Дефекты бетонных конструкций / Гюнтер Руфферт ; пер. с нем. И. Г. Зеленцова ; под ред. канд. техн. наук В. Б. Семенова. – М. : Стройиздат, 1987. – 111 с.
2. ДСТУ Б В.1.1-4-98. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Пожежна безпека. Протипожежні вимоги в галузі проектування та будівництва. // С. 425-445. – Т. 6. – Київ: Пожінформтехніка, 2000.
3. EN 1992-1-2:2004 “Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design” - European Committee for Standardization, Brussels 2004.
4. Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций: СТО 36554501-006-2006. – [Действующий от 2006-11-01]. - М.: НИЦ Строительство, 2006.
5. Некора О. В. Розрахунково-експериментальний метод визначення вогнестійкості стиснутих елементів залізобетонних будівельних конструкцій : дис. ... кандидата техн. наук : 21.06.02 / Некора Ольга Валеріївна. – Черкаси, 2008. – 147 с.
6. Методика вивчення властивосте бетону в умовах нагріву після штучного старіння / Поздєєв С.В., Осипенко В.І., Поздєєв А.В., Нуянзін В.М. // Пожежна безпека: теорія і практика. Збірник наукових праць. Черкаси:АПБ. – Випуск 1.– 2008. – С. 94-98

УДК 614.8

С.М. Одокієнко, к.т.н., доц., Л.А. Тарандушка, к.т.н., доц.,
Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля,
І.А. Жирякова, к.т.н., Черкаський національний університет імені Б. Хмельницького

АНАЛІЗ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ТА ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ В УКРАЇНІ

В роботі проведено дослідження та аналіз статистичної інформації про надзвичайні ситуації природного та техногенного характеру в Україні за останні 10 років з метою виявлення закономірностей їх виникнення та тенденцій розвитку.

Ключові слова: надзвичайна ситуація техногенного характеру, надзвичайна ситуація природного характеру, рівень надзвичайної ситуації, багатокритеріальний аналіз.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розбудови територій, міст та населених пунктів, розвитку промисловості, транспорту, впровадження високих технологій, підвищення побутового рівня життєдіяльності населення зростає можливість виникнення надзвичайних ситуацій (НС) природного та техногенного характеру. Збитки світовій економіці внаслідок НС природного та техногенного походження становлять близько 4-х відсотків ВВП.

На території України також зберігається високий ризик виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру. В Україні функціонують 23767 потенційно небезпечних підприємств та інших об'єктів, аварії на кожному з яких можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій державного, регіонального, місцевого та об'єктового рівнів.

Основними причинами виникнення техногенних аварій і катастроф та посилення негативного впливу внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру в Україні є [1]:

- застарілість основних фондів, зокрема природоохоронного призначення;
- великий обсяг транспортування, зберігання і використання небезпечних речовин;
- аварійний стан значної частини мереж комунального господарства;
- недостатня інвестиційна підтримка процесу впровадження новітніх ресурсозберігаючих і екологічно чистих технологій в екологічно небезпечних галузях промисловості, насамперед металургійній, хімічній, нафтохімічній та енергетиці;
- природоохоронні проблеми, пов'язані з істотними змінами стану геологічного та гідрогеологічного середовища та зумовлені закриттям нерентабельних гірничодобувних підприємств, шахт і розрізів;
- небажання суб'єктів господарювання здійснювати заходи із запобігання аваріям та катастрофам на об'єктах підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктах тощо.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В Україні щороку реєструється до 300 надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру, внаслідок яких гинуть люди, завдаються великі економічні збитки. Щорічно Міністерством надзвичайних ситуацій України (зараз Державною службою України з надзвичайних ситуацій) в "Національній доповіді про стан техногенної та природної безпеки в Україні" подається статистика виникнення НС в Україні за останній рік. Але ці статистичні дані розрізнені за роками і не надають повної інформації про НС, які сталися на території України, та динаміку їх розвитку за тривалий період часу, що є необхідною умовою для проведення повноцінного прогнозування виникнення НС. Останній раз в Україні такий аналіз виникнення НС за десятилітній період з 1997 по 2006 роки проводився у 2006 році і його результати наведені у "Національній доповіді про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році".

Постановка задачі. Наразі нагальною проблемою і метою цього дослідження є багатокритеріальний аналіз статистичних даних про НС природного та техногенного

характеру, що сталися на території України за останні 10 років, з метою прогнозованого запобігання та раннього виявлення НС.

Реалізація поставленої мети зумовила наступні завдання дослідження:

- збір та систематизація статистичної інформації про НС природного та техногенного характеру в Україні за період з 2003 по 2012 роки;
- аналіз зібраної інформації за різними критеріями з метою виявлення закономірностей виникнення та тенденцій розвитку НС на території України.

Під час дослідження використовувалася статистична інформація з офіційного сайту Державної служби України з надзвичайних ситуацій [2] та інформація з різних періодичних видань [3,4].

Виклад основного матеріалу дослідження. За період з початку 2003 по кінець 2012 року в Україні зареєстровано 2937 НС, в тому числі 1645 техногенного, 1104 природного та 188 соціального характеру (Рис. 1).

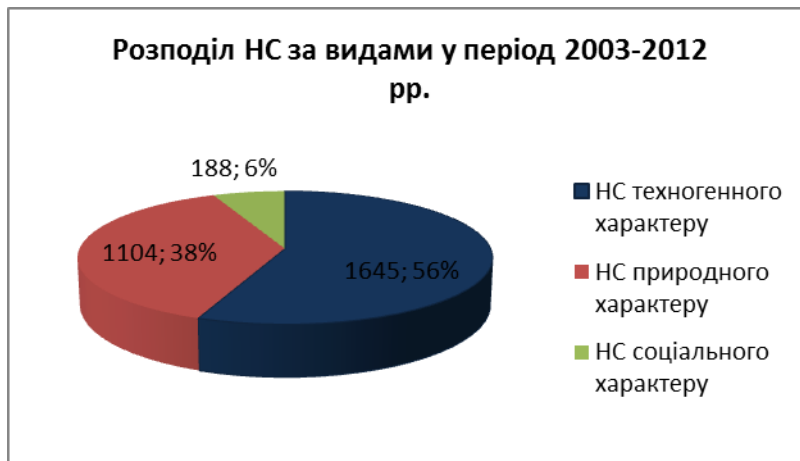


Рисунок 1 – Розподіл НС за видами у період 2003-2012 рр.

Частка НС державного рівня складає 2% (51 НС), регіонального рівня – 6% (184 НС), решта місцевого та об'єктового рівнів - відповідно 40% та 52% (Рис. 2).

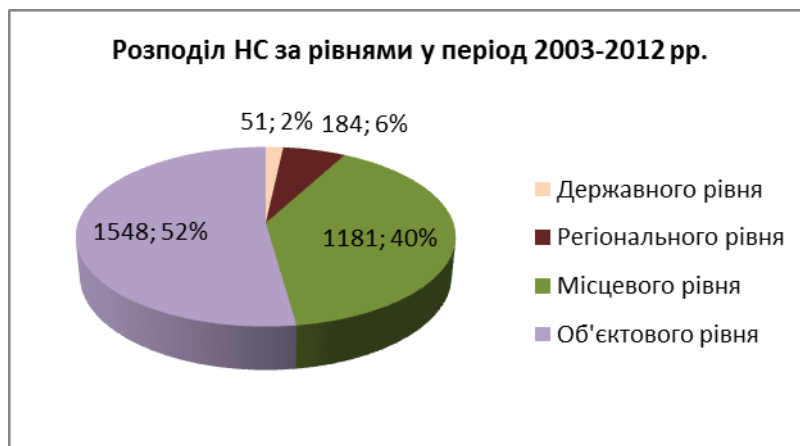


Рисунок 2 – Розподіл НС за рівнями у період 2003-2012 рр.

Усього внаслідок НС за 10 років загальна кількість постраждалих складає близько 14 тис. осіб, з яких загинуло понад 4,2 тис. осіб.

Матеріальні збитки, завдані народному господарству НС природного і техногенного характеру, оцінюються сумою понад 9 млрд. грн., при цьому понад 8 млрд. грн. цієї суми складають збитки від НС природного характеру.

Протягом останніх 10 років відзначається загальна тенденція до зменшення щорічних показників кількості НС (Рис. 3).

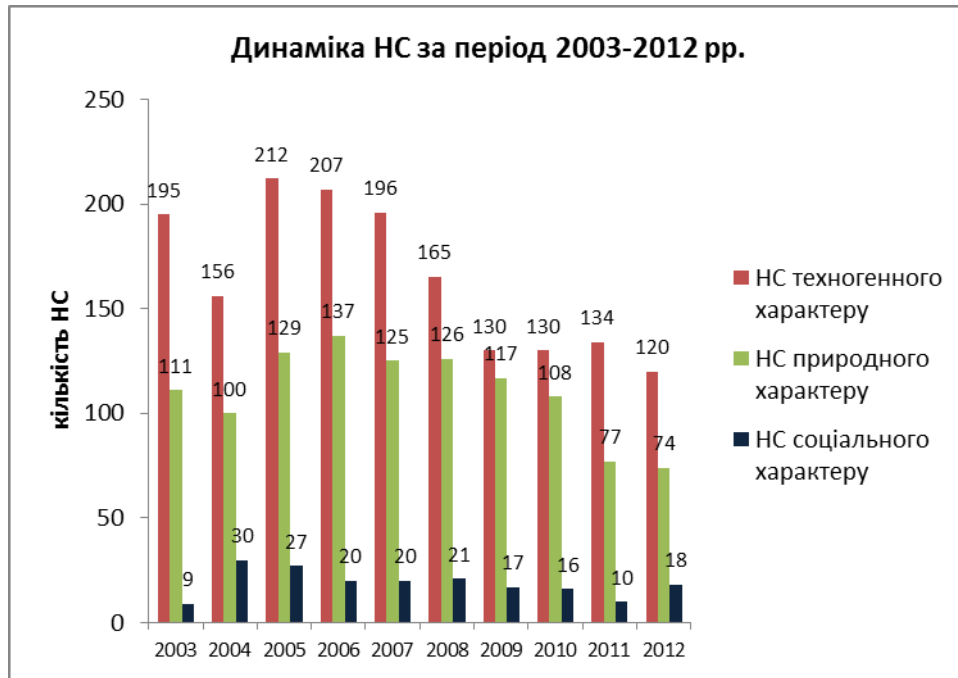


Рисунок 3 – Динаміка НС за період 2003-2012 рр.

Так, у 1,7 рази у 2011-2012 роках, порівняно з середнім показником 2005-2007 років, зменшилась загальна кількість НС, а також кількість НС природного і техногенного характеру, НС державного, регіонального, місцевого та об'єктового рівнів (Рис. 4).

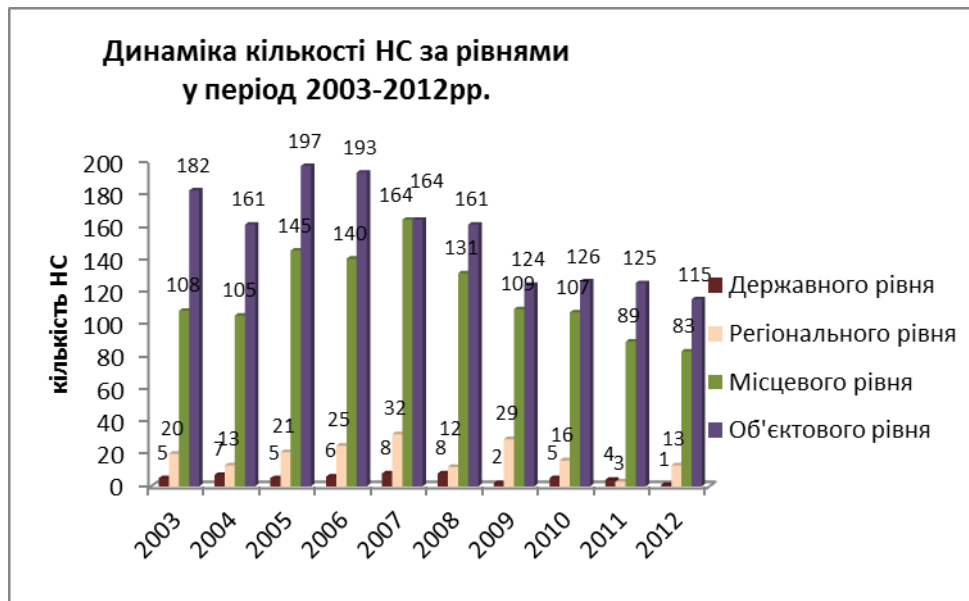


Рисунок 4 – Динаміка кількості НС за рівнями у період 2003-2012 рр.

Показники, що характеризують наслідки НС, не мають такої тенденції. Так, кількість населення, яке загинуло внаслідок НС, практично кожного року залишалося на рівні середніх значень (430 осіб), за винятком 2007 (614 осіб), 2008 (587 осіб) та 2012 років (301 особа) (Рис. 5).

А кількість населення, що постраждало внаслідок НС, досить сильно коливалась у порівнянні з середнім значенням (1,4 тис. осіб), особливо у 2003 (2064 осіб), 2004 (2330 осіб), 2007 роках (1877 осіб) та значно зменшилась протягом останніх трьох років (753, 985 та 861 особи).



Рисунок 5 – Динаміка загальних показників НС у 2003-2012 рр.

Щорічно змінюються обсяги збитків від НС – від 4,8 млрд. грн. у 2008 році до 103 млн. грн. у 2011 році, що пояснюється домінуючою часткою збитків від НС природного характеру (Рис. 6). Наприклад, таке різке зростання величини збитків від НС природного характеру в 2008 році (понад 4,7 млрд. грн.) зумовлено катастрофічним паводком у західних областях.



Рисунок 6 – Динаміка збитків, завданих НС за період 2003-2012 рр.

За регіональним розрізом також у більшості областей України протягом 2003-2012 років зберігалась тенденція до зменшення кількості НС, за винятком Львівської, Херсонської, Київської, Черкаської, Житомирської областей, де у 2012 році було збільшення кількості НС, а у АР Крим – навіть у 4 рази (Таблиця 1).

Таблиця 1 – Розподіл кількості НС за регіонами України у 2004-2012 роках

Області	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Σ
Київська	11	16	13	17	13	12	4	7	13	106
Донецька	30	41	38	47	31	31	35	29	25	307
Львівська	16	18	22	16	16	16	11	14	20	149
Одеська	17	24	11	19	14	11	14	17	13	140
Чернігівська	9	10	23	16	13	12	7	7	6	103
Запорізька	13	17	18	24	19	12	10	11	8	132
Луганська	14	27	22	18	19	16	26	18	13	173
Харківська	15	13	14	17	26	16	14	11	11	137
Дніпропетровська	20	26	19	29	12	10	17	10	5	148
Полтавська	13	12	5	8	6	7	3	2	3	59
Сумська	5	5	7	6	5	2	5	4	5	44
Херсонська	5	6	8	35	7	12	19	6	15	113
Миколаївська	12	25	15	18	14	18	9	12	11	134
АР Крим	16	26	21	21	22	16	11	4	18	155
Кіровоградська	11	13	10	10	9	7	3	3	3	69
Черкаська	9	13	19	13	8	5	4	4	9	84
Вінницька	19	28	19	9	11	14	9	7	6	122
Житомирська	11	9	9	14	7	9	8	6	10	83
Хмельницька	8	12	10	7	6	6	11	6	6	72
Чернівецька	10	6	7	5	5	6	11	1	2	53
Тернопільська	6	4	7	7	12	7	3	9	8	63
Івано-Франківська	9	7	12	12	11	9	8	4	3	75
Рівненська	11	11	8	16	8	14	5	11	4	88
Волинська	4	9	7	4	9	8	4	7	1	53
Закарпатська	3	4	16	9	13	14	9	5	5	78

Найбільшу кількість НС протягом 10 років зареєстровано у Донецькій області – 307 (у середньому 34 НС щорічно). Також значна кількість НС за цей період виникла у АР Крим (155), Луганській (173), Львівській (149), Дніпропетровській (148) областях, найменша зареєстрована у Сумській (44), Волинській (53) та Чернівецькій (53) областях (Рис. 7).

Аналогічні тенденції відмічаються у співвідношенні кількості НС техногенного та природного характеру за регіональним розрізом.

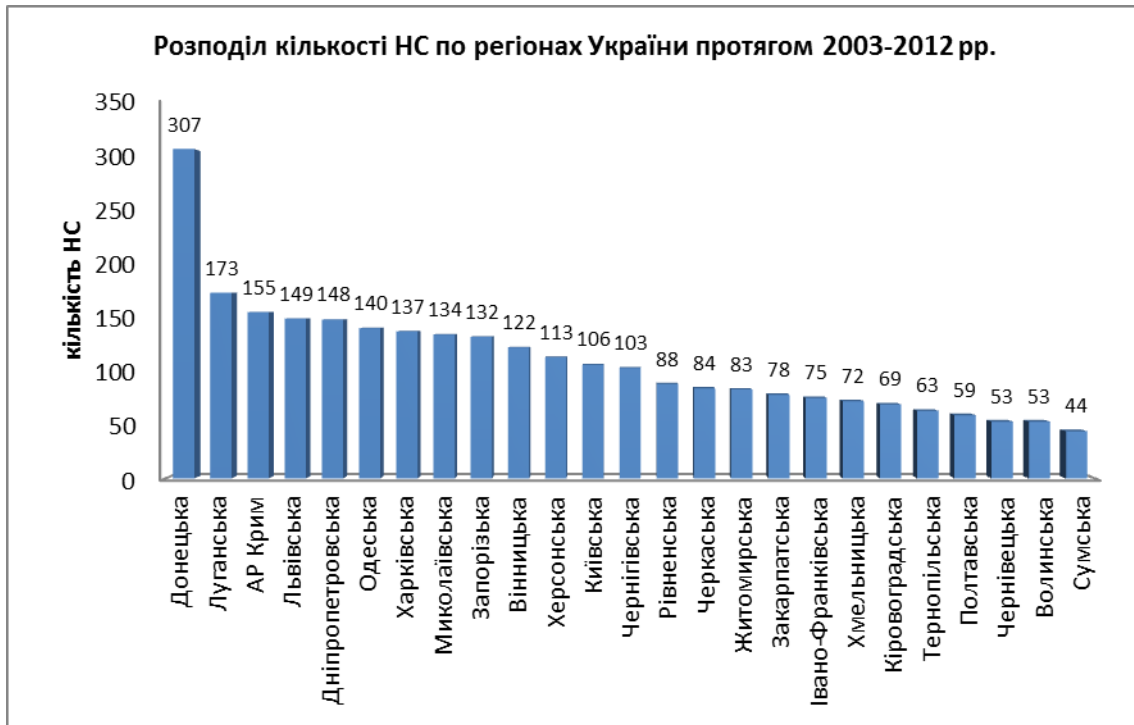


Рисунок 7 – Розподіл кількості НС по регіонах України протягом 2003-2012 рр.

Так, найбільшу кількість НС природного характеру зареєстровано в АР Крим (83), у Львівській (79), Миколаївській (71), Донецькій (70) областях, а найменшу - Сумській (17) області (Рис. 8).



Рисунок 8 – Розподіл кількості НС природного характеру по регіонах України

Кожного року зберігається тенденція розподілу кількості НС техногенного характеру відповідно до рівня техногенного навантаження у регіонах України. Так, найбільшу кількість НС техногенного характеру за 10 років зареєстровано у Донецькій (215), Луганській (102), Дніпропетровській (85), Запорізькій (79), Харківській (79) областях, найменша – у Чернівецькій (12), Волинській (18), Закарпатській (23) та Івано-Франківській (23) областях (Рис. 9).

