Державна служба України з надзвичайних ситуацій

Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

№17'2014

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, 2014. – №17. – 144 с.

ISSN 2307-9835

Редакційна колегія:

д.т.н., професор *Жартовський 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., професор *Тищенко О.М.* – заступник наукового редактора
к.т.н., с.н.с. *Ковальов А.І.* – відповідальний секретар
д.ф.-м.н., професор *Акіньшин 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.т.н., професор *Костенко В.К.*
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 *Потєха 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.т.н., доцент *Заїка П.І.*
к.т.н., доцент *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 № 7 від 22.04.2014 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

Горбаченко Я.В., Тищенко О.М. Дослідження дерев'яних балок з вогнезахистом при впливі пожежі 4
Березовський А.І. Оптимізація компонентного складу вогнезахисного вібростійкого покриття металевих конструкцій 12
Гвоздь В.М., Лагно Д.В., Черниш І.А. Напрямки вдосконалення оперативно-диспетчерських систем радіозв'язку пожежно-рятувальних підрозділів 20
Гвоздь В.М., Тищенко Е.А., Баракин А.Г., Марченко А.П. Разработка алгоритмов и структурных схем быстродействующих бесконтактных схем защиты электроустановок 27
Григорьян Н.Б., Полищук В.Д., Круковский П.Г., Новак С.В. Оценка огнезащитной способности вспучивающегося огнезащитного покрытия «ФЕНИКС СТС» 34
Ковалишин В.В., Ковальчик В.М., Гончаренко С.І. Обгрунтування та розрахунок параметрів гасіння пожеж інертними газами з наступною їх рециркуляцією в кабельних тунелях 39
Ковалишин В.В. Випробування сигналізатора небезпечного рівня густини теплового потоку для захисного одягу пожежників (СТП-02) 45
Ковальов А.І., Качкар Є.В., Зобенко Н.В., Долішній Ю.В. Експериментальне дослідження вогнезахисної здатності покриття «AMOTHERM STEEL WB» при температурному режимові вуглеводневої пожежі 53
Кулініч О.І. , Землянський Олег М., Землянський Ол-др М. Удосконалення схеми самозапуску асинхронного двигуна при короткочасному зникненні напруги мережі ... 61
Магльована Т.В. Фізико-хімічні властивості вогнегасних речовин на основі полігексаметиленгуанідину 67
Мирошник О.М., Землянський О.М. Аналіз способів і засобів знеструмлення житлових будівель 73
Паснак І.В. Оптимізація маршруту слідування пожежного автомобіля до місця виклику з урахуванням особливостей вулично-дорожньої мережі 78
Поздєєв С.В. Дослідження поведінки залізобетонної стіни в умовах пожежі за допомогою методу кінцевих елементів 85
Халиков В.Д., Кокорин В.В., Контобойцев Е.А. Влияние площади пролива жидкости на интенсивность теплового излучения 93
Щіпець С.Д., Некора О.В., Кропива М.О., Омельченко А.М. Ідентифікація коефіцієнтів роботи бетону залізобетонної стіни за результатами її випробувань на вогнестійкість 99
Федоренко Д.С., Федоренко С.С., Марченко А.П., Тищенко Є.О. Системна модель ефективності підготовки газодимозахисників 106
Магльована Т.В. Токсикологічна оцінка та сорбційне концентрування сполук арсену на силікагелі, модифікованому полігексаметиленгуанідином 112
Биченко А.О. Моделювання впливу зовнішніх факторів на роботу систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій 117
Анотації / abstracts 124
Автори (алфавітний покажчик) 132
Вимоги до оформлення статей 133

УДК 614.841.41: 691.11

Я.В. Горбаченко, О.М. Тищенко, к.т.н., доц.,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК З ВОГНЕЗАХИСТОМ ПРИ ВПЛИВІ ПОЖЕЖІ

Стаття присвячена поведінці дерев'яних балок з вогнезахистом в умовах пожежі. Представленні результати вогневих випробувань фрагментів дерев'яних балок з вогнезахистом за умов стандартного температурного режиму пожежі.