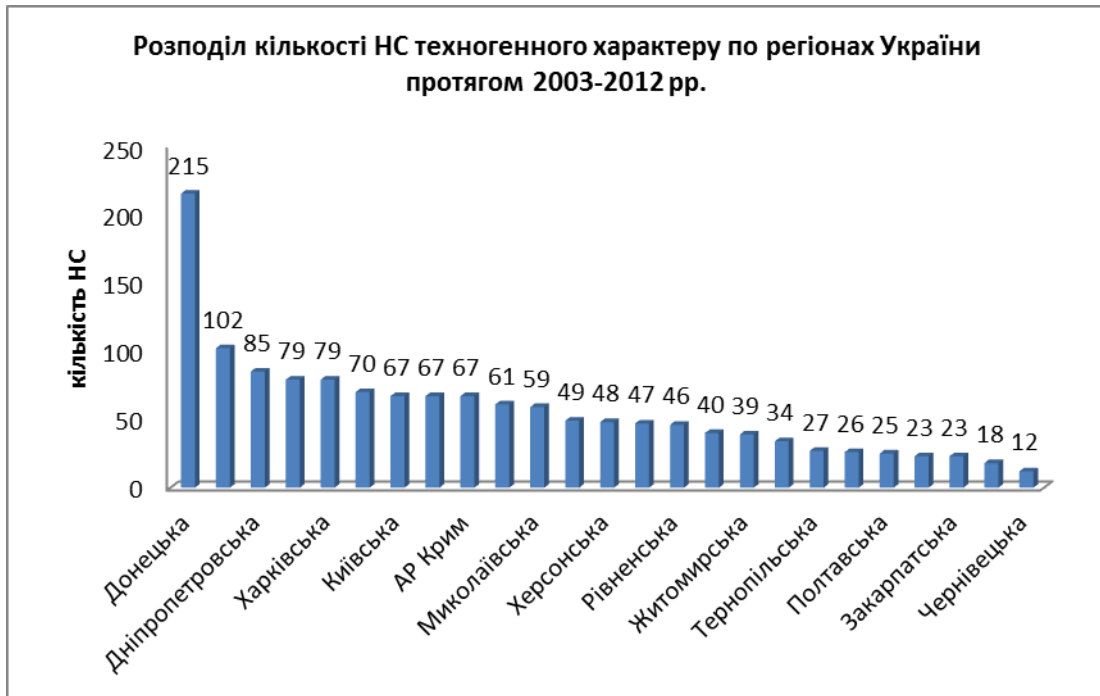


Рисунок 9 – Розподіл кількості НС техногенного характеру по регіонах України

Упродовж 2003-2012 років на території України виникло 1104 НС природного характеру. Щорічна середня кількість становить 110 НС. На гідрометеорологічні, геологічні НС та НС, пов'язані з пожежами у природних екосистемах, припадає близько половини випадків (476 НС), іншу частку складають НС, пов'язані з отруєнням та інфекційними захворюваннями людей, а також с/г тварин (628 НС) (Рис. 10).

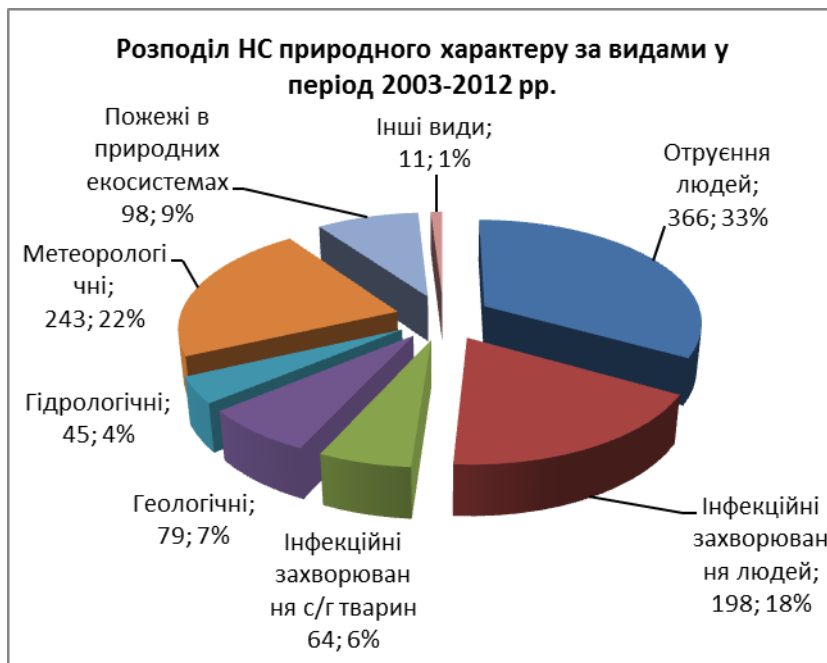


Рисунок 10 – Розподіл НС природного характеру за видами у період 2003-2012 рр.

За звітний період відмічалось поступове зменшення кількості більшості видів НС природного характеру, за винятком метеорологічних НС, а також НС, пов'язаних з пожежами у природних екосистемах, кількість яких збільшилась у кілька разів (Таблиця 2).

Таблиця 2 – Розподіл НС природного характеру за видами у 2003-2012 роках

Види НС	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Отруєння людей	42	47	39	34	34	48	38	37	26	21
Інфекційні захворювання людей	25	14	34	25	19	14	19	14	24	10
Інфекційні захворювання с/г тварин	3	5	8	17	13	5	1	2	5	5
Геологічні	2	5	11	15	15	8	7	12	3	1
Гідрологічні	8	3	2	14	4	1	4	4	3	2
Метеорологічні	24	22	24	21	37	22	28	34	11	20
Пожезі в природних екосистемах	4	3	7	9	3	28	20	5	4	15
Інші види	3	1	4	2	-	-	-	-	1	-

Протягом звітної періоду визначилась тенденція до зменшення кількості деяких видів НС техногенного характеру, а саме аварії на транспорті, системах життєзабезпечення та електроенергетичних системах (Таблиця 3). Що стосується інших видів НС техногенного характеру, то слід відмітити тенденцію до незначних щорічних коливань та стабілізації їх кількості.

Таблиця 3 – Розподіл НС техногенного характеру за видами у 2003-2012 роках

Види НС	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Аварії на транспорті	60	51	51	48	47	41	25	36	37	26
Аварії з викиданням НХР	1	1	1	2	2	2	1	-	-	1
Аварії на системах життєзабезпечення	28	8	28	32	20	22	17	17	13	9
Аварії на електроенергетичних системах	10	12	18	12	12	11	6	7	5	4
Пожезі, вибухи	78	71	92	87	90	73	59	48	66	61
Раптове руйнування будівель та споруд	10	4	7	15	16	7	14	15	11	11
Наявність у навколиш-	6	7	13	9	8	8	7	7	2	7

ньому середовищі шкідливих речовин понад ГДК										
Інші види	2	2	2	2	1	1	1	-	-	1

Найбільшу частку НС техногенного характеру за 10 років складають пожежі та вибухи (44%) (Рис. 11).

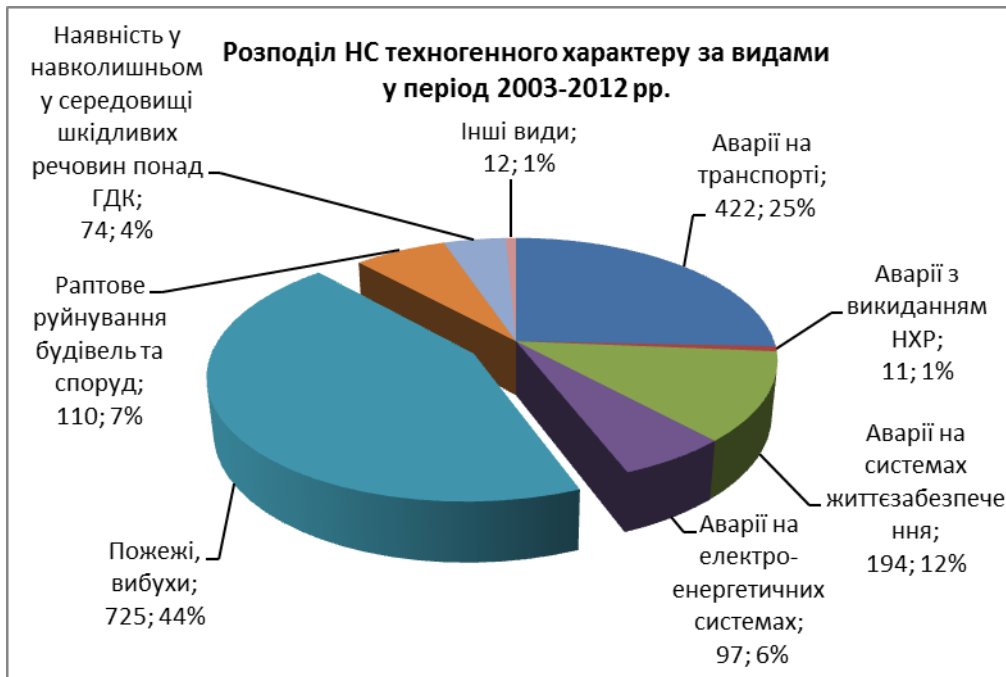


Рисунок 11 – Розподіл НС техногенного характеру за видами у період 2003-2012 рр.

Загальне зменшення протягом 2008-2012 років загальної кількості НС та їх складових свідчить про тенденцію до зниження рівня техногенної та природної небезпеки. Але, враховуючи збереження рівня показників, що характеризують наслідки від НС, за винятком кількості постраждалих, деякі тенденції щодо збільшення більшості цих показників у різні роки, необхідно зазначити, що рівні ризиків виникнення НС природного та техногенного характеру та ризиків збитків від НС залишаються практично незмінними та досить високими для більшості регіонів України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України "Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року" № 2818-VI від 21.12.2010.
2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Державної служби України з надзвичайних ситуацій. – Електрон. дан. (9 файлів). – 2004-2012. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html. – Назва з екрана.
3. Хміль Г.А. Системний аналіз техногенної та природної безпеки України / Безпека життєдіяльності. – 2005. - № 6. – С. 27-30.
4. Качинський А.Б. Аналіз надзвичайних ситуацій та їх короткостроковий прогноз / Екологічна безпека. – 2006. - №15. – С.41-57.

УДК 629.113.004

М.В. Підгорний, к.т.н., Черкаський державний технологічний університет

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ АВТОМОБІЛІВ

Викладена методологія системних досліджень ефективності використання виробничо-технічного потенціалу пожежно-рятувальних автомобілів (ПРА).

Ключові слова: системні дослідження, системні моделі, пожежно-рятувальні автомобілі, економічний ефект.

Постановка проблеми. Невисока якість та ефективність проектування, виробництва, експлуатації, ремонту й утилізації пожежно-рятувальних автомобілів (вузлів, агрегатів) обумовлена, в значній мірі, відсутністю технічної політики, яка б передбачала програмування процесів створення на єдиній методологічній основі.

Методологічною основою для постановки та розв'язання нових задач програмування є життєвий цикл (ЖЦ) пожежно-рятувального автомобіля, який розглядається як багаторівнева й багатоетапна техніко-економічна структура, що упорядковує у просторі і часі систему розробки, виготовлення, експлуатації, ремонту й утилізації ПРА.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Українські виробники протипожежної техніки мають досвід у розробці та виготовленні пожежних автомобілів. Так ведучим підприємством за обсягом виробництва за часів СРСР був Прилуцький завод ППО, в наступному – ВО “Пожмашина”, до складу якого входило дослідно-конструкторське бюро. За період з 1951 року по 2010 рік підприємством було виготовило понад 90 тис. пожежно-рятувальних автомобілів. Основним об'єктом виробництва були автоцистерни (близько 84 % усіх виготовлених автомобілів). ВО “Пожмашина” до початку століття стало лідером за випуском пожежних машин в країні. Прагнення виробника пожежно-рятувальних автомобілів задовольнити вимоги споживачів призводить до скорочення частини виробництва виробів одного найменування, зменшенню термінів оновлення моделей, розширенню їх номенклатури. Таким чином, головним стає багатомоделювальне виробництво, при (значною мірою) невизначеній виробничій програмі, яка по кінцевому рахунку формується споживачем.

Концепція цільової адаптивності базується на положення про необхідність оперативного використання ПРА, що призначені для гасіння пожеж певних класів на об'єктах та для проведення аварійно-рятувальних робіт тощо. Такий підхід виправдав себе та набув широкого поширення за кордоном [1].

Постановка задачі та її розв'язання. Створення і постійний розвиток сучасних поколінь пожежно-рятувальних автомобілів та їх використання в галузях народного господарства вимагає вирішення задач інформатизації виробничих процесів ЖЦ пожежно-рятувальних автомобілів, формування системних властивостей цих автомобілів, розробки моделей ЖЦ і структур інформатики для їх реалізації.

Тому метою даної статті є представлення пожежно-рятувального автомобіля як технічного засобу, що має множини властивостей, які включають: властивості будови, функціонування, розвитку й адаптації (приспосованості до умов експлуатації, середовища). Кожна з перелічених груп властивостей буде оцінена за допомогою змінних, що включають цільові показники, які виступають як системні характеристики автомобіля.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття.

З розвитком сучасних технологій виробництва, зростанням промислової діяльності та будівництва, певних соціальних та економічних обставин, підвищенням кількості та

щільності людського населення ймовірність виникнення пожеж з кожним днем збільшується, а їх гасіння ускладнюється.

Удосконалення протипожежної техніки та створення її нових зразків, зокрема, пожежно-рятувальних автомобілів є запорукою успішних та ефективних дій підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України під час гасіння пожеж та рятування людей [1].

Роботи, що проводяться під час гасіння пожеж, ліквідації наслідків аварій та катастроф звичайно відрізняються великим різноманіттям ситуацій і потребують відповідного оснащення та устаткування, що застосовується. Й все далі пожежно-рятувальні автомобілі комплектуються додатковим рятувальним та спеціальним обладнанням, яке використовується під час ліквідації інших надзвичайних ситуацій, а не тільки на пожежі [1].

Тому вирішення задач інформатизації виробничих процесів ЖЦ пожежно-рятувальних автомобілів, формування системних властивостей цих автомобілів, розробки моделей ЖЦ і структур інформатики для їх реалізації бачиться актуальним.

Вклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Автомобіль може бути представлений за допомогою множини властивостей викладених в [2]. Ці властивості включають: властивості будови, функціонування, розвитку й адаптації.

Побудова пожежно-рятувального автомобіля може бути охарактеризована наступними показниками: матеріаломісткість; енергонасиченість; коефіцієнт використання маси; витрати пального на одиницю пробігу і транспортної роботи; ресурс до першого капітального ремонту; технічна досконалість конструкції (компонування, кузов, рама, кабіна); ефективність конструкторсько-технологічних рішень (коефіцієнт контролепридатності, ремонтпридатності тощо); естетичність конструкції (оригінальність, цілісність, відповідність середовищу, стилю тощо.); ергономічність, яка враховує комплекс гігієнічних, антропологічних, фізіологічних і інших психологічних властивостей людини, що проявляються у виробничих умовах; рівень стандартизації й уніфікації, що характеризує пристосованість, конструкторську спадкоємність, патентну чистоту; безпечність.

Функціонування автомобіля характеризується такими показниками як надійність (технічна готовність, безвідмовність, довговічність); системна ефективність; економічність; екологічність; продуктивність; трудомісткість тощо [2].

Адаптація автомобіля характеризується властивістю задовольняти вимоги багатоцільового, багаторежимного використання, а також пристосованістю конструкції до середовища й умов експлуатації.

Ремонт автомобіля (вузлів, агрегатів) може бути охарактеризований показниками, які б комплексно враховували всі аспекти: техніко-технологічні (трудомісткість, матеріаломісткість, енергомісткість, довговічність, продуктивність процесів ремонту і відновлення); економічні (собівартість); організаційні (вид виробництва, рівень спеціалізації); екологічні та ін. [2].

В існуючій системі ЖЦ автомобіля значна частина системних властивостей формується на етапі проектування, а рівень (показник) цих властивостей визначається локально, не будучи в повному розумінні програмованою категорією. Ці обставини приводять до зниження експлуатаційних характеристик автомобіля й ефективності його використання в народному господарстві [2].

Досягнутий рівень системних властивостей пожежно-рятувального автомобіля тим вище, чим повніше сформована база таких властивостей на ранніх етапах ЖЦ.

Формування системних властивостей пожежно-рятувальних автомобілів (як об'єктів нової техніки [3]) на ранніх етапах проектування забезпечує створення системної бази властивостей, оптимізацію їх рівнів і підвищення ступеня вирішення загальної задачі комплексно-цільового планування та програмованої експлуатації.

Системні властивості пожежно-рятувального автомобіля формуються на ранніх етапах ЖЦ (науково-дослідні, дослідно-конструкторські роботи), реалізуються на етапі виготовлення і проявляються на етапі експлуатації. Формування системних властивостей вимагає розробки методів, які дозволяють увести категорію цілей у процес функціонування автомобіля, представити процеси ресурсної динаміки та взаємодії середовищ функціонування і ціледосягнення. Результатом такої взаємодії є виборча адаптація автомобіля до середовищ і середовищ до перспективних моделей автомобілів, що програмно розвиваються.

Основним аспектом прогнозування і системного планування є задачі програмування ЖЦ поколінь пожежно-рятувальних автомобілів, формування планів виготовлення, програмованої експлуатації та відновлення системних властивостей [2].

Під програмуванням ЖЦ пожежно-рятувального автомобіля слід розуміти процес прогнозування і системного планування заданих цільових показників автомобіля в середовищі функціонування шляхом: оптимального розподілу ресурсів по всіх етапах ЖЦ; досягнення оптимальної ефективності систем і процесів розробки, виготовлення, експлуатації та ремонту автомобіля. Основна ціль програмування ЖЦ пожежно-рятувальних автомобілів (як об'єктів нової техніки [3]) - цілеспрямоване забезпечення широкого використання засобів обчислювальної техніки для вирішення науково-технічних, технологічних, організаційно-управлінських, економічних і соціальних задач створення перспективних моделей та модифікацій пожежно-рятувальних автомобілів на всіх етапах ЖЦ.

Для оцінки зв'язків між показниками, які характеризують властивості пожежно-рятувальних автомобілів із основними факторами, що забезпечують їх реалізацію на всіх етапах ЖЦ, може бути прийнята системна модель [3], як математичне ядро програмування ЖЦ автомобілів. У відповідності до [3] системна модель становить складну багаторівневу структуру, кожний рівень якої є визначеним етапом (аспектом зображення системи) рисунок 1.

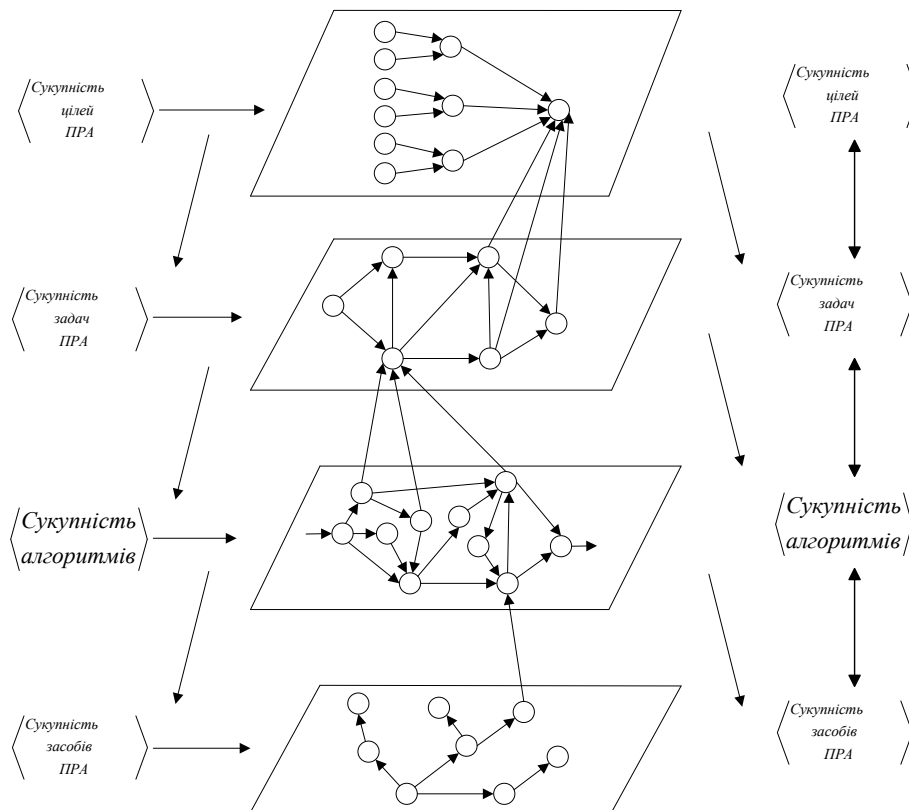


Рисунок 1 – Узагальнена системна модель процесу створення пожежно-рятувального автомобіля.

Структура системи цілей [3] застосування ПРА деревоподібна і може бути описана таким чином:

$$E_{Ц} = E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_n,$$

де $E_1 = \{e_0\}$, e_0 — кінцева ціль.

$f_i : E_i \Rightarrow E_{i-1}$ — відображення, що визначають для кожного $i = 2, 3, \dots, n$, кожної цілі $e \in E_i$ ціль $f_i(e) \in E_{i-1}$, підціллю якої є e .

При цьому кожне E_i , в свою чергу, розбивається на підмножину альтернативних цілей.

Рівень задач які повинен виконувати ПРА є другим рівнем системної моделі та становить систему (сукупність) задач. Кожна задача Z формально може бути виражена у такому вигляді:

$$Z = (\sigma(Z), R_Z),$$

де $\sigma(Z)$ — множина (перелік) вихідних даних задачі Z ;

R_Z — множина результатів розв'язання задачі Z .

На множині задач E_Z задано також функції: M, T, B і K , що визначають для кожної задачі $Z \in E_Z$:

$T(Z)$ — метод розв'язання задачі.

$B(Z)$ — обмеження, що використовуються при розв'язанні задачі Z . Для кожної задачі задається множина обмежень.

$K(Z)$ — оцінка результатів розв'язку задачі Z .

Відносно $B(Z)$ і $K(Z)$ проходить процес прийняття рішень рівня задач.

Рівень алгоритмів (процесів) проектування (третій рівень) — це логіко-динамічна система (ЛДС), елементами якої є операції.

Використовуючи засоби моделювання, відтворюючи алгоритм на ЕОМ, можна визначити основні тимчасові параметри пожежно-рятувального автомобіля. Ці дані на вищих рівнях системної моделі дозволяють віддати перевагу одному алгоритму проектування перед іншим (більш ефективний менш ефективному).

Використання для програмування ЖЦ пожежно-рятувальних автомобілів моделей даного класу забезпечує поєднання в єдиній критеріальній системі різних показників якості автомобілів на всіх етапах ЖЦ. Системна модель є моделлю, яка сформована шляхом об'єднання по заданому алгоритму окремих локальних моделей виробничих процесів по всіх етапах ЖЦ.

Пожежно-рятувальний автомобіль опишемо за допомогою моделі

$$M\{M_1, M_2, M_3, M_4, M_5\}, \quad (1)$$

де M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 - відповідно моделі проектування, виготовлення, функціонування, відновлення ресурсу та утилізації. На перших етапах ЖЦ (проектування, виготовлення) пожежно-рятувальний автомобіль виробляється організаційно-технологічними системами (ОТС) рисунок 2, як проект, представлений M_1 і як конкретна конструкція, представлена M_2 .

ОТС реалізують процеси проектування та виготовлення пожежно-рятувального автомобіля. Моделями організаційно-технологічних систем є відповідно моделі для двох етапів M_1^1 і M_2^1 . Пасивним елементом на цих етапах виступає автомобіль, а активними системами - m_1, m_2 . Цілі $\{C_{jk}\}$ і процеси, що забезпечують їх досягнення на цих етапах ЖЦ,

описуються моделями M_1^1 і M_2^1 . Для моделей m_1, m_2 характерною є можливість декомпозиції пожежно-рятувального автомобіля згідно з його морфологічною структурою, а потім композиції автомобіля як єдиного цілого.

На етапі експлуатації пожежно-рятувальний автомобіль виступає як активний елемент. Його модель m_2 є багатогранною математичною категорією, яка представляє наступні динамічні процеси: ціледосягнення ($\mathcal{C}_{ik} \in \mathcal{C}$); витрати ресурсів; адаптації до нових функціональних задач тощо. ОТС на етапі експлуатації забезпечує реалізацію функцій ефективного використання пожежно-рятувального автомобіля. Однією з основних моделей на етапі експлуатації є модель функціонування автомобіля - m_2 . Для якої можна ввести простір функціонування x_2 . На основі пари моделей $\langle M_3^1, M_3 \rangle$ будувється модель ресурсної динаміки M_{n1} , засобами якої описуються процеси витрат ресурсу автомобіля.

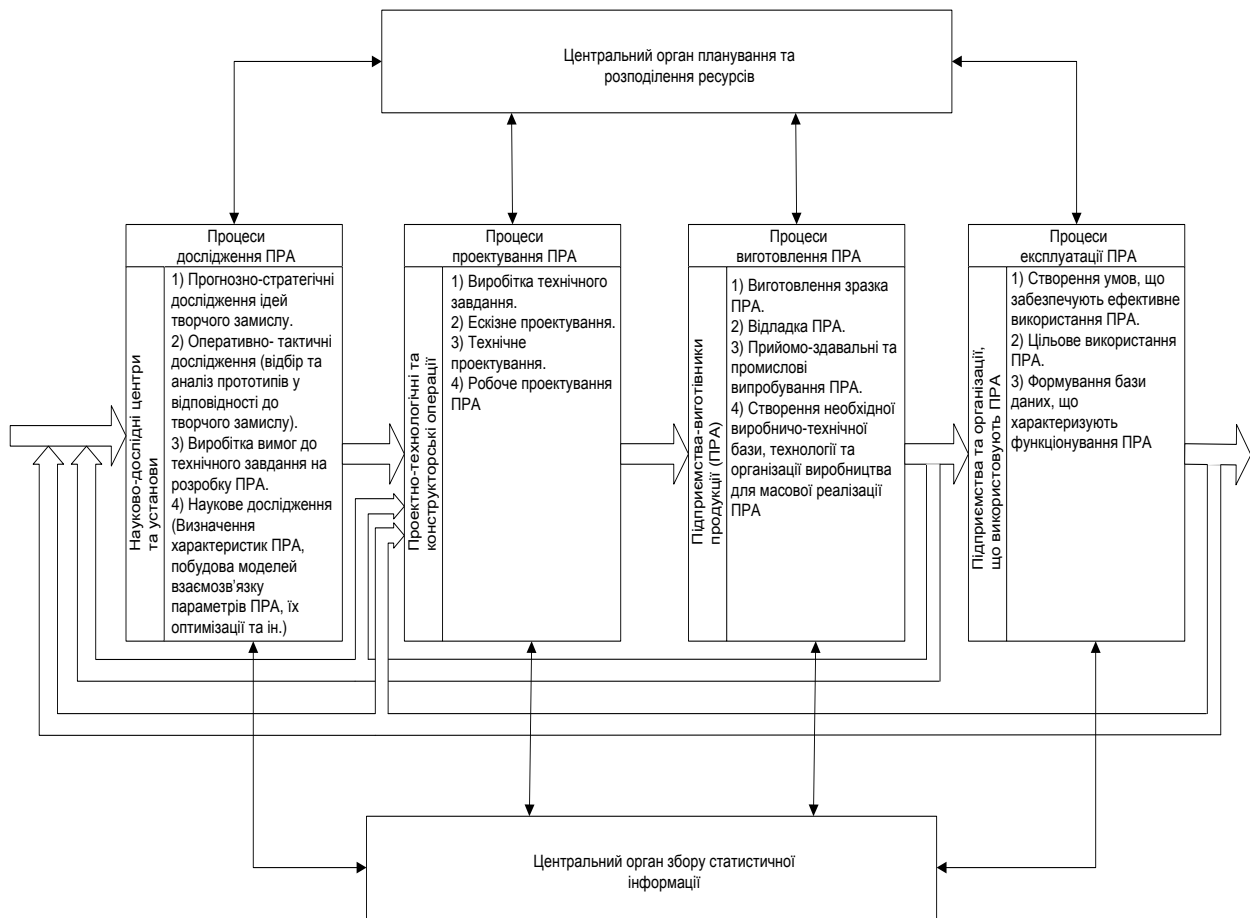


Рисунок 2 – Організаційно-технологічна схема взаємодії автоматизованих підсистем створення пожежно-рятувального автомобіля

Процеси підтримання технічних ресурсів представляються в підсистемі технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) моделлю M_{32} , а процеси відновлення технічних ресурсів представлені моделлю M_{41} .

На етапі відновлення ресурсу автомобіль знову виступає, як пасивний елемент, а активною системою - організаційно-технологічна система, що описується моделлю M_4^1 . Характерною рисою для моделі M_4 є можливість декомпозиції автомобіля під структуру виробничих процесів ОТС. На етапі відновлення ресурсу забезпечуються функції якісного відновлення системних властивостей пожежно-рятувального автомобіля та ефективного використання виробничо-технологічного потенціалу (ВТП) організаційно-технологічних систем.

Однією з головних задач розгляду автомобіля в аспекті його системних властивостей є балансування програм його використання (P_v), технічного обслуговування (P_t), ремонту (P_r), з урахуванням обмежень на матеріальні, трудові і фінансові ресурси та інтенсивність витрат технічного ресурсу.

Висновки. Таким чином, програмування процесів створення пожежно-рятувального автомобіля на основі єдиної технічної політики з урахуванням його ЖЦ є методологічною основою для підвищення якості та ефективності функціонування виробничих процесів відповідних ОТС на етапах експлуатації та відновлення ресурсу. Складністю реалізації всіх процесів ЖЦ пожежно-рятувальних автомобілів обумовлена комплексним урахуванням особливостей усіх учасників єдиного процесу створення перспективних моделей і модифікацій автомобілів, які розділені відомчою підпорядкованістю.

Існує жорстка адаптація ПРА, що виготовляються до умов оперативного застосування, а саме: місто, сільська місцевість, об'єкти, аеродроми, ліси тощо. Зберігається тенденція до виготовлення багатоцільових ПРА з розширеним спектром функцій.

Перспективи подальших досліджень. Як бачиться, ПРА нового покоління повинні характеризуватися новими дизайнерськими рішеннями та підходами до компоновки, розміщення обладнання, кольоровими та графічними схемами, комп'ютерному керуванню роботою спеціальних агрегатів. Під час їх виробництва пожежно-рятувальних автомобілів повинні застосовуватися сучасні технології з використанням блочно-модульного принципу компоновання, а також система трансформації внутрішнього об'єму кузова.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. УкрНДЦЗ: Сучасні зразки пожежно-рятувальних автомобілів [Електронний ресурс]: (Проект) / Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту. – Електрон. дан. офіційний інформаційний сервер (1 файл). – 2013. – Режим доступу: http://undicz.mns.gov.ua/files/2013/12/30/Suchasni_zrazky_auto.pdf – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
2. Системна ефективність на транспорті / Левковець П.Р., Гедз Ю.М., Канарчук О.В. та ін. – К.: НТУ, ІЕБТ, 2002. – 216 с.
3. Тимченко Анатолій Анастасійович. Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки. /А.А. Тимченко – К. : Либідь, 2004. – 288 с.

УДК 624.012

Поздєєв С.В., д. т. н., доц., Словінський В.К., Щіпець С.Д.,
Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля,
Омельченко А.М., Головне управління ДСНС у Київській обл.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ У ПЕРЕРІЗІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОЛОНИ ПРИ ЇЇ ВИПРОБУВАННІ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ

В статті наведені основні положення розроблених методів інтерполяції температурних полів у перерізах залізобетонних колон за результатами вимірювань температури в їх внутрішніх шарах під час стандартних випробувань при реалізації експериментально-розрахункового метода оцінки вогнестійкості.

Ключові слова: випробування на вогнестійкість, вогнева піч, залізобетонна колона, експериментально-розрахунковий метод, інтерполяція, температурне поле.

Постановка проблеми. Для зменшення ризику значних соціально-економічних втрат під час пожеж в будівлях і спорудах існує необхідність забезпечення надійної роботи залізобетонних колон за умов температурного режиму пожежі, тобто гарантування їх відповідності існуючим нормативно-технічним нормам, які регламентують межі їх вогнестійкості [1]. При визначенні фактичних меж вогнестійкості вважається найбільш надійнішим і достовірним метод натурних вогневих випробувань [1 - 3]. Метод вогневих випробувань полягає в нагріві натурального зразка, який повністю або частково відповідає реальному елементу залізобетонної конструкції в спеціальній вогневій печі при температурному режимі, який визначений в нормативах [1 - 3] і називається стандартною температурною кривою пожежі, з прикладенням відповідного механічного навантаження. Випробування залізобетонних колон на вогнестійкість відбувається у відповідності до чинних стандартів України [1, 2]. Згідно із цими стандартами колона повинна бути піддана вогневій дії в умовах навантаження колони силовими факторами, що повністю відповідають діючому навантаженню у колоні згідно із розрахунковою схемою конструкції будівлі. Такі чинники створюються відповідними вузлами випробувальних установок, що поєднують вогневу піч із опорно-навантажувальним пристроєм.

При реалізації таких умов виникають певні технічні складності, які полягають у невідповідності умов закріплення і навантаження колони у конструкції, невідповідності габаритних розмірів зразка для випробувань і реальної колони і т.д. Тому стандартом на випробування колон на вогнестійкість [2] не забороняються випробування без прикладання механічних навантажень, але в той же час означений стандарт не дає будь-яким чином обґрунтованої методики визначення межі вогнестійкості залізобетонних колон на основі таких випробувань.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. В роботі [4] запропонований підхід, що полягає у проведенні випробувань без прикладання механічного навантаження із подальшою розрахунковою інтерпретацією температурних вимірювань шляхом вирішення міцнісної задачі. Міцнісна задача може бути вирішена за допомогою спрощених та уточнених розрахункових методів [5], але використання кожного з них розуміє необхідність визначення температурного розподілу у кожній точці перерізу. Для реалізації метода інтерпретації даних вогневих випробувань необхідно розробити метод інтерполяції температур в кожній точці перерізу залізобетонної колони за результатами вимірювання температури у ході цих випробувань, що здійснюються в окремих контрольних точках її внутрішніх шарів .

У зв'язку з цим сформульована мета дослідження.

Постановка задачі та її розв'язання. Мета роботи полягає у розробці методу інтерполяції температур в кожній точці перерізу залізобетонної колони за результатами

вимірювання температури в окремих контрольних точках її внутрішніх шарів у ході її вогневих випробувань.

Для вивчення температурних даних у внутрішніх шарах залізобетонних колон можна використати результати вогневих випробувань. У роботі [6] наведений великий обсяг експериментальних даних щодо показників температур у контрольних точках перерізу залізобетонних колон при їх нагріванні за стандартним температурним режимом пожежі. При цьому у більшості випадків досліджувалися колони із квадратним перерізом. Схема розташування термопар при цьому має вигляд, що поданий на рис. 1.

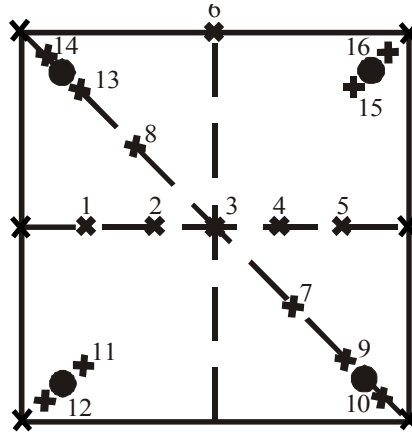


Рисунок 1 – Розташування термопар у перерізах залізобетонних колон (1 – 16 – номери контрольних точок у перерізі).

У монографії [6] наведені результати вимірювань температур у внутрішніх шарах при випробуваннях колон квадратного перерізу 300×300, виготовлених з бетону різних типів. Для апроксимації поданих там залежностей був використаний функціонал такого вигляду:

$$T(i)|_{x \leq 0} = T_0 + (T_{\max} - T_0) \left[\frac{i}{n} \right]^q, \quad (1)$$

де T_0 – мінімальна температура, °С; T_{\max} – максимальна температура, °С; i – номер контрольної точки у просторі перерізу; n – кількість контрольних точок; q – показник степеня параболи.

Задача визначення апроксимуючого виразу типу (1) зводиться до підбирання оптимального показника ступеня параболи q шляхом мінімізації середньоквадратичної нев'язності:

$$\Phi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m [T_{iM} - T_{iE}]^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

де m – кількість просторово-часових контрольних точок; T_{iE} , T_{iM} , - експериментальне та модельне значення температури в i -тій просторово-часовій контрольній точці.

Для розв'язку задачі пошуку оптимуму був використаний метод покрокового спуску. Блок-схема алгоритму подана на рис. 2.

Після проведення розрахунків були знайдені апроксимуючі залежності, за якими побудовані графіки температурних розподілень, які подані на рис. 3. Графіки на рис. 3. показують, що отримані результати є дуже близькими до залежностей, які були отримані експериментальним шляхом.

Адекватність отриманих даних визначалася за декількома критеріями. За рекомендаціями в роботах [7] в якості критеріїв адекватності пропонується використовувати абсолютне та відносне відхилення, а також F-критерій (критерій Фішера), який визначається за формулою:

$$F_c = \frac{S_{ad}^2}{S_{cp}^2} \leq F(v_1, v_2, \alpha), \quad (3)$$

де S_{ad}^2 - дисперсія адекватності, S_{cp}^2 - дисперсія відтворюваності експериментальних даних, $v_1 = n - 1$ - число ступенів вільності чисельника, $v_2 = d(n - 1)$ - число ступенів вільності знаменника. $\alpha = 0.05$ - рівень значущості. Тут n - кількість вимірювання в одному експерименті, d - кількість експериментів.

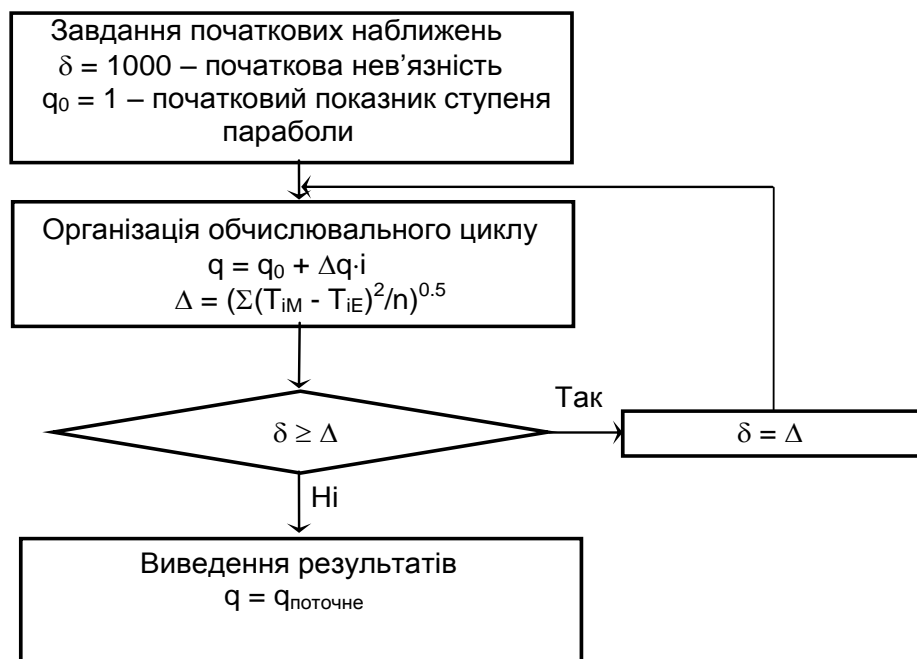


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму визначення апроксимуючого поліному.

Дисперсія адекватності визначається за формулою:

$$S_{ad}^2 = \frac{d}{n-1} \sum_{k=1}^n \left[\frac{\bar{y}_k^e - y_k}{\min(\bar{y}_k^e, |y_k|)} \right]^2 \quad (4)$$

де \bar{y}_k^e - середнє значення вимірної величини за вибіркою, y_k - поточне розрахункове значення.