Ключові слова: вогнезахист, вогнестійкість, вогневі випробування.

Постановка проблеми. Сучасне будівництво не можливе без використання дерев'яних будівельних конструкцій, оскільки вони мають значні переваги, а саме: екологічність, довговічність, міцність, економічність. Найбільш поширеними дерев'яними будівельними конструкціями є крокви, балки, перекриття. Одним з найбільш перспективних шляхів раціонального використання дерев'яних балок є спрямоване поліпшення їх властивостей.

Дерев'яні балки повинні відповідати не тільки вимогам міцності, жорсткості, але й вимогам пожежної безпеки. Під дією високих температур пожежі знижується міцність дерев'яних конструкцій, інколи відбувається їх повна руйнація, тому забезпечення межі вогнестійкості дерев'яних балок являється актуальною задачею.

В роботах [1, 2] проводилися дослідження щодо вдосконалення властивостей вогнезахисних речовин для дерев'яних конструкцій, що розглядає цю задачу частково, оскільки не враховує питання оцінювання вогнестійкості таких конструкцій.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. В сучасній будівельній індустрії найчастіше використовують просочувальні речовини, які забезпечують максимальний термін експлуатаційної придатності і при цьому економічно вигідні.

Достатньо уваги приділено питанням поверхневої обробки, що можливо досягнути, використовуючи вогнезахисні речовини, фарби, облицювання. Всі перераховані заходи в тій чи іншій мірі забезпечують потрібну межу вогнестійкості конструкцій, та при цьому в роботах [3 – 5] не розглянуті наступні питання: додаткове навантаження на конструкцію, великі працезатрати при обробці, відлущення шару покриття під час вогневого впливу, а також погіршення фізико-хімічних властивостей деревини і вплив вогнезахисної обробки на вогнестійкість таких конструкцій. Актуальність нашого дослідження полягає у вивченні поведінки дерев'яної балки з вогне-біозахистом під час пожежі, а також вплив глибокого просочування дерев'яної балки на межу вогнестійкості та глибину обвуглення.

Дослідження [6, 7] показують, що в умовах пожежі порушення загальної стійкості конструкції зазвичай відбувається внаслідок руйнування найбільш навантажених елементів (колон, балок), оскільки вони є основними несучими елементами в каркасі будівлі. При руйнуванні балок втрати досягають високого рівня, так як при втраті їх несучої здатності відбувається руйнування технологічного обладнання і руйнування приміщення. Тому збереження несучої здатності балок при пожежі впродовж заданого часу є актуальною задачею. З огляду на вище викладене в статті була сформована мета і поставлені задачі.

Постановка задачі та її вирішення. Метою даної статті є дослідження поведінки дерев'яних балок із різним вогнезахисним просочуванням під дією пожежі при їх випробуваннях за стандартним температурним режимом. Для досягнення цієї цілі нами було поставленні такі задачі:

- провести аналіз найбільш використовуваних просочувальних речовин в Україні;
- підготувати випробувальні зразки і провести експериментальні дослідження вогнестійкості дерев'яних балок з просочуванням при стандартному температурному режимі;

- опрацювати результати експерименту з визначенням коефіцієнта обвуглення.

Виклад основного матеріалу з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Згідно із даними робіт [8, 9] виявили, що найбільш використовуваними в Україні вогне-біозахисними речовинами для захисту деревини є ББ-32, БС-13, ДСА-1, ДСА-2, Неомід 450-1, Сенеж. Проаналізувавши, було використано речовини, які своїми технічними характеристиками забезпечують найбільшу вогнезахисну здатність просочувальної речовини і економічно вигідні для забудовників, про що можна зробити висновок з табл. 1. та рис. 1.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця вогнезахисних речовин