Дисперсія відтворюваності експериментальних даних визначається за формулою:

$$S_{cp}^2 = \frac{1}{d(n-1)} \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^d \left[\frac{y_{kj}^e - \bar{y}_k^e - \delta_{вим}}{\bar{y}_k^e} \right]^2 \quad (5)$$

y_{kj}^e – поточне експериментальне значення з вибірки, $\delta_{вим}$ – допустима похибка вимірювання згідно з [7]

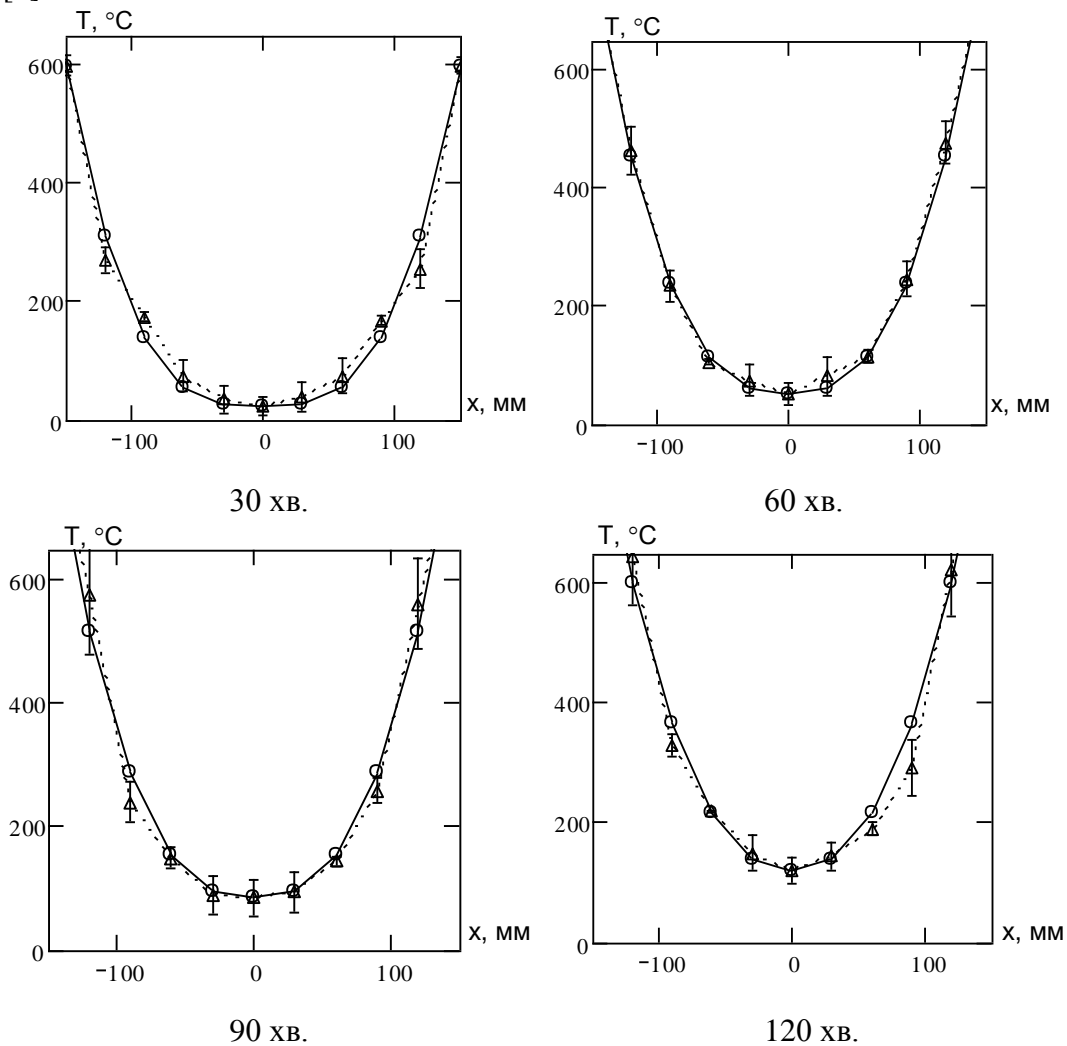


Рисунок 3 – Температурні розподіли по горизонтальній лінії розташування термопар у перерізах 3-х зразків залізобетонних колон 300×300 з високоміцного бетону у різні моменти часу дії «стандартної» пожежі:

Аналіз отриманих даних показує, що запропонований спосіб апроксимації дозволяє отримувати адекватні дані, оскільки у всіх випадків F-критерій адекватності має істотно нижчі значення за табличні. Похибка при цьому складає не більше за 6% і у середньому становить 3,9 %. Середньоквадратичне відхилення даних апроксимації від усереднених даних за всіма виборками складає не більше 13 °C. Це означає, що запропонований метод апроксимації є достатньо точним.

Аналіз наявних робіт з експериментальними даними щодо вогневих випробувань [6] показує, що поверхні розподілів температур по перерізу будуються схематично і не містять точних даних температур, оскільки це здійснити експериментальним чином дуже важко. Тому вивчення поверхонь розподілу температур було здійснено за допомогою чисельного розв’язку рівняння нестационарної теплопровідності із граничними умовами третього роду за методом кінцевих різниць з використанням схеми згідно з роботою [7]. Теплофізичні властивості бетону взяті згідно з рекомендаціями [5]. На рис. 4 подана розрахункова схема залізобетонної колони 300×300 із чотирьохстороннім нагрівом за стандартною температурною кривою пожежі.

Згідно з виглядом отриманих температурних розподілів (див. рис. 5a) їх інтерполяцію пропонується здійснювати за трьома способами. Інтерполяцію за першим способом

пропонується проводити за апроксимацією ліній, утворених фронтальними перерізами, параболічними залежностями типу (1) (див. рис. 5б). За другим способом інтерполяція здійснюється за апроксимацією твірних поверхні температурного розподілу параболічними залежностями типу (1) (див. рис. 5в).

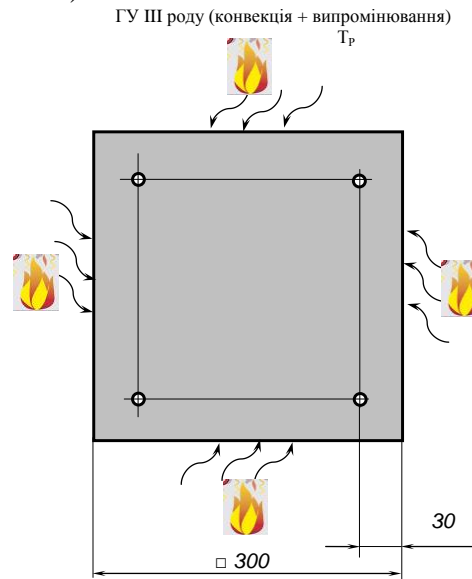


Рисунок 4 – Розрахункова схема для моделювання температурних розподілів у залізобетонній колоні при її нагріванні за стандартним температурним режимом пожежі

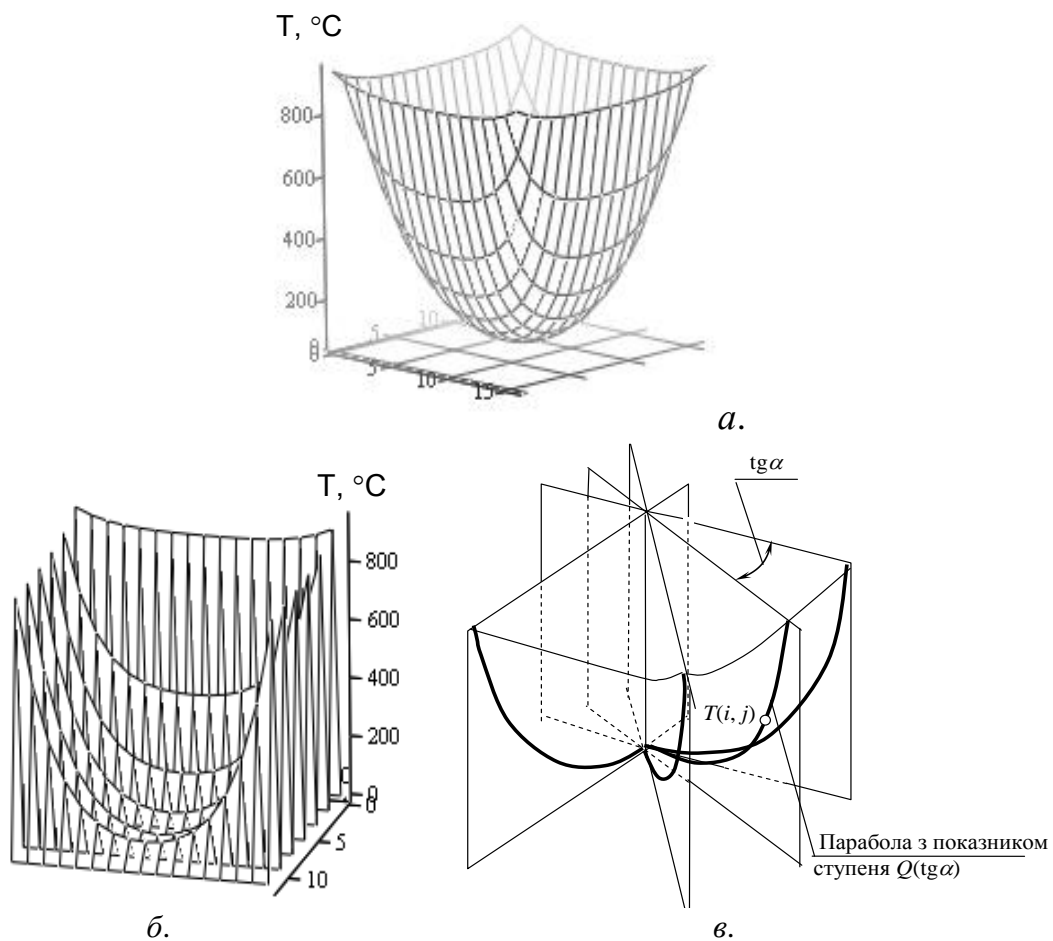


Рисунок 5 – Схеми наближення поверхні температурного поля (*a*) за методом січних (*б*) і методом твірних (*в*).

Третій спосіб полягає у апроксимації ліній ізотерм афінними кривими і їх побудуванні у кожній точці дискретизованого перерізу (див. рис. 6), що визначається виразом:

$$y = x_0 \left(1 - \left(\frac{x}{x_0} \right)^{p_0 - (p_{\max} - p_0) x_0^n} \right)^{\frac{1}{p_0 - (p_{\max} - p_0) x_0^n}} \quad (6)$$

де $p_0 = 1,5$, $p_{\max} = 15$ – мінімальний та максимальний показники ступеня функції, що апроксимує ізотерми; x_0 – початкове значення координати x функції, що апроксимує ізотерми; n – параметр, який піддається оптимізації.

За положенням ізотерми визначається температура вузлової точки. Після проведення інтерполяції за цими способами був визначений найбільш ефективний спосіб за адекватністю отриманих результатів.

На рис. 6 подані температурні розподілення досліджуваної колони, які були отримані за трьома описаними методами інтерполяції.

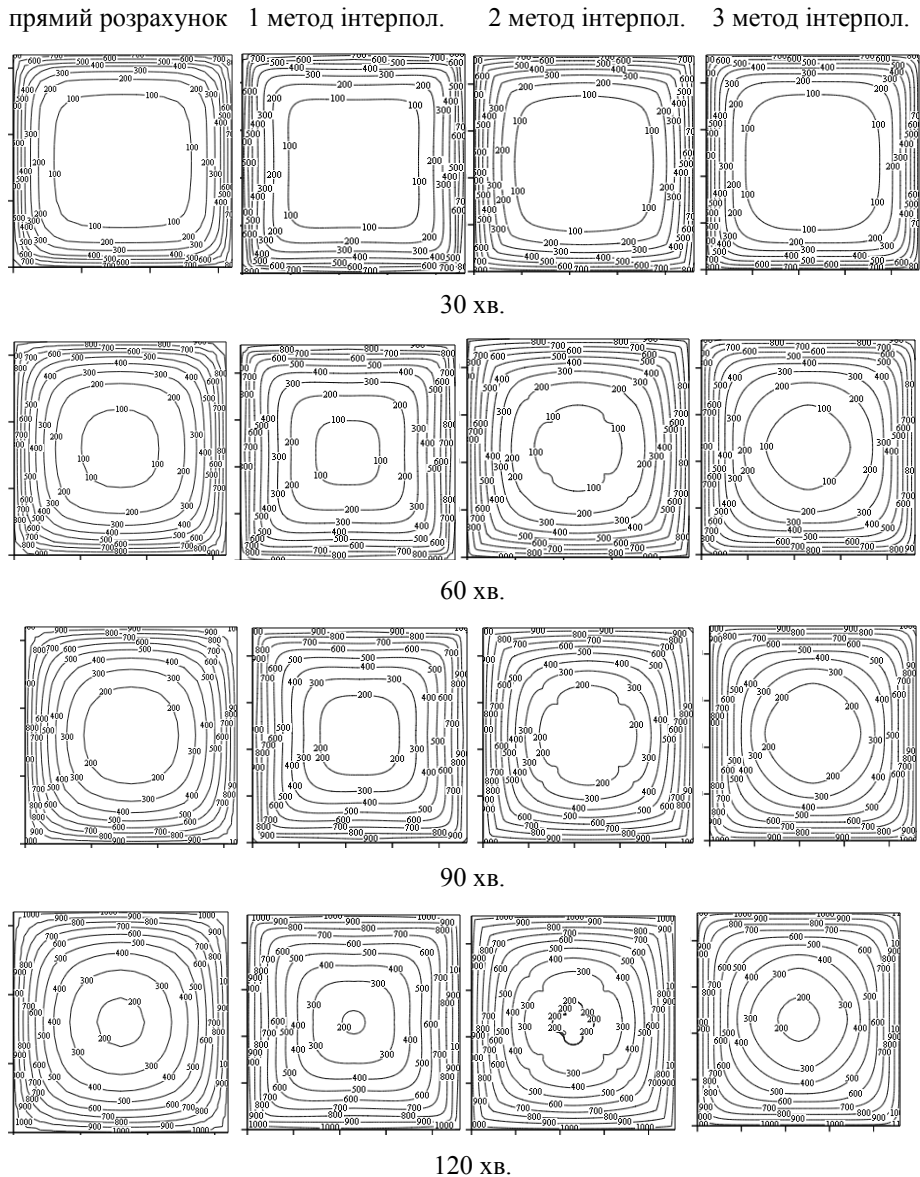


Рисунок 6 – Температурні розподіли у перерізі залізобетонної колони 300×300 з важкого бетону у різні моменти часу дії «стандартної» пожежі, визначені за різними методами інтерполяції.

Якщо порівнювати подані температурні розподіли то можна побачити, що отримані розподіли за першим методом інтерполяції мають досить завищені значення температур і ізотерми є менш заокругленими ніж ізотерми, розподілів, визначених прямим розрахунком. Другий підхід дає більш точне наближення, але поверхні температурних розподілів мають розриви за першою та другою похідними. Третій підхід дає гладкі поверхні температурних розподілів, але при цьому маємо суттєво завищені значення температур у кутових точках перерізу. Для більш точного аналізу співставимо початкові дані, тобто дані, що отримані при теоретичному підході і відповідні результати інтерполяції, отримані різними методами. Результати порівняльного аналізу подані у табл. 1.

Таблиця 1 - Дані порівняльного аналізу результатів інтерполяції, отриманих за різними методами

Метод інтерполяції	Максимальне відхилення, °C	Середнє відносне відхилення, %	Середньоквадратичне відхилення, °C
1 метод	95	10,8	22,4
2 метод	67	5,2	11,4
3 метод	112	4,4	8,9

Дані табл. 1 свідчать про високу точність методів інтерполяції, однак, найбільш точним є третій метод. Всі розроблені методи можна використовувати для проведення наближення температурних розподілів за дискретними вимірюваннями температур у контрольних точках, де встановлюються термопар.

Для обґрунтування розташування термопар у перерізі колони необхідно визначити їх необхідну кількість. Особливості алгоритму проведення інтерполяції за розробленими методами розуміють розміщення однакової кількості термопар за лініями їх розташування. Дана кількість термопар визначається шляхом визначення похибки інтерполяції у залежності від кількості контрольних точок на лініях розташування термопар. У результаті розрахунків були визначені означені залежності, які подані на рис. 7 у вигляді графіків.

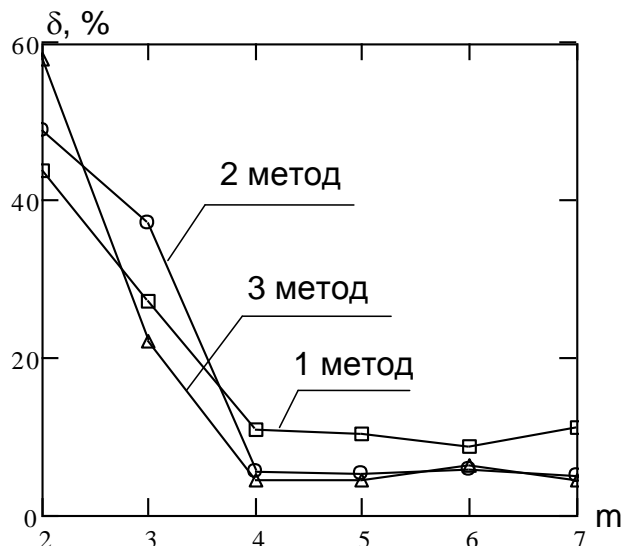


Рисунок 7 – Залежності похибки інтерполяції від кількості контрольних точок.

Згідно з графіками на рис. 7 мінімальна кількість контрольних точок вимірювання температури у перерізі колони складає 4.

Висновки. З огляду на проведені дослідження можна зробити такі висновки:

1. Твірні та січні поверхонь температурних розподілів у перерізах залізобетонних колон під дією «стандартної» пожежі є парабол.

2. Був знайдений вигляд функції для наближення ізотерм у перерізі залізобетонних колон під дією «стандартної» пожежі.
3. Були розроблені три методи інтерполяції температур за даними у дискретних контрольних точках перерізів залізобетонних колон.
4. Найбільш адекватні результати інтерполяції отримуються за третім методом.
5. Було обґрунтовано розташування і кількість контрольних точок вимірювання для отримання інтерполяції температур за вимірними даними.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. ДБН В.1.1-7-2002 [Чинний від 2003-05-01.]. – К.: Видавництво “Лібра”, 2003. – 87 с – (Національний стандарт України).
2. Захист від пожежі. Колони. Метод випробування на вогнестійкість. ДСТУ Б В.1.1-14-2007. [Чинний від 2007-06-15.] – К.: Укрархбудінформ, 2005. – 12 с – (Національний стандарт України).
3. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Пожежна безпека. (ISO 834: 1975) ДСТУ Б В.1.1-4-98. [Чинний від 1998-10-28.] – К.: Укрархбудінформ, 2005. – 20 с – (Національний стандарт України).
4. Поздеев С.В., Василенко І.Р., Кузьмін О.Г., Словінський В.К.// Тези доповідей конференції «Метод інтерпретації результатів вогневих випробувань залізобетонних колон для оцінки їх вогнестійкості». Матеріали XII Міжнародного виставкового форуму «Технології захисту» 15 Всеукраїнської науково-практичної конференції. 24-25 вересня 2013 р. – Київ: Інститут державного управління у сфері цивільного захисту, 2013 – С. 25-26.
5. EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures Part 1-2: General rules - Structural fire design, Brussels, 2004.
6. Милованов А.Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций / Милованов А.Ф. – М.: Стройиздат, 1986. – 224 с.
7. Поздеев С.В. Исследование эффективности математических моделей для решения теплотехнической задачи при определении огнестойкости железобетонных конструкций / Поздеев С.В., Поклонский В.Г., Некора О.В., Поздеев А.В. // Строительство, материаловедение, машиностроение : [сб. науч. трудов]. – Днепропетровск: ПГАСА, 2010. – Вып. 52 : [серия «Безопасность жизнедеятельности»]. – С. 44-48.

УДК 629.331.1

О.А. Тригуб, к.т.н., доц., О.Ю. Лук'янченко, к.т.н., доц.,
Черкаський державний технологічний університет,
Биченко С.М., к.і.н., Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІННОГО СТУПЕНЯ СТИСНЕННЯ В ДВИГУНАХ АВТОМОБІЛІВ ШВИДКОГО РЕАГУВАННЯ

Визначено, що встановлення механізмів зміни ступеня стиснення покращують економічні та експлуатаційні показники роботи бензинових двигунів. Представлено оцінку вдосконалення конструкцій, матеріалоємності та екологічності двигунів.

Ключові слова: автомобіль швидкого реагування, екологічність, ступінь стиснення в двигунах.

Постановка проблеми. З теорії теплових машин, відомо, що ефективність ідеального термодинамічного циклу (його термічний ККД) збільшується зі зростанням ступеня стиснення робочого тіла (ε). Вплив ступеня стиснення на ефективність реальних теплових машин - автомобільних двигунів - не настільки однозначний. Теоретично обґрунтованому, «безмежному» підвищенню ступеня стиснення перешкоджають одночасно зростаючі механічні втрати на тертя та газообмін, теплові та механічні навантаження на деталі двигуна, особливості автомобільних палив.

Тому стосовно двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) можна говорити про оптимальне значення ступеня стиснення, при якому досягається максимум ефективного ККД, що відповідає за паливну економічність та високі потужнісні характеристики. Точніше, про діапазон оптимальних величин ε , оскільки на різних режимах роботи двигуна ступінь дії обмежуючих чинників різна і найбільш ефективна робота може досягатися при різних ступенях стиснення.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз досліджень в сфері оперативно-рятувальних автомобілів показує, що оптимальний ступінь стиснення для ДВЗ лежить в межах 13-15 [1]. Подальше збільшення ε не призводить до помітного поліпшення показників двигуна через зростання механічних втрат. В той же час цей параметр в сучасних бензинових двигунів зазвичай складає величину порядку 10, тобто істотно менше оптимального. Причина – прагнення уникнути детонації, небезпека якої виникає перш за все на режимах повного навантаження, при високих значеннях тиску та температури в камері згорання. Відомо, що двигун автомобіля міського циклу працює з повністю відкритим дроселем не більше 10 % часу експлуатації. Це означає, що велику його частину він не добирає в потужності і неекономно витрачає паливо. Якби ступінь стиснення був регульованим, на режимах холостого ходу і часткових навантажень двигун міг би працювати з оптимальним ε , і лише на потужнісних режимах він зменшувався б до безпечного рівня. Підраховано, що це дозволило б знизити витрату бензину приблизно на 10 %.

Крім того, широке використання в конструкціях двигунів систем наддуву зробило напрям цієї роботи ще актуальнішим. При наддуві в багато разів зростає небезпека виникнення детонації на режимах навантажень. Для її уникнення зазвичай форсовані двигуни з фіксованим ступенем стиснення «розтискають» - зменшуючи величину ε на декілька одиниць (до 7-8), тоді він ще більш віддаляється від оптимуму. Розплатою за це стає нестійка робота та неекономічність двигуна на режимах холостого ходу та часткових навантажень.

Викладення основного матеріалу. Для збільшення потужності двигуна і підвищення економічності бажано знижувати ступінь стиснення на високочастотних режимах. Проте

якщо ступінь стиснення буде малим для всіх діапазонів роботи двигуна, це приведе до зниження потужності і збільшення витрати палива на низькочастотних режимах.

В разі переходу на змінний ступінь стиснення робочий процес в двигуні при наддуві можна організувати так, що за рахунок відповідного зниження ступеня стиснення при будь-яких тисках наддуву максимальні тиски робочого циклу (тобто ефективність роботи) залишатимуться незмінними або трохи змінюватимуться. При цьому не дивлячись на збільшення корисної роботи за цикл, а отже, і потужності двигуна, максимальні навантаження на його деталі можуть знаходитись в допустимих межах, що дозволяє форсувати двигуни без впровадження змін в їх конструкцію.

Технологія змінного ступеня стиснення дозволить високофорсованому двигуну працювати гранично ефективно на будь-яких режимах. Для цього потрібно лише плавно регулювати ε в діапазоні від 14 до 7. Повний контроль над детонацією в умовах наддуву високого тиску дасть можливість зменшити робочий об'єм двигунів до 50 %, зберігши їх потужнісні характеристики. Завдяки гнучкому регулюванню ступеня стиснення можна буде змінювати параметри фізичних процесів в двигуні, що впливають на витрату палива і емісію токсичних компонентів:

- тиск і температуру в кінці такту стиснення;
- максимальний тиск і температуру згорання;
- ступінь розширення і індикаторний ККД;
- об'єм камери згорання;
- температуру відпрацьованих газів.

Так, по відомостях з різних джерел, компактні VCR-двигуни з наддувом (з англ. «Variable Compression Ratio» - змінний ступінь стиснення) споживатимуть палива на 20-40 % менше порівняно з традиційними атмосферними моторами еквівалентної потужності. На таку ж величину скоротяться і викиди «парникового газу».

Зміна ступеня стиснення також дає можливість більш ефективного використання альтернативних видів палива. Регульований в широких межах ступінь стиснення значно спрощує завдання створення багатопаливного двигуна, здатного однаково ефективно працювати на бензині, природному газі або спиртобензиновій суміші Е-85, особливо популярній в Швеції та США.

Таким чином, шляхом до створення компактного, потужного і економічного бензинового двигуна є технологія змінного ступеня стиснення.

Метою роботи є дослідження динамічних, швидкісних та експлуатаційних характеристик двигунів зі змінним ступенем стиснення.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день існує ряд перспективних розробок VCR-двигунів, одна частина яких знаходиться на етапі стендових випробувань, інша довела свою надійність при роботі на автомобілях [2]. Провівши аналіз механізмів змінного ступеня стиснення, для стендових досліджень було обрано два механізми: в одному використовуються ексцентрикові втулки між шатунною шийкою колінчатого валу та нижньою головкою шатуна (рис. 1), в другому - траверсний механізм (рис. 2).

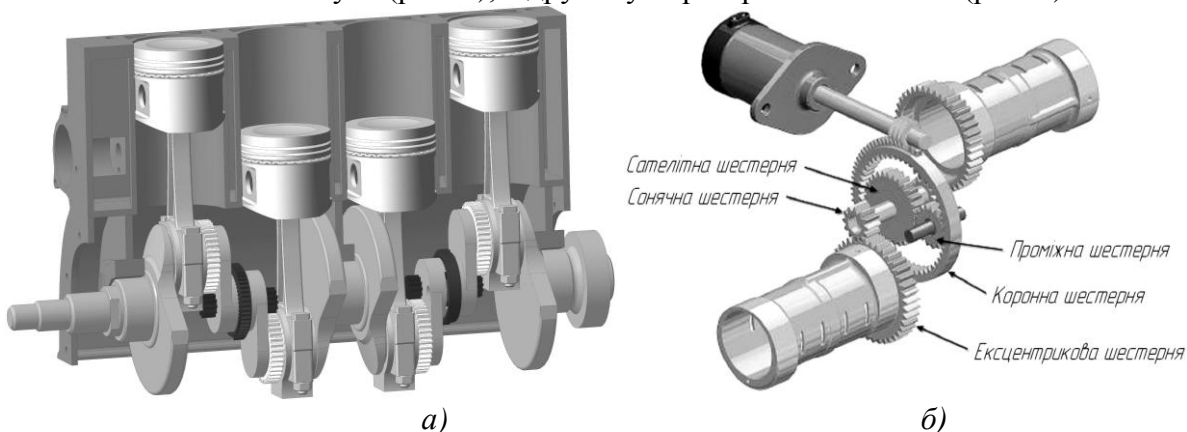


Рисунок 1 – Модель двигуна (а) з механізмом зміни ступеня стиснення (б).

Ексцентриковий механізм дозволяє подовжити робочий хід поршня в такті розширення і довше використовувати енергію газів, що згорають. Для цього ступінь стиснення змінюється постійно, впродовж кожного робочого циклу двигуна [3-5].

В двигуні з траверсним механізмом змінюється стандартний шатун на новий, укорочений, який нижньою головкою з'єднаний з так званою траверсою. Траверса встановлюється на шатунній шийці колінчатого валу і закріплюється з кришкою болтовим з'єднанням. В нижню частину коромисла, яке змінює положення траверси, запресований ексцентриковий вал, що встановлюється в блок циліндрів на двох підшипниках кочення (Рис. 2, а). Через черв'ячне з'єднання електричний двигун призводить вал в обертальний рух, повернувшись на потрібний кут вал зупиняється. Колінчатий вал рухається разом з траверсою по визначеній траєкторії (Рис. 2, б).

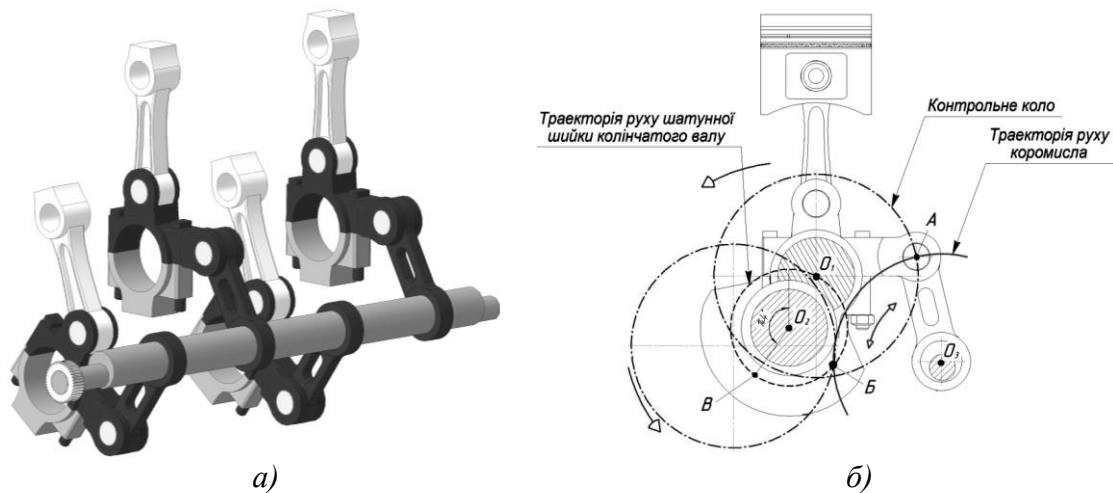


Рисунок 2 – Траверсний механізм (а) і його кінематика (б): O_1 – центр шатунної шийки; O_2 – центр корінної шийки; O_3 – центр нижньої головки коромисла; А – верхнє положення верхньої головки траверси; Б – нижнє положення верхньої головки коромисла; В – положення шатунної шийки, при якому верхня головка коромисла починає рухатись з положення Б в положення А.

Дослідження проводилися на стендовому чотирициліндровому бензиновому двигуні. Діапазон зміни ступеня стиснення двигуна склав від 7,1 до 15.

Для досягнення ефективної роботи механізму зміни ступеня стиснення в VCR- двигуні використано декілька супутніх технологій:

- повністю регульований газорозподільний механізм з 4 клапанами на циліндр (VVA);
- безпосереднє впорскування палива (GDI);
- примусовий наддув повітря (CH).

Щоб провести аналіз та дати оцінку потужносним та експлуатаційним показникам при роботі двигуна з повним навантаженням було проведено необхідні вимірювання, аналізуючи результати яких, можна зробити висновок про покращення характеристик VCR- двигунів в порівнянні з двигуном, що має нерегульовану ступінь стиснення, а саме:

- зростання ефективної потужності на 30...62 %;
- збільшення крутного моменту на 31...63 %;
- зменшення питомої витрати палива більш ніж на 2,5 %.

Для перевірки економічності та динамічності оцінювали вдосконалення конструкції, матеріалоемності та питомої енергоемності двигуна, поліпшення працездатності автомобіля і його екологічність. Вдосконалення конструкції двигуна визначалася ступенем використання робочого об'єму й оцінювалася літровою потужністю. У VCR- двигунів ступінь використання робочого об'єму вища більш ніж на 57 %, що говорить про значне покращення літрової потужності за рахунок використання механізмів змінного ступеня стиснення.

Матеріалоемність двигуна визначалася досконалістю конструкції, раціональним вибором матеріалу та технології виготовлення і оцінювалася літровою вагою. Літрова вага VCR- двигунів збільшилась на 5...15 %, що пояснюється збільшенням маси двигуна за рахунок встановлення додаткових деталей та системи наддуву. Слід зазначити, що робочий об'єм модернізованого двигуна змінюється за рахунок механізму змінного ступеня стиснення, таким чином і літрова маса має змінну кількісну характеристику.

Питому матеріалоемність визначає питома вага, яка зменшилась на 35...40 %. Підвищена матеріалоемність двигуна компенсується суттєвим збільшенням потужності за рахунок використання системи змінного ступеня стиснення.

Екологічність двигуна визначалася кількістю шкідливих речовин у відпрацьованих газах. Кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах за годину для VCR- двигунів збільшилась майже вдвічі, що пояснюється підвищенням літрової потужності. Оцінюючи шкідливі викиди на одиницю потужності, загальна екологічність покращилась на 3 %. Екологічність завжди є важливою проблемою при створенні двигуна зі змінним ступенем стиснення, оскільки при підвищенні температури і тиску в процесі згорання підвищуються і шкідливі викиди окислів азоту. Але використання для серійних двигунів трикомпонентних каталітичних нейтралізаторів і мікропроцесорних систем управління двигуном, включаючи управління запаленням і механізмом зміни ступеня стиснення, дозволяє вирішувати ці проблеми.

Висновок. Дослідження роботи VCR- двигунів з ексцентриковим і траверсним механізмами показало, що регулювання ступенем стиснення дозволяє покращити потужності та експлуатаційні показники двигуна більш ніж на 30...40 %. Питома витрата палива при цьому зменшується більш ніж на 2,5 %, що вказує на перспективність впровадження даної технології.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Самохин С. Изменение неизменного //Автомобиль и сервис. – 2008.-№2.-с. 62-69.
2. Шароглазов Б.А., Фарафонов М.Ф., Клементьев В.В. Двигатели внутреннего сгорания: Теория, моделирование и расчёт процессов. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. – 344 с.
3. Schwaderlapp M., Habermann K., Yapici K.I., Variable Compression Ratio – A Design Solution for Fuel Economy Concepts, SAE 2002-01-1103, 2002.
4. B. Gooijer. Gomecsys BV: Technical document. Feb 2002, 12 p.
5. G. Rapan, I. Rapan. Variable compression ratio engine. Romanian Patent RO115662B, 2000.

УДК 614.84

С.В. Цвиркун, к.т.н., доц., Академия пожарной безопасности имени Героев Чернобыля

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ В ПОМЕЩЕНИИ ГОСТИНИЦЫ ВЫСОТОЙ БОЛЕЕ 26,5 М.

Представлено расчеты критического значения опасных факторов пожара в помещении отеля
(высотой более 26.5 м)

Ключевые слова: опасные факторы пожара, необходимое время эвакуации, критическое значение опасного фактора пожара.

Постановка проблемы. Обеспечение безопасности людей в высотных зданиях при пожаре требует моделирования процессов движения людей, определяющих время их эвакуации ($t_{эв}$), и моделирования динамики распространения опасных факторов пожара (ОФП), определяющих время блокирования ($t_{бл}$) путей эвакуации.

Распространение ОФП – сложный физико-химический процесс, начало изучения которого приходится на середину XVIII века. Оно заложило основы термодинамики и математической модели пожара, практическая реализация которой стала возможной лишь в последние десятилетия, благодаря интенсивному развитию вычислительной техники. Сегодня для расчёта времени блокирования путей эвакуации используются интегральные, зонные и дифференциальные (полевые) модели пожара. Однако, сегодня программное обеспечение модели пожара отсутствует как в свободном доступе, так и для коммерческого пользования.

Анализ последних достижений и публикаций. Среди зарубежных программ можно выделить универсальные (ANSYS CFX, FLUENT, STAR-CD) и специализированные программы (JASMINE, SOFIE, SMARTFIRE, PHOENICS и FDS). Для возможности пользования в России из этих программ выделим SMARTFIRE, FDS и SOFIE. Однако, SMARTFIRE и SOFIE – коммерческие программы. Лишь FDS является свободно распространяемой, благодаря чему она может применяться широким кругом пользователей в различных странах. Это обеспечивает воспроизводимость результатов, полученных разными авторами, и возможность совместного поиска рационального решения общих задач обеспечения безопасности людей при пожаре. Поэтому программное обеспечение FDS было использовано при анализе вероятных значений $t_{бл}$ в высотных зданиях.

FDS [3,4] численно решает уравнения Навье-Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков, особое внимание уделяется распространению дыма и теплопередаче при пожаре.

Уравнение сохранения массы:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j) = 0 \quad (1)$$

Уравнение сохранения импульса:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j u_i) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho g_i \quad (2)$$

Уравнение энергии:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho h) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j h) = \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{\lambda}{c_p} \frac{\partial h}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial \dot{q}_j^R}{\partial x_j} \quad (3)$$

Основным алгоритмом является явная схема предиктора-корректора второго порядка точности по координатам и времени. Турбулентность решается с помощью модели Смагоринского «Масштабное моделирование вихрей» (LES). Прямое численное моделирование (DNS) можно выполнять, если расчетная сетка достаточно точна. Масштабное моделирование вихрей – режим работы по умолчанию.

В большинстве случаев в FDS применяется одноступенчатая химическая реакция, продукты которой рассчитываются через двухпараметрическую модель доли в смеси (mixture fraction model). «Доля в смеси» в данном смысле - это скалярная величина, которая предоставляет собой массовую долю одного или более компонентов газа в данной точке потока. По умолчанию рассчитываются два компонента смеси: массовая доля несгоревшего топлива и массовая доля сгоревшего топлива (т.е. продуктов сгорания). Двухступенчатая химическая реакция с трехпараметрическим разложением доли в смеси раскладывается на одноступенчатые реакции - окисление топлива до монооксида углерода и окисление монооксида до диоксида. Три компонента в данном случае - несгоревшее топливо, масса топлива, которая завершила первый шаг реакции, и масса топлива, которая завершила второй шаг реакции. Массовая концентрация всех основных реагентов и продуктов может быть получена с помощью «соотношения состояния». И, наконец, можно использовать многошаговую реакцию с конечной скоростью протекания.

Лучистый теплообмен включен в модель посредством решения уравнения переноса излучения для серого газа и, для некоторых случаев, с использованием широкодиапазонной модели. Уравнение решается с помощью метода, аналогичного методу конечных объемов для конвективного переноса, отсюда и название «метод конечных объемов» (FVM).

FDS решает основные уравнения на прямоугольной сетке. Препятствия обязаны быть прямоугольными, чтобы удовлетворять сетке. На всех твердых поверхностях задаются тепловые граничные условия, плюс данные о горючести материала. Тепло- и массоперенос с поверхности и обратно рассчитывается с помощью эмпирических соотношений, хотя при выполнении прямого численного моделирования (DNS) можно вычислить передачу тепла и массы напрямую.

PufoSim – графический интерфейс для программы FDS, разработанный компанией Thunderhead. Программа упрощает ввод и анализ исходных данных, облегчает процесс построения модели. Smokeview – программа, созданная для визуализации данных расчета FDS. Она позволяет наглядно увидеть распространение дыма, пламени, поля температур и других величин. Кроме того, немаловажным является тот факт, что модель FDS успешно прошла оценочные испытания: валидацию и верификацию.

Экспериментальная проверка моделей динамики ОФП, когда исходные данные для теоретических расчётов совпадают с исходными данными в эксперименте, позволяют судить только о корректности самой модели. При решении же задач по обеспечению безопасности людей, стоит задача не только правильно воспроизвести динамику процесса при заданных условиях, но также спрогнозировать возможную ситуацию при вероятных вариациях реальных условий, зависящих от множества изменяющихся факторов и комбинаций их сочетаний.

Постановка задачи и их решение. Расчет опасных факторов пожара в номере высотной гостиницы. Помещение – наиболее вероятное место возникновения очага пожара. В качестве объекта исследования использовалась модель помещения (рис. 1) площадью 4×6 м с размещением типовой для гостиниц пожарной нагрузки: мебель (столы, стулья, шкафы). Согласно требованиям норм пожарная нагрузка не должна превышать 50 кг/м² (при перерасчете на древесину). Величина пожарной нагрузки 377 МДж/м².