Назва речовини	„Неомид 450-1"	Страж-2 (БС-13)	Сенеж
Експлуатаційний час в роках	не менше 3-х років	до 10 років	до 5 років
Приблизна вартість в грн./5літрів	250	45	105
Виробник	Росія, м. Санкт-Петербург	Україна, м. Київ	Росія, м. Москва
Група вогнезахисної ефективності	II група	I група	II група
Індекс поширення полум'я поверхнею	L=21 (швидко поширює)	L=0 (не поширює)	L=21 (швидко поширює)
Спосіб нанесення	Гарячо-холодні ванни, автоклав	Гарячо-холодні ванни, автоклав	Гарячо-холодні ванни, автоклав
Значення втрат при поглинанні речовини	598,5 кг/м^2	957,3 кг/м^2	0,615 кг/м^2

Рисунок – 1. Загальний вигляд зразка з просочувальною речовиною: а) вогне-біозахисна речовина «Неомід 450-1»; б) вогне-біозахисна речовина «Страж-2(БС-13)»; в) вогне-біозахисна речовина «Сенеж».

Оскільки значення межі вогнестійкості дерев'яних балок з просоченням визначають шляхом випробувань за стандартними методами випробувань на вогнестійкість, а показник межі вогнестійкості визначається настанням граничного стану за втратою несучої здатності і згідно [10] він рівний 60 хвилин, були проведені вогневі випробування фрагментів дерев'яних балок за стандартним температурним режимом пожежі.

Для проведення випробувань було використано нагрівальну установку, що представляє собою камеру зі сталевого корпусу з розмірами 500×500×500 мм. З тильної сторони камера має отвір діаметром 60 мм для встановлення сопла пальника. З середини для мінімізації втрати теплоти камера захищена шаром негорючої ізоляції «Conlit 150» фірми «Rockwool» товщиною 100 мм, яка дозволяє захищати металеві конструкції від дії високих температур до 3-х годин. рис. 2.

Рисунок 2 – Камера для проведення вогневих випробувань.

Також було використано 4 хромель-алюмелеві термопари ТХА-VIII (рис.3): три з яких встановлені в зразку, а одна в установці для визначення стандартного температурного режиму у комплекті із Digital multimeter DT 700C і Digital multimeter DT 838C.

Рисунок 3 – Термопара ТХА 1-27-К-2-И-320-INC-6-А-(0...1100)°С.

Експериментальні зразки були виготовлені з соснових брусків розміром 200×65×400 мм і фанерою розмірами 400×16×400 мм див. рис.4.

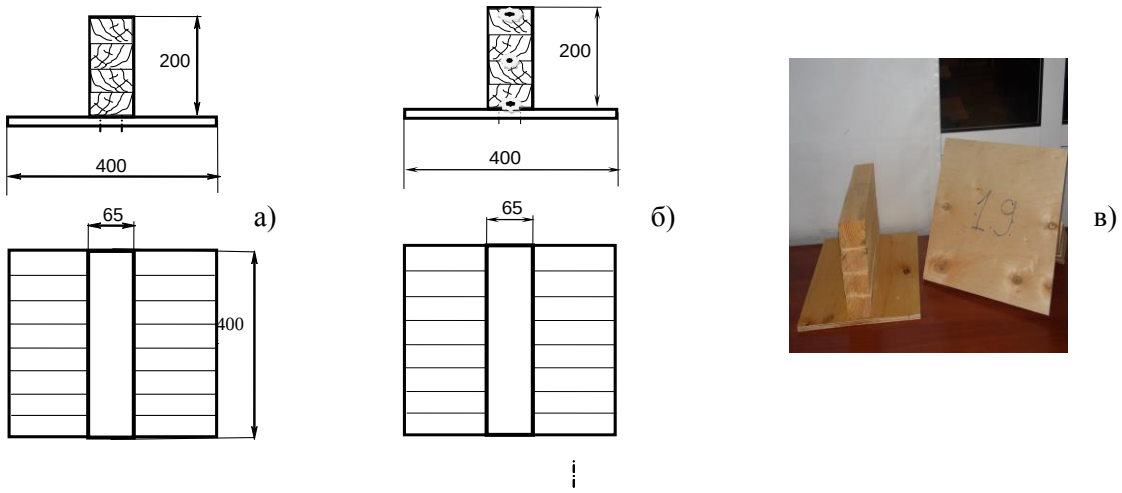


Рисунок 4 – Вигляд експериментального зразка: а) загальна схема зразка; б) схема зразка з розміщенням термопар; в) фото даного експериментального зразка.