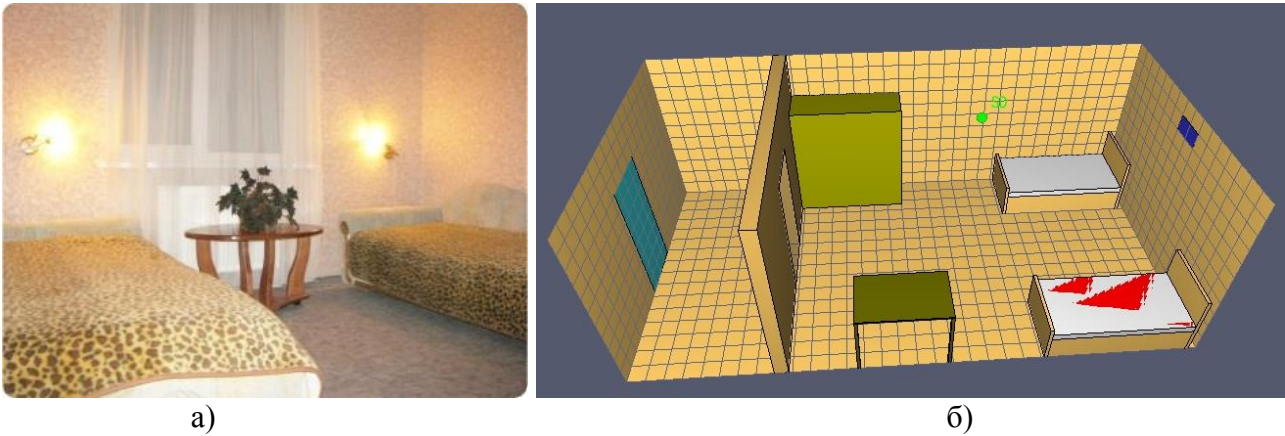


Рисунок 1 - Помещение для моделирования ОФП:

а) план моделируемого помещения,

б) моделируемое помещение в графическом редакторе Pyrosim.

Исходная позиция для моделирования: развитие пожара – в начальной стадии: внутри зоны горения возникшего неконтролируемого очага пожара и вокруг неё температура такова, что скорость тепловыделения выше скорости отвода тепла из зоны горения, что обуславливает ускорение процесса горения.

В результате этого процесса постепенно происходит распространение пламени на всё помещение. Поэтому распределение значений параметров опасных факторов пожара по объёму помещения неравномерное. В качестве контрольной точки значений ОФП установлена точка на выходе из помещения на высоте 1,7 м, поскольку при достижении в ней критического значения одного из опасных факторов пожара безопасная эвакуация человека из помещения становится невозможной.

Задача моделирования первого варианта развития пожара – определить время ($t_{кр}$) достижения критического уровня воздействия ОФП в контрольной точке и его носителя (температура, дым, токсичность составляющих образующейся газовой смеси) при нефункционирующих системах противодымной защиты и пожаротушения.

Поскольку система противодымной защиты здания, сооружения или строения должна обеспечивать защиту людей на путях эвакуации и в безопасных зонах от воздействия опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для эвакуации людей в безопасную зону, то задача моделирования второго варианта развития пожара состояла в определении целесообразного месторасположения клапана системы дымоудаления и влияния его производительности (расхода воздуха) на увеличение значения $t_{кр}$.

Свойства пожарной нагрузки заданы по базе данных типовой горючей нагрузки [1]:

Мебель; дерево+облицовка (0,9+0,1)

- Низшая теплота сгорания 14,4 МДж/кг
- Линейная скорость пламени 0,0154 м/с
- Удельная скорость выгорания 0,0135 кг/м²с
- Дымообразующая способность 84,1 Нп·м²/кг
- Потребление кислорода 1,288кг/кг
- Выделение углекислого газа 1,55 кг/кг
- Выделение угарного газа 0,0367 кг/кг

Результаты расчётов распространения ОФП при моделировании трёх перечисленных вариантов развития пожара в помещении приведены в табл. 1.

Таблиця 1 – Время наступлення критического значения ОФП

Параметр	Значение параметра	Размер клапана, м	Время наступления критического значения ОФП на выходе из помещения, $t_{кр}$, с
Без систем противопожарной защиты	–	–	32
Расход воздуха через клапан дымоудаления	5 м ³ /с	0,25×0,25	98
	7 м ³ /с	0,25×0,25	135
	9 м ³ /с	0,25×0,25	160
	11 м ³ /с	0,25×0,25	не наступает
	3 м ³ /с	0,25×0,5	86
	5 м ³ /с	0,25×0,5	125
	7 м ³ /с	0,25×0,5	238
	9 м ³ /с	0,25×0,5	не наступает

Результаты моделирования пожара в помещении без функционирующих систем противопожарной защиты показывают, что фактором, значения которого первыми достигают критического уровня воздействия, является потеря видимости.

Второй вариант моделирования позволяет определить рациональное размещение клапана системы дымоудаления в помещении. В ходе моделирования, положение клапана регулировало направление воздушных потоков, обеспечивая смешивание продуктов горения со свежим воздухом, входящим в помещение. В этой серии экспериментов был выбран вариант расположения клапана, при котором опасные факторы пожара в помещении наступают за наибольшее время, а также 2 варианта площади сечения клапана.

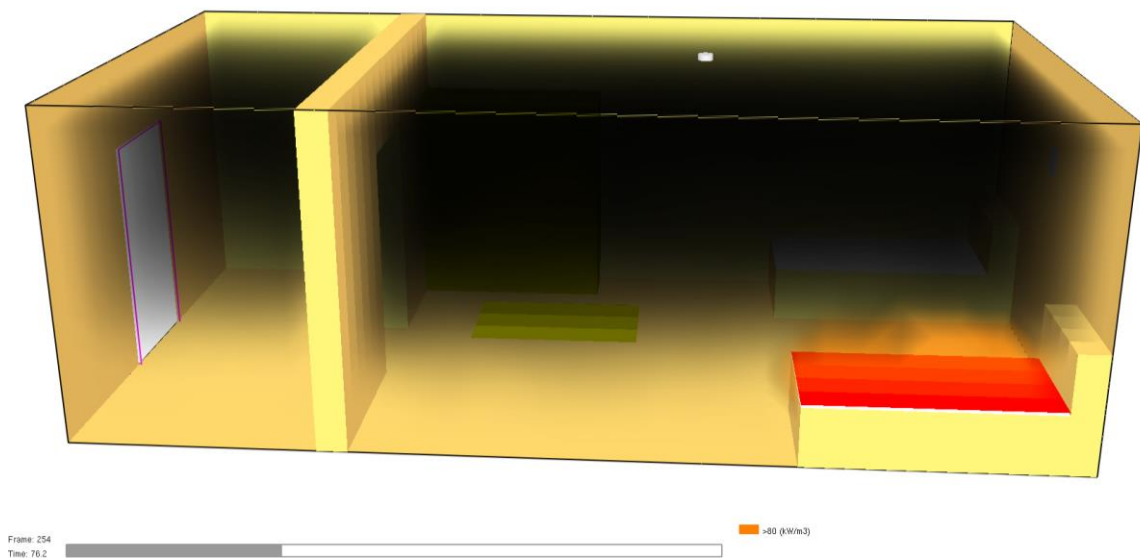


Рисунок 2 - Вид помещения без систем противопожарной защиты (76 с от начала пожара).



Рисунок 3 - Вид помещения с системой противопожарной защиты (76 с от начала пожара, клапан дымоудаления размером 0,25×0,25 м и продуктивностью системы 11 м³/с).

После того, как было установлено оптимальное положение клапана, определялись количественные показатели системы дымоудаления. Расход воздуха повышался до таких значений, при которых опасные факторы пожара перестали выходить за пределы помещения.

Для недопущения распространения пожара за пределы помещения и удаления продуктов горения для безопасной эвакуации людей необходимо оборудовать систему дымоудаления, которая будет рассчитана на удаление количества дыма, образовавшегося до срабатывания системы пожаротушения.

Выводы. В работе представлены результаты моделирования развития опасных факторов пожара, а также рассчитаны показатели расхода и сечения клапана дымоудаления для безопасной эвакуации с номеров гостиницы.

Перспективы дальнейших исследований. Применение математического моделирования развития пожара есть одним из дальнейших исследований для решение задач обеспечения пожарной безопасности помещений и зданий различного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кошмаров Ю.А. Развитие пожара в помещении // Научный сборник ВНИИПО МВД СССР "Горение и проблемы тушения пожаров". М.: ВНИИПО МВД СССР, 1977.
2. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учебное пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.
3. <http://fds.sitis.ru/>
4. <http://sitis.ru/media/documentation/PRS-sitis-4-12.pdf>

УДК.629.33

Шльончак І.А., к.т.н., Черкаський державний технологічний університет

ДО ПИТАННЯ ПАЛИВНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАЛЕНОГО РУХУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Представлено результати досліджень паливної характеристики усталеного руху пожежно-рятувальних транспортних засобів

Ключові слова: витрати палива, усталений рух, дизель, транспортні засоби.

Постановка проблеми. Двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ), а саме дизелі, досить поширені у світі. Зокрема ДВЗ встановлюються в транспортних засобах (ТЗ), які знаходяться в експлуатації пожежно-рятувальних підрозділів. Загалом тенденцію збільшення виробництва дизелів в останній час можна пояснити їх перевагами перед бензиновими двигунами. Однак, невідкладні, а інколи й життєво небезпечні ситуації, в яких працює пожежно-рятувальна техніка, потребують покращення їх динамічних характеристик. Тому, дослідження проблеми впровадження альтернативних палив (АП) у дизелях та їх вплив на тягово-швидкісні властивості ТЗ з дизелями, є досить актуальними. Необхідність впровадження АП викликана також двома глобальними проблемами: світовим дефіцитом нафтового палива та забрудненням навколишнього середовища.

Так, в Україні ДВЗ щорічно споживають більше 13 млн. т. палива. Для задоволення потреб нашої державі в паливно-мастильних матеріалах (ПММ) треба 25 – 30 млн. т. нафти на рік. Щорічне видобування нафти складає близько 4 млн. т. – це 10...12% потрібної кількості. Отже, функціонування паливно-енергетичного комплексу, а, зрештою, й економічний розвиток нашої країни залежать від імпорту нафти та газу. Раціональне використання ПММ, економія паливно-енергетичних ресурсів, пошук нових альтернативних джерел енергії – це завдання державного значення. При цьому автомобільний транспорт є одним із основних споживачів нафтопродуктів і залишиться головним споживачем моторних палив на період 2040-2050р.р. В найближчій перспективі очікується збільшення споживання нафтопродуктів за постійних об'ємів їх виробництва та зростаючий дефіцит моторних палив. Ці фактори призводять до необхідності реконструкції паливно-енергетичного комплексу шляхом більш глибокої переробки нафти, використання енергозберігаючих технологій, переходу на менш дорогі види палив. Тому, одним із основних шляхів удосконалення ДВЗ є їх адаптація до роботи на АП [1, 2].

Сьогодні в Україні більше ніж 31% із загальних забруднень повітряного басейну припадає саме на автомобільний транспорт. Наприклад, внесок автомобільного транспорту в сумарні викиди шкідливих речовин Києва, Харкова, Полтави та інших великих міст України складає біля 70%, а в місцях транспортних потоків – навіть перевищує гранично допустимі концентрації у декілька разів.

Використання на транспорті різних АП забезпечує вирішення питання заміни нафтових палив, значно розширює сировинну базу для отримання моторних палив, полегшує вирішення питання постачання паливом ТЗ та стаціонарних установок. Можливість отримання АП з необхідними фізико-хімічними властивостями дозволить цілеспрямовано здійснювати робочі процеси дизелів і, цим самим, покращити їх екологічні та економічні показники [3, 4].

Працездатність спецобладнаного автомобіля, котрий працює в умовах невідкладних, а, інколи, і життєвонебезпечних ситуаціях, у великій мірі залежить від якості палива, що використовується в ньому.

Тому, актуальною є робота, пов'язана з дослідженням впливу особливостей біопалив на економічні показники спецобладнаних ТЗ в умовах усталеного руху.

Постановка задачі та її розв'язання. Науково-технічні аспекти використання АП в ДВЗ протягом років розробляються провідними вченими нашої країни в області двигунобудування. Але до цього часу відсутня порівняльна характеристика ефективності використання різних АП на показники деяких вітчизняних та закордонних двигунів в умовах експлуатації на автошляхах нашої держави, що передбачає необхідність проведення досліджень в даному напрямку. Тому, метою роботи є дослідження паливної характеристики усталеного руху ТЗ, які працюють у надскладних умовах під час здійснення пожежно-рятувальних заходів.

Основний матеріал. Для визначення паливної характеристики усталеного руху спецобладнаного ТЗ було використано ділянку дороги об'їзного шосе довжиною 1000 м в околиці м. Черкаси. Ділянка дороги мала прямолінійний, горизонтальний профіль з асфальтобетонним покриттям з відповідними відмітками.

Витратомір палива та секундомір вмикався одночасно з проїздом ТЗ початкової відмітки, з відповідною швидкістю руху, і вимикався при досягненні кінцевої. Швидкість ТЗ при заїздах була вибрана за вимогами ГОСТ 20306–90 для автотранспортного засобу з повною масою більше 3500 кг, і складала 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 та 90 км/год. При проведенні випробувань режим розгону з місця починався з першої передачі, яка використовувалась до досягнення швидкості 10 км/год; далі рух з мінімально сталою швидкістю виконувався на другій передачі, на якій мінімальна швидкість не перевищувала 10, а за наступним заїздом 20 км/год; третя передача вмикалась при швидкості руху 30 та 40 км/год; четверта – при швидкості руху 50 і 60 км/год, і п'ята передача була задіяна при усталеному русі за швидкості 70, 80 та 90 км/год.

Для того щоб уникнути впливу нахилу дорожнього полотна та сили вітру, вимірювання здійснювались у зворотних напрямках по одному заїзду для кожної заданої швидкості. Результати заїздів зведені у відповідні протоколи випробувань.

Паливні характеристики усталеного руху ТЗ, що досліджувався, з використанням у двигуні, що в ньому встановлений, дизельного (ДП) та сумішевого палива (В20), а також при різних значеннях встановлюваного кута випередження впорскування ($\theta_{вип}$) і ступеня стискання (ϵ), показані на рис. 1. Попередні дослідження дозволили встановити оптимальну концентрацію етилового ефіру ріпакової олії у дизельному паливі, а саме 20 %, яка і була використана в дослідженнях [5].

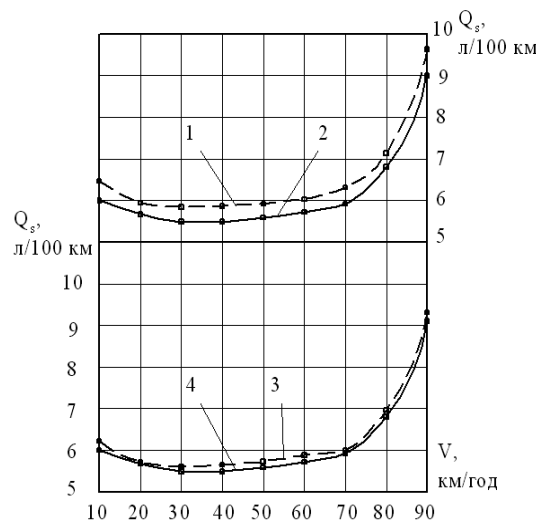


Рисунок 1 – Графік паливної характеристики усталеного руху ТЗ:

- 1 - — □ — В20 ($\theta_{вип} = 6$ град. п.к.в. та $\epsilon = 17$);
- 2 - — □ — ДП ($\theta_{вип} = 6$ град. п.к.в. та $\epsilon = 17$);
- 3 - — □ — В20 ($\theta_{вип} = 8$ град. п.к.в. та $\epsilon = 18$);
- 4 - — □ — ДП ($\theta_{вип} = 6$ град. п.к.в. та $\epsilon = 17$);

Аналіз паливних характеристик показав, що при живленні двигуна сумішевим паливом В20, при штатних значеннях встановлюваного кута випередження впорскування і ступеня стискання, перевитрата палива, по відношенню до дизельного, склала від 3,7 до 6,2% (залежно від швидкісного режиму) при середньому значенні 4,64%.

Оптимальні значення встановлюваного кута випередження впорскування і ступеня стискання, за умови живлення двигуна паливом В20, дають можливість покращити паливну економічність, наближаючи значення витрат біопалива до витрат дизельного. Так, паливна економічність покращилась у всьому швидкісному діапазоні в середньому на 2,8%.

Отримані поліноміальні моделі [6] були використані при розрахунках витрат палива дизеля, у широкому діапазоні швидкісних режимів, характерних для конкретних умов експлуатації та різних значень встановлюваного кута випередження впорскування і ступеня стискання. Результати розрахунків зображені на рис. 2 у вигляді графічних залежностей витрат палива від швидкості руху ТЗ. З рисунка видно, що збільшення встановлюваного кута випередження впорскування палива і ступеня стискання покращує паливну економічність дизеля, що працює на сумішевих паливах. За розрахунками, при встановленні штатних регулювань і використанні сумішевого палива В20, паливна економічність погіршується на 4,55% у порівнянні з ДП. При встановленні оптимальних значень встановлюваного кута випередження впорскування і ступеня стискання, витрата палива В20 знизилась на 2,2%.

Результати розрахунків доводять, що з використанням розроблених поліноміальних моделей можливо прогнозувати покращення паливної економічності спецобладнаного ТЗ, що працює в умовах пожежно-рятувальних заходів або на під'їзді до місця їх проведення, в залежності від варіювання встановлюваного кута випередження впорскування і ступеня стискання.

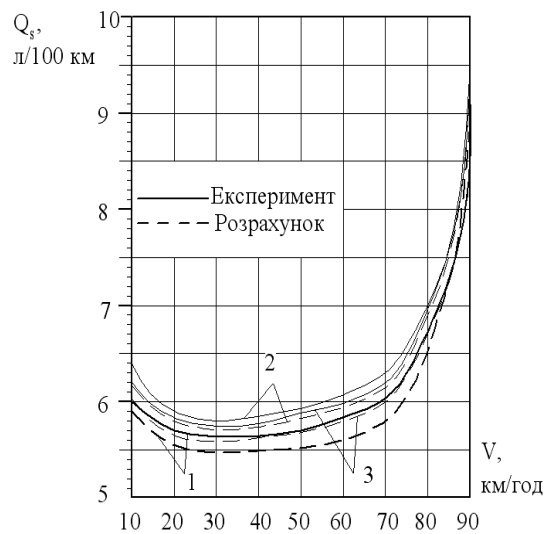


Рисунок 2 – Розрахункові та експериментальні графічні залежності шляхових витрат палива від швидкості руху ТЗ:

- 1 - ДП ($\theta_{вип} = 6$ град. п.к.в. та $\varepsilon = 17$);
- 2 - В20 ($\theta_{вип} = 6$ град. п.к.в. та $\varepsilon = 17$);
- 3 - В20 ($\theta_{вип} = 8$ град. п.к.в. та $\varepsilon = 18$)

В попередніх дослідженнях було визначено витрату палива за результатами розрахунку, з використанням розроблених поліноміальних моделей, та отриманих під час дорожніх випробувань ТЗ [7]. Як показали дослідження, розбіжність результатів за витратою палива не перевищує 5,3 %. Розбіжність у результатах можна пояснити великою кількістю експлуатаційних факторів, які впливають на показники ТЗ в дорожніх умовах. Разом з тим це дає змогу в подальшому з певною точністю визначати розрахунковим методом з використанням поліноміальної моделі витрату палива ТЗ при зміні регулювальних параметрів його двигуна.

Таким чином, проведені розрахункові та експериментальні дослідження показали, що оптимальні значення встановлюваного кута випередження впорскування палива і ступеня стискання дозволяють знизити витрату палива ТЗ з дизелем, який працює на сумішевих паливах.

Висновки. Отримані паливні характеристики усталеного руху спецобладнаного ТЗ з дизелем в дорожніх умовах за умов живлення сумішевыми паливами. Характеристики дали можливість підтвердити результати стендових випробувань щодо можливості покращення паливної економічності дизеля при живленні ДП з добавками етилових ефірів ріпакової олії. Встановлено, що згідно розрахунків, при встановленні штатних регулювань і використанні сумішевого палива В20, паливна економічність погіршується на 4,55% у порівнянні з ДП. При встановленні оптимальних значень встановлюваного кута випередження впорскування і ступеня стискання, витрата палива В20 знизилась на 2,2%.

Перспективи подальших досліджень. Доцільність проведення подальших наукових досліджень та розробок із даної тематики обумовлена перш за все тим, що двигуни внутрішнього згоряння в енергетичному балансі розвинених країн складають біля 80% від сумарної потужності, котра виробляється енергоустановками. В Україні потужність парка ДВЗ приблизно в два рази перевищує загальну потужність всіх електростанцій. Крім цього у світі спостерігається постійна дизелізація двигунів. Згідно досліджень фірми Perkins (Великобританія) на 50% нових французьких та 20% нових німецьких легкових автомобілів встановлюються дизелі. Дана тенденція спостерігається і для спецобладнаних ТЗ, які працюють в надскладних умовах експлуатації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кутенев В.Ф., Каменев В.Ф., Никитин И.М. Экологически чистые альтернативные топлива. Перспективы применения // Автомобильная промышленность. – 1997. - № 11. – С.24-25.
2. Девянин С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. – Х.: Новое слово, 2007. – 452 с.
3. Грабар І.Г. Біопалива на основі олій для дизельних двигунів: монографія. / Грабар І.Г., Колодницька Р.В., Семенов В.Г. – Житомир: ЖДТУ, 2011. – 152с.
4. Шльончак І.А. Вплив фізико-хімічних властивостей альтернативних палив на показники двигунів внутрішнього згоряння / Шльончак Ігор Анатолійович // Вісник ЧДТУ. – Черкаси, 2007. – №3-4. – с.220-223.
5. Пилипенко О.М., Шльончак І.А. Вплив компонентів біопалив на показники токсичності та економічності дизельного двигуна // Вісник Східноукраїнського національного університету.- 2008. - №3.- С.170-175.
6. Пилипенко О.М. Методологічні аспекти дослідження властивостей біодизеля / Пилипенко О.М., Шльончак І.А. // Вісник ЖДТУ. – Житомир, 2008. – №1. – с.47-56.
7. Оцінка паливної економічності дизеля в умовах експлуатації / Пилипенко О.М., Семенов В.Г., Шльончак І.А., Васильченко В.Ю. // Вісник ЧДТУ. –Черкаси, 2011. – № 1. – с.100-104.

ABSTRACTS / АННОТАЦІЇ

UDC 614.8

Yu.A. Abramov, Doctor of Engineering Sciences, professor, E.A. Tyschenko, Candidate of Engineering Sciences, S.N. Basarab, A. S. Borisova

**GENERIC MATHEMATICAL MODEL OF THERMORESISTIVE DETECTOR
ELEMENT OF HEAT ALARM UNDER INNER THERMAL EFFECT**

It is obtained the mathematical description of processes in thermoresistive detector elements of different shapes alarms that are caused by autothermal heat supply.

Key words: alarm, detector element, autothermal heat supply.

УДК 614.8

Ю.А. Абрамов, д.т.н., проф., Е.А. Тищенко, к.т.н., доц., С.Н. Басараб, А.С. Борисова

**УЗАГАЛЬНЕНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕРМОРЕЗИСТИВНОГО ЧУТТЄВОГО
ЕЛЕМЕНТА ТЕПЛООВОГО ПОЖЕЖНОГО ОПОВІЩУВАЧА ПРИ ВНУТРІШНЬОМУ
ТЕПЛОВОМУ ВПЛИВІ**

Отримано математичний опис процесів у терморезистивних чуттєвих елементах пожежних оповіщувачів різної форми, що обумовлені дією внутрішнього джерела тепла.

Ключові слова: пожежний оповіщувач, чуттєвий елемент, внутрішнє джерело тепла.

UDC 355.474

O.S.Babich, Cand. Of Sc. (Eng), S.G. Godyaev, Cand. Of Sc. (Eng), V.O. Uleksin, Cand. Of Sc. (Eng)

**A BUILDUP OF EFFICIENCY OF DECONTAMINATION IS AT ELIMINATION OF
RADIATION EXTRAORDINARY SITUATIONS BY APPLICATION OF BALLOON
AEROSOL GENERATORS**

One of main problems in decontamination there is mechanization of leadthrough of works with the cutback of the controlled and uncontrolled infected water and negative influence on an environment. Satisfying such calls is possible application of balloon aerosol generators (BAG), which utilize energy of fluids, which appear at combustion of hard, gasifying bonds.

Keywords: radiation extraordinary situation. Decontamination. Balloon Aerosol generator.

УДК 355.474

А.С. Бабич, к.т.н., доц., С.Г. Годяев, к.т.н., доц., В.А. Улексин, к.т.н., доц

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЗАКТИВАЦИИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ
РАДИАЦИОННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ
БАЛЛОННЫХ АЭРОЗОЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ**

Одной из главных проблем в дезактивации есть механизация проведения работ с уменьшением контролируемой и неконтролируемой зараженной воды и негативного влияния на окружающую среду. Удовлетворить такие требования возможно применением баллонных аэрозольных генераторов (БАГ), которые используют энергию газов, которые образуются при сгорании твердых, газифицируя соединений.

Ключевые слова: радиационная чрезвычайная ситуация, дезактивация, баллонный аэрозольный генератор.

UDC 614.841.33

A. Berezovski

**THE DETERMINATION OF INDICATORS OF FIRE DANGER OF FIREPROOF
VIBRORESISTANT COATING METAL CONSTRUCTIONS**

The indicators of fire danger of fireproof vibroresistant coating are determined. The research results show that according to combustibility fireproof vibroresistant coating belongs to a group of

difficult combustible substances; according to coefficient rate of smoke generation ability it belongs to a group with high smoke generation ability; according to toxicity of combustion products – to a class of moderately dangerous substances. Giving coating may be used for metal items and constructions high temperature protection in vibrating conditions.

УДК 614.841.33

А.І. Березовський

**ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВОГНЕЗАХИСНОГО
ВІБРОСТІЙКОГО ПОКРИТТЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Визначено показники пожежної небезпеки вогнезахисного вібростійкого покриття. Встановлено, що за результатами досліджень вогнезахисне вібростійке покриття за горючістю відноситься до групи важкогорючих речовин, за величиною коефіцієнта димоутворення відноситься до групи з високим димоутворенням, за токсичністю продуктів горіння відноситься до класу помірно небезпечних речовин. Дане покриття може застосовуватися для захисту металевих елементів і конструкцій від впливу на них високої температури в умовах вібрації.

UDC 004.89:614.841.4

A.O. Bychenko, Cand. Of Sc. (Eng)

MODELING OF FIRE TIME SPREADING WITH USING NEURAL NETWORKS

The article considers the some aspects of fire identification with using neural network TSK.

УДК 004.89:614.841.4

А.А. Быченко, к.т.н.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВРЕМЕНИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
ПОЖАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

В статье рассмотрены отдельные аспекты идентификации пожара с использованием нейронной сети TSK.

UDC 621.039.75

O. Bobovich, P. Astakhov Cand. Of P-M Sc., doc.

**REGULARITIES OF THE OVERCOMING ADHESION FORCES OF THE PARTICLES
FORMED DUE RADIOACTIVE POLLUTION ON PAINTED AND OILED VEHICLE
SURFACES BY DRIP LIQUID JET STRUCTURE**

The basis of the choice of equipment for decontamination of engineering, search and rescue technique and the results of experimental research on decontamination of engineering technique with the installation of impulse fire extinguishing ("Vityas" ИФ-1), carried out on the contaminated areas in Gomel region (Narovlya district) are given in the article.

УДК 621.039.75

О.Л.Бобович, П.В.Астахов, к.ф-м.н, доц.

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРЕОДОЛЕНИЯ СИЛ АДГЕЗИИ ЧАСТИЦ,
ОБРАЗУЮЩИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА
ОКРАШЕННЫХ И ЗАМАСЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ТЕХНИКИ ЖИДКОСТНОЙ
СТРУЕЙ КАПЕЛЬНОГО СТРОЕНИЯ**

В статье приводятся обоснования выбора оборудования и результаты экспериментальных исследований по дезактивации инженерной техники установкой импульсного пожаротушения («Витязь» УИП-1), выполненных на загрязненных территориях Гомельской области (д. Углы Наровлянского района).

UDC 665.6

S. Bobrysheva, Cand. Of Sc., M. Zhurov

ELIMINATION OF OIL SPILLS AND WATER PETROCHEMICAL EMULSIONS USING BENTONITE CLAY AS ADSORBENT

The work presents a short review of methods of purifying water from oil and oil products. The authors of the work performed experiments to eliminate oil and oil products spills using adsorbents based on bentonite clay. The approbation of the resulting adsorbent for oil and its water emulsions was carried out and the results of experimental studies are presented.

УДК 665.6

С.Н. Бобрышева, к.т.н., доц., М.М. Журов

ЛІКВІДАЦІЯ РОЗЛИВІВ НАФТИ, НАФТОПРОДУКТІВ ТА ЇЇ ВОДНИХ ЕМУЛЬСІЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БЕНТОНІТОВИХ ГЛИН В ЯКОСТІ АДСОРБЕНТА

В роботі проводиться короткий огляд способів очищення води від нафти і нафтопродуктів. Авторами роботи проведені експерименти з ліквідації розливів нафти і нафтопродуктів із застосуванням адсорбентів на основі глин бентонітового класу. Проведена апробація отриманого адсорбента для нафти і її водних емульсій та представлені результати експериментальних досліджень із його застосуванням.

UDC 678.5/8:614.841

S. Bobrysheva, Cand. Of Sc., D. Podobed, L. Kashlach

DECREASE OF COMBUSTIBILITY OF POLIMER MATIRIALS

The work gives the short review of information about decrease of combustibility of polymer materials. Feature of burning, different mechanisms of combustibility and assortment of modern fire retardance are consider. The results of own developments of ecological clean fire retardance are present.

УДК 678.5/8:614.841

С.Н. Бобрышева, к.т.н., доц., Д.Л. Подобед, м.т.н., Л.О. Кашляч

ЗНИЖЕННЯ ГОРЮЧОСТІ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

В роботі проводиться короткий огляд інформації з області зниження пожежонебезпечності полімерних матеріалів. Розглянуто особливості їх горіння, різні механізми зниження горючості, а також асортимент сучасних антипіренів. Представлено результати власних розробок екологічно чистих антипіренів.

UDC 614.8:614.8.086.3

A. Buyakevich

CALCULATED EXPLOSION PRESSURE IN CLOSED CONFINES: QUESTIONS OF DETERMINING DUST AMOUNT

The paper presents the analysis of the operating technical legal acts of fire prevention standards in the Republic of Belarus, considering the problems of category identification of explosion and fire danger in closed confines with circulation of dust. The shortcomings that exist in identification methodology of overpressure calculation of explosion are revealed. The requirements to the operating methods are suggested.

УДК 614.8:614.8.086.3

А.Л. Буякевич

РОЗРАХУНКОВИЙ ТИСК ВИБУХУ ПИЛУ В ПРИМІЩЕННЯХ – ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ ПИЛУ

В роботі проведено аналіз дійсних технічних нормативних правових актів системи протипожежного нормування і стандартизації Республіки Білорусь, що розглядають питання

визначення категорій з вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщень, пов'язаних з перетворенням вибухопожежонебезпечного пилу. Виявлено існуючі недоліки в методиці визначення розрахункового надлишкового тиску вибуху. Запропоновані вимоги, які слід внести до діючої методики.

UDC 536.3: 535.34:614.838.441

A.G. Vinogradov, PhD, G.O. Malygin

**THE SHIELDING PROPERTIES OF WATER CURTAINS:
CALCULATION METHOD AND COMPARISON WITH EXPERIMENT**

The mathematical model of the interaction of thermal radiation from seat of fire with water spray is discussed. Calculation method of shielding properties of fire-fighting water curtain is developed on the base of the model. Verification of calculation method is accomplished by comparison of numerical calculations with the results of relevant experimental measurements.

УДК 536.3: 535.34:614.838.441

А.Г. Виноградов, к.ф.-м.н., Г.О. Малыгин

**ЭКРАНИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ВОДЯНЫХ ЗАВЕС:
МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ И СРАВНЕНИЕ С ЭКСПЕРИМЕНТОМ**

Представлена математическая модель взаимодействия теплового излучения от очага пожара с распыленной водой, а также разработанная на ее основе методика расчетов экранирующих свойств водяных завес противопожарного назначения. Верификация расчетной методики выполнена на основе сравнения численных расчетов с результатами соответствующих экспериментальных измерений.

UDC 614.842

D. Voytovych, Cand. Of Sc. (Eng)

**TIME REDUCTION OF FREE DEVELOPMENT OF FIRE BY OPTIMIZING THE
BOUNDARIES OF EXISTING SERVICE AREA OF THE CITY FIRE AND RESCUE
UNITS**

Guidance documents which are defining the maximum radius out fire and rescue units in determining the boundaries of the areas of service have been considered. Statistical data (time to the place of the call, the distribution of the number of calls, the number of fire and rescue vehicles, the area of the service area and the number of people living on it) for the eight fire and rescue units in Lviv have been selected with using the proposed optimization simulation model.

УДК 614.842

Д. П. Войтович, к.т.н.

**СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ СВОБОДНОГО РАЗВИТИЯ ПОЖАРА ЗА СЧЕТ
ОПТИМИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ГРАНИЦ РАЙОНОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ
ГОРОДА ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫМИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ**

Рассмотрены руководящие документы, определяющие предельный радиус выезда пожарно-спасательных подразделений при определении границ районов обслуживания. Отобраны и проанализированы статистические данные (время следования к месту вызова, распределение количества вызовов, количество пожарно-спасательных автомобилей, площадь района обслуживания и количество населения, проживающего на ней) для восьми пожарно-спасательных подразделений г. Львова с использованием предложенной оптимизационной имитационной модели.

UDC 614.841

Y. Gorbachenko, S.V. Pozdejev, Dr. of Engineering Science, Associate Professor, O.V. Nekora, Cand. of Engineering Science, A.M. Tishchenko, Cand. of Engineering Science, V. Gvozd Cand. of Engineering Science

FIRE RESISTANCE OF WOODEN BEAMS OF FIRE PROTECTIVE

In the article the analysis fires. The analysis of buildings on the requirements for fire resistance of wood-based on structures. The methods and means of impregnation of bearing wooden structures. We describe calculation methods to determine the fire resistance of wooden beams. Defined categories most dangerous wooden supporting structures in terms of fire resistance.

УДК 614.841

Я.В. Горбаченко, С.В. Поздеевд., д.т.н., доц., О.В. Некора, к.т.н., с.н.с. А.М. Тищенко, к.т.н., доц., В.М. Гвоздь, к.т.н., доц.

ОГНЕСТОЙКОСТЬ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК

В статье проводится анализ пожаров. Проведенный анализ зданий относительно требований по их огнестойкости на основе деревянных конструкций. Проанализированы методы и способы пропитки несущих деревянных конструкций. Описаны расчетные методы по определению предела огнестойкости деревянных балок. Определены категории наиболее опасных деревянных несущих конструкций с точки зрения их огнестойкости.

UDC 614.84

G.I. Yelagin, Ph doctor of chemistry, Oldest scientific collaborator, M.A. Krichtal, Candidate of Psychological Sciences, R.A. Palagin, D.A. Kladko

EXTINGUISHING AGENT BASED FIREFIGHTING SALTS IMMOBILIZED TO THE INNER SURFACE OF A HIGHLY POROUS MINERAL CARRIER

Developed a new extinguishing agent, which is a large (3-5 mm) of mineral medium with a large pore volume, which is adsorbed on the surface of the fire-extinguishing salt. Large enough scale particles provide a satisfactory workability in manufacturing facilities and significantly reduce entrainment of convective combustion products during use. Lack of these particles on the surface of the water-soluble substance results in hydrophobicity of the surface and prevents caking during storage. Low bulk density of such products (less than 0.7 kg/m³) immobilizes them on the surface of virtually any fluid, i.e. in the combustion zone, and also, in addition to the effect of inhibition, to some extent, provides the effect of isolating the zone from the combustion fumes.

УДК 614.84

Г.И.Слагин, к.х.н., с.н.с., Р.А. Палагин, Н.А. Кришталь, к.психол.н., проф., Д.А. Кладько,

ОГНЕГАСЯЩЕЕ СРЕДСТВО НА ОСНОВЕ ОГНЕГАСЯЩИХ СОЛЕЙ, ИММОБИЛИЗОВАННЫХ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ВЫСОКОПОРИСТОГО МИНЕРАЛЬНОГО НОСИТЕЛЯ

Разработано новое огнегасящее средство, представляющее собой крупные (размером 3-5 мм) частицы минерального носителя с большим объемом пор, на поверхности которых адсорбирована огнегасящая соль. Достаточно крупные размеры частичек обеспечивают удовлетворительную технологичность при изготовлении средства и значительно снижают унос конвективными потоками продуктов горения при использовании. Отсутствие на поверхности этих частичек водорастворимых веществ приводит к гидрофобности этой поверхности и исключает слеживаемость при хранении. Низкая насыпная масса такого средства (менее 0,7 кг/л) удерживает его на поверхности практически любой жидкости, т.е. в зоне горения, и к тому же, в добавок к эффекту ингибирования, обеспечивает до некоторой степени эффект изолирования зоны горения от паров жидкости.

UDC 614.841

S.V. Zhartovsky, Ph.D.

SUBSYSTEM OF FIRE-PREVENTION PROTECTION OF OBJECTS BY THE USE OF WATER FIRE RETARDANT AND FIRE EXTINGUISHING SUBSTANCES

Subsystem of fire-prevention protection of the objects, which consists of passive fire protection of the object, based on the application of water firebioretardant substances, and active fire protection, based on the application of water fire extinguishing substances, is proposed. Its implementation allows to stop the fire at the initial stage of development.

Key words: water firebioretardant substances, water fire extinguishing substances.

УДК 614.841

С.В. Жартовский, к.т.н.

СОЗДАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ С ПРИМИНЕНИЕМ ВОДНЫХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ И ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ

Предложена подсистема противопожарной защиты объекта, состоящая с пассивной противопожарной защиты объекта, базирующаяся на применении водных огнебиозащитных веществ, и активной противопожарной защиты, базирующейся на применении водных огнетушащих веществ. Ее реализация позволяет остановить пожар в начальной стадии развития.

Ключевые слова: водные огнебиозащитные вещества, водные огнетушащие вещества.

UDC 537.2.628.353/354.678.02732:677.494

A. Zuborev, M.Sc., R.Starosto

PERSPECTIVES OF APPLYING NEW FILTER MATERIAL IN TECHNOLOGIES PREVENTION AND LIQUIDATION OF EXTREME SITUATIONS

Work represents the review, which contains enumeration of main types of filtering materials, which can be applied in technologies of the prevention and liquidation of extreme situations, with instructions of their advantages and lacks.

УДК 537.2.628.353/354.678.02732:677.494

А.І.Зуборев, Р.С.Старосто

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ФІЛЬТРУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ПОПЕРЕДЖЕННЯ І ЛІКВІДАЦІЇ НС

Робота являє собою огляд, в якому перераховані основні типи фільтруючих матеріалів, що застосовуються в технологіях попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій, із зазначенням їх переваг та недоліків. Також визначено найбільш перспективний напрямок розвитку фільтруючих матеріалів.

UDC 614.849

M. A. Kasyanov, doctor of engineering sciences, professor

INCREASE OF ADAPTATION LEVEL OF FIREFIGHTERS TO THE STRENGTHENED PHYSICAL ACTIVITIES OF TRAINING PROCESS

In the article are discussed adaptable reactions of firefighter organism to extreme conditions of operative tasks. Are defined the mechanisms of firefighter organism adaptation to the strengthened physical activities in the conditions of raised temperature during trainings.

УДК 614.849

М.А. Касьянов, д.т.н., проф.

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ АДАПТАЦИИ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ К УСИЛЕННЫМ ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ В УСЛОВИЯХ ТРЕНИРОВОЧНОГО ПРОЦЕССА

В статье обсуждаются адаптационные реакции организма к экстремальным условиям выполнения оперативных задач газодымозащитников. Определены механизмы обеспечения необходимого уровня адаптации организма газодымозащитников к усиленным физическим нагрузкам в условиях повышенной температуры во время тренировок.

УДК 614.841.1

V. Kovalyshyn, Doctor of Science (Engineering), Associate Professor

THE INFLUENCE OF FIRE HAZARDS ON HUMAN

Providing of fire safety includes the protection from fire hazards. The quantity of deaths from poisoning by toxic products of combustion or the joint action of toxic products with high temperatures and smoke has increased badly (approximately 70% of the victims). This trend is associated with the widespread use of polymeric materials in residential and industrial buildings, on transport etc. The most dangerous gases caused by fire are acroleine, C_3H_3O , CO , CO_2 , O_2 , N_2 , NO_2 , HCN . Problems of fire hazards study require the complex exploration and it is not enough to use only calculation methods.

Keywords: fire hazards, toxicity, combustion products

УДК 614.841.1

Ковальшин В.В., д.т.н., доц.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА НА ЧЕЛОВЕКА

Обеспечение пожарной опасности включает в себя защиту от опасных факторов пожара. Увеличилась гибель людей отравленных токсическими продуктами горения, а также в следствии совместного действия с высокой температурой и дымом, превышает 70% от общего количества погибших. Эту тенденцию связывают с широким использованием полимерных материалов в быту, производстве и на транспорте и т.д. Самые опасные (в количественном отношении) на пожаре газы акролеин продуктов сгорания C_3H_3O , CO , CO_2 , O_2 , N_2 , NO_2 , HCN . Проблемы исследования действия опасных факторов пожара требуют комплексного изучения и не могут ограничиться расчетными методами.

Ключевые слова: опасные факторы пожара, токсичность, продукты сгорания.

UDC 544.128.12

V.V.Kukueva, Ph.D. assoc.prof., R.V. Romanyuk

FIRE EXTINGUISHING EFFICIENCY OF PROPANE AND ETHANE HALOGENATED COMPOUNDS

Fire extinguishing efficiency halogen derivatives of propane and ethane offered as alternative flame inhibitors replacing halocarbon was evaluated by quantum-chemical calculations using Hartree -Fock method with the basis set 6-31 G * energy degradation of the studied molecules. It is shown that the decomposition of fluorine-containing hydrocarbons form effective traps for the active centers of flame.

Key words: fire, burning, inhibitor of flame, halons, fluorine-containing hydrocarbons, active centers of flame.

УДК 544.128.12

В.В.Кукуева, к.х.н., доц., Р.В.Романюк

ОГНЕТУШАЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГАЛОГЕНПРОИЗВОДНЫХ ПРОПАНА И ЭТАНА

Огнетушащая эффективность галогенпроизводных пропана и этана, которые предлагаются как альтернативные ингибиторы горения на замену хладонов была оценена путем квантово - химических расчетов методом Хартри-Фока с базисным набором 6-31 G *

энергий деструкции исследуемых молекул. Показано, что фторсодержащие углеводороды при разложении образуют эффективные ловушки для активных центров пламени.

Ключевые слова: пожар, горение, ингибитор, тушение, хладоны, фторсодержащие углеводороды, активные центры пламени.

UDK 629.3

A. Luk'yanchenko, Cand. Of Sc., Y. Luk'yanchenko, S. Bychenko, Cand. Of Sc.

CRITERIA OF FORMATION REQUIREMENTS FOR VEHICLES OPERATIONAL AND RESCUE SERVICES.

This paper analyzes the operational purpose vehicles set elements are formed by vehicle requirements, proposed general requirements for emergency vehicles and test the operational efficiency of the vehicle and the adequacy of existing rescue vehicles prevailing requirements.

Purpose - analysis of existing requirements for vehicles operating services generalization functions available cars and comprehensive assessment methods of its design and operating conditions.

The method of investigation - a system analysis of operating and design parameters of vehicles available services.

Performance and design characteristics of vehicles operational services directly affect the performance of a service. Analysis of existing research in the chosen field showed that the improvements in rescue performance cars mainly aimed at developing a more progressive elements of specialized add-in that is designed to perform specialized functions directly. This is a basic unattended vehicle chassis rescue efficiency and complex rescue vehicle.

A new approach to evaluating the performance of operating the vehicle as an integrated system and defines the requirements, compliance with which will ensure the highest operational efficiency of the vehicle.

The results of the article can be used as a basis for further research in the area of rescue performance cars.

Estimated assumptions about the object of study - the formation of complex performance criteria operational vehicles forming requirements for individual functional elements and the car as a whole, taking into account the purpose and adaptability to the available cars.

Key words: rescue car, efficiency, effectiveness criterion, design methods.

УДК 629.3

А.Ю. Лукьянченко, к.т.н., доц., Ю.А. Лукьянченко, С.Н. Быченко, к.и.н.

КРИТЕРИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К АВТОМОБИЛЯМ ОПЕРАТИВНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ СЛУЖБ.

В статье проведен анализ назначения оперативно-спасательных транспортных средств, определены элементы согласно которым формируются требования к транспортным средствам, предложены общие требования к оперативно-спасательным транспортным средствам и критерий эффективности оперативно-спасательного автомобиля, а также соответствие существующих оперативно-спасательных автомобилей сформированным требованиям.

Цель работы - анализ существующих требований к автомобилям оперативных служб, обобщения функций оперативно-спасательных автомобилей и комплексная оценка методов его проектирования и условий эксплуатации.

Метод исследования - системный анализ эксплуатационных и конструктивных параметров автомобилей оперативно-спасательных служб.

Эксплуатационные и конструктивные характеристики автомобилей оперативно-спасательных служб непосредственно влияют на эффективность работы той или иной службы. Анализ существующих исследований в выбранной сфере показал, что процесс совершенствования эксплуатационных характеристик оперативно-спасательных

автомобилей в основном направлен на разработку более прогрессивных элементов надстройки, которая предназначена для выполнения непосредственно специализированных функций. При этом без внимания остается базовое шасси оперативно-спасательного автомобиля и комплексная эффективность оперативно-спасательного автомобиля.

Предложен новый подход к оценке эксплуатационных характеристик оперативно-спасательного автомобиля как целостной системы и определены требования, соответствие которым обеспечит наивысшую эффективность оперативно-спасательного автомобиля.

Результаты статьи могут быть использованы в качестве базы для дальнейших исследований в области повышения эффективности оперативно-спасательных автомобилей.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования - формирование комплексных критериев эффективности оперативно-спасательных автомобилей, формирование требований к отдельным функциональным элементам и к автомобилю в целом с учетом целевого назначения и адаптивности оперативно-спасательных автомобилей.

Ключевые слова: оперативно-спасательный автомобиль, эффективность, критерий оценки эффективности, методы проектирования.

UDC. 614. 446

T. Maglevanaya

APPLICATION OF DISINFECTIVE DRUGS OF GUANIDINE-TYPE IN THE EMERGENCIES SITUATI

It is shown the use perspectiveness of guanidine-type reagent as sanitary and hygiene facilities of prevention and in time reaction to secure from emergencies or their mitigation.

Key words: disinfection, water, polyhexamethelenguanidine hydrochloride, polyhexamethelenguanidine phosphate, emergency.

УДК 614.446

Т.В. Маглеваная

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ ГУАНИДИНОВОГО РЯДА В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Показано перспективность использования реагентов гуанидинового ряда как санитарно-гигиенических средств профилактики и своевременного реагирования с целью предотвращения чрезвычайных ситуаций или смягчения их последствий.

Ключевые слова: дезинфекция, вода, полигексаметиленгуанидин гидрохлорид, полигексаметиленгуанидин фосфат, чрезвычайная ситуация.

UDK 624.012

V.M. Nuyanzin, Cand. Of Sc. (Eng)

DEVELOPMENT RESEARCH METHODOLOGY IMPACT OF CLIMATE FIRE ON CONCRETE COLUMNS

Proved method which allows to determine the relationship between the duration of the impact of climate factors on reducing fire resistance of reinforced concrete columns. Using the developed method specified fire resistance of reinforced concrete columns section (0,3 × 0,3) m and length 3.5 m, made of heavy concrete and granite aggregate B30 after 5, 10, 15 and 20 years of exposure climatic factors. The dependence of fire resistance of reinforced concrete columns on the duration of the influence of climatic factors.

УДК 624.012

В.М.Нуянзин, к.т.н.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН

Обоснована методика, позволяющая определять зависимость между продолжительностью воздействия климатических факторов на снижение предела огнестойкости железобетонных колонн. С использованием разработанной методики определены границы огнестойкости железобетонных колонн сечением (0,3 × 0,3) м и длиной 3,5 м, изготовленных из тяжелого бетона В30 и гранитного заполнителя после 5, 10, 15 и 20 лет воздействия климатических факторов. Представлены зависимости огнестойкости железобетонных колонн от продолжительности воздействия климатических факторов.

UDC 614.8

S.N. Odokienko, Cand. Of Sc. (Eng), L.A. Tarandushka, Cand. Of Sc. (Eng), I.A. Zhyriakova, Cand. Of Sc. (Eng)

ANALYSIS OF EMERGENCY SITUATIONS OF TECHNOGENIC AND NATURAL DISASTERS IN UKRAINE

Was researched and analyzed the statistical information about emergency situations of natural and technogenic disasters in Ukraine over the past 10 years in order to identify patterns of their origin and development trends.

УДК 614.8

С.Н. Одокиенко, к.т.н., Л.А. Тарандушка, к.т.н., И.А. Жирякова, к.т.н.

АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО И ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА В УКРАИНЕ

Проведено исследование и анализ статистической информации о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера в Украине за последние 10 лет с целью выявления закономерностей их возникновения и тенденций развития.

UDC 629.113.004

M.V. Pidhorny, Cand. Of Sc. (Eng)

METHODOLOGICAL ASPECTS OF TECHNICAL POTENTIAL FIRE-RESCUE CAR.

Described methodology for System Studies efficiency of technological potential fire and rescue vehicles. Fire-rescue vehicle presented as a technical tool that has many features, which include: the properties of the structure, operation, development and adaptation (adaptation to the conditions of use).

УДК 629.113.004

Н.В. Подгорний, к.т.н.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Изложенная методология системных исследований эффективности использования производственно-технического потенциала пожарно-спасательных автомобилей (ПСА).

Пожарно-спасательный автомобиль представлен как техническое средство, имеющее множество свойств, которые включают: свойства строения, функционирования, развития и адаптации (приспособленности к условиям эксплуатации).

Совершенствование противопожарной техники и создания ее новых образцов, в частности, пожарно-спасательных автомобилей является залогом успешных и эффективных действий подразделений Оперативно-спасательной службы гражданской защиты ДСНС Украины во время тушения пожаров и спасения людей.

UDC 624.012

S.V. Pozdeyev, V.K. Slovinsky, S.D. Chipec, A.M. Omelchenko

DETERMINATION OF THE TEMPERATURE FIELDS IN THE SECTION OF REINFORCED CONCRETE COLUMN AT ITS TEST ON A FIRE-RESISTANCE

In the article the substantive provisions of the developed methods of interpolation of the temperature fields in the sections of reinforced concrete columns on results measuring of temperature in their internal layers during the standard tests during realization of experimental-calculation method of estimation of fire-resistance are resulted.

УДК 624.012

С.В. Поздеев, д.т.н., доц., В.К. Словинский, С.Д. Щипец, А.Н. Омельченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В СЕЧЕНИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОЛОННЫ ПРИ ЕЕ ИСПЫТАНИИ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ

В статье приведены основные положения разработанных методов интерполяции температурных полей в сечениях железобетонных колонн по результатам измерений температуры в их внутренних слоях во время стандартных испытаний при реализации экспериментально-расчетного метода оценки огнестойкости.

UDC 629.331.1

O.A. Tryhub, Cand. Of Sc., A.Y. Lukianchenko, Cand. Of Sc., S. Bychenko, Cand. Of Sc.

INTRODUCTION OF VARIABLE COMPRESSION RATIO TECHNOLOGY IN RESCUE VEHICLE ENGINES

The research was devoted for using of ethyl ether of rapeseed oil as an additive to the regular fuel of diesel engine. The fuel characteristics of the set motion of the fire-rescue vehicles, equipped with the diesel, have been got. It was suggested to improve the economic and ecological indicators of diesel engines, using the regular fuel with ethyl ethers of rapeseed oil additive, by optimization of the static fuel supply advance angle and compression ratio.

Research was devoted to the use of rescue vehicle engines with variable compression ratio technology. This technology allows increasing the adaptability of rescue vehicle engines response to the environment of their intended use because through the operation rescue vehicle engine is running in all possible modes: transport mode at maximum loads, stationary load mode and transport mode with rather variable loads.

Bench studies have shown that variable compression technology allows the engine to operate highly accelerated extremely effective in all modes, which associated with an increase in effective power, torque increase, reduction in specific fuel consumption.

Our results can be used as a base for further research in the improvement of rescue vehicles.

УДК 629.331.1

O.A. Тригуб, к.т.н, доц., А.Ю. Лукьянченко, к.т.н, доц., Быченко С.Н., к.и.н.

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕМЕННОЙ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ В ДВИГАТЕЛЯХ АВТОМОБИЛЕЙ БЫСТРОГО РЕАГИРОВАНИЯ

Исследования посвящены использованию на оперативно-спасательных транспортных средствах двигателей с технологией переменной степени сжатия. Указанная технология позволяет повысить адаптивность двигателей автомобилей быстрого реагирования к среде их целевого использования, поскольку во время функционирования указанного транспортного средства его двигатель работает во всех возможных режимах: транспортный режим при максимальных нагрузках, стационарный нагрузочный режим, транспортный режим с малопеременными нагрузками.

Стендовые исследования показали, что технология переменной степени сжатия позволит высокофорсированному двигателю работать предельно эффективно при любых

режимах, что связано с ростом эффективной мощности, увеличением крутящего момента, уменьшением удельного расхода топлива.

Результаты статьи могут быть использованы в качестве базы для дальнейших исследований в области повышения эффективности оперативно-спасательных автомобилей.

UDK 614.84

S.V. Tsvirkun

**SAFE EVACUATION IN CASE OF FIRE IN THE HOTEL ROOM HEIGHT
OF MORE THAN 26,5 M.**

Presented calculations critical hazards fire at the hotel (higher than 26.5 m).

УДК 614.84

С.В. Цвіркун

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖЕЖІ В
ПРИМІЩЕННІ ГОТЕЛЮ ВИСОТОЮ ПОНАД 26,5 М.**

Представлено розрахунки критичного значення небезпечних факторів пожежі в приміщенні готелю (висотою понад 26,5 м).

UDC 629.33

I.A. Shlionchak, Cand. Of Sc.

**ABOUT THE FUEL CHARACTERISTICS OF THE SET MOTION
OF THE FIRE-RESCUE VEHICLES**

The research was devoted for using of ethyl ether of rapeseed oil as an additive to the regular fuel of diesel engine. The fuel characteristics of the set motion of the fire-rescue vehicles, equipped with the diesel, have been got. It was suggested to improve the economic and ecological indicators of diesel engines, using the regular fuel with ethyl ethers of rapeseed oil additive, by optimization of the static fuel supply advance angle and compression ratio.

УДК 629.33

И.А. Шленчак, к. т. н.

**К ВОПРОСУ ТОПЛИВНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВИВШЕГОСЯ
ДВИЖЕНИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Исследования посвящены использованию этиловых эфиров рапсового масла, как добавки к дизельному топливу дизеля. Были получены топливные характеристики установившегося движения пожарно-спасательных средств, оснащенных дизелями. На основе проведенного анализа использования альтернативных топлив в дизелях пожарно-спасательных транспортных средств было предложено улучшить топливную экономичность дизелей, при работе на дизельном топливе с добавкой этилового эфира рапсового масла, путем оптимизации значений установочного угла впрыскивания топлива и степени сжатия.

АВТОРИ (алфавітний покажчик)

Стор.

Абрамов Ю.А.....	4
Астахов П.В.	26
Бабич О.С.	8
Басараб С.Н.	4
Березовський А.І.	13
Биченко А.О.....	19
Биченко С.М.	100,138
Бобович О.Л.....	26
Бобришева С.Н.	37,43
Борисова А.С.	4
Буякевич А.Л.	43
Виноградов А.Г.	49
Войтович Д.П.....	57
Годяев С.Г.	8
Горбаченко Я.В.	63
Єлагін Г.І.	68
Жартовський С.В.....	73
Жирякова І.А.	115
Журов М.М.	32
Зуборев А.І.....	80
Касьянов М.А.	87
Кашлач Л.О.	37
Кладько Д.А.....	68
Ковалишин В.В.....	90
Кришталь М.А.	68
Кукуєва В.В.	95
Лук'янченко О.Ю.....	100,138
Лук'янченко Ю.О.....	100
Магльована Т.В.	104
Малигін Г.О.	49
Некора О.В.....	63
Нуянзін В.М.....	110
Одокієнко С.М.....	115
Омельченко А.М.	130
Палагін Р.А.	68
Подобєд Д.Л.....	37
Поздєев С.В.....	63,130
Підгорний М.В.	124
Романюк Р.В.	95
Словінський В.К.....	130
Старосто Р.С.	80
Тарандушка Л.А.	115
Тищенко Є.А.....	4
Тригуб О.А.....	138
Улексін В.О.....	8
Цвіркун С.В.	142
Шльончак І.А.....	147
Щіпець С.Д.	130

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_o , кг/м ³	φ_0	λ_0 , Вт/(м·К)	μ_n	K	Θ , кДж/кг	T _{нп} , °С	T _{кп} , °С	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
Ендотерм 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.

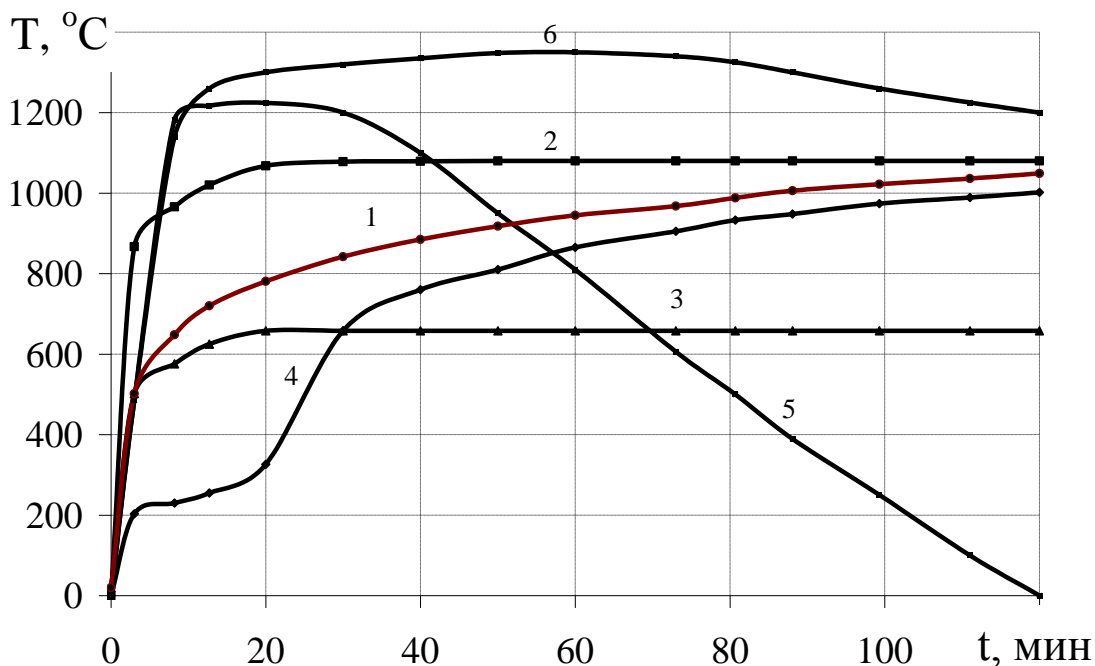


Рисунок 1 - Залежність зміни температури від тривалості вогневого впливу при різних темпах нагріву, де:

- 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 "Украгпромпродуктивність", 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. Рогач, 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 XIX – початку XX 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 : (нариси 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 показчик 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 показчик 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>