Загальний вигляд установки для проведення вогневих випробувань фрагментів дерев'яних балок з вогнезахисним просоченням за стандартним температурним режимом із вказанням розміщення зразка з термопарами наведено на рис. 5.

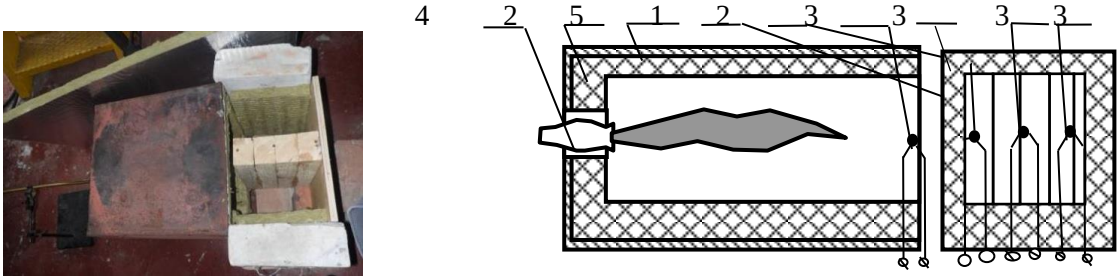


Рисунок 5 – Схема установки: 1 – дерев'яний зразок; 2 – теплоізоляційний матеріал; 3 – термопари та місця їх розміщення; 4 – пальник; 5 – сталевий корпус.

Положення термопар дозволяє знімати показання температури з поверхневих внутрішніх шарів зразка. Зразок встановлюється до вихідного отвору експериментальної установки (див. рис. 5). При нагріванні зразків в камері експериментальної установки використовувався режим, що відповідає режиму «стандартної» пожежі. Режим нагрівання простору камери визначався за допомогою термопари, установленої в камері. Показання термопар відповідно до [4] знімалися із градуйованого комбінованого вимірювального

приладу через кожну 1 хвилину. Реєстрація температури в зразках продовжувалася протягом 15, 30, 60 хвилин, після чого реєстрація зупинялася і проводився огляд та опис зразка.

Вогневі випробування проводилися в послідовності з програмою експериментальних досліджень, що наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Нометклатура зразків для випробувань

№ п/п	Номер зразка	Вид просочуваної речовини	Час випробувань в хвилинах
1	1.1.-1.3.	Біовогнезахист «Неомид 450-1»	15
2	2.1.-2.3.	Вогне-біозахист «Сенеж»	15
3	3.1.-3.3.	Вогне-біозахист «Страж-2 (БС-13)»	15
4	4.1- 4.3.	Без вогнезахисту	15
5	1.4.-16.	Біовогнезахист «Неомид 450-1»	30
6	2.4.-2.6.	Вогне-біозахист «Сенеж»	30
7	3.4.-3.6.	Вогне-біозахист «Страж-2 (БС-13)»	30
8	4.4.- 4.6.	Без вогнезахисту	30
9	1.7.-1.9.	Біовогнезахист «Неомид 450-1»	60
10	2.7.-2.9.	Вогне-біозахист «Сенеж»	60
11	3.7.-3.9.	Вогне-біозахист «Страж-2 (БС-13)»	60
12	4.7.-4.9.	Без вогнезахисту	60

Результати вогневих випробувань з визначення ступеня обвуглення представленні на рисунках 6, 7, 8 у відповідних координатних площинах, для відповідних часових проміжків в 15, 30, 60 хвилин.

Під час проведення комплексу 15 хвилинних вогневих випробувань, спостерігалася така поведінка зразків:

- зразки просочені вогнезахисним розчином «Неомід 450-1» в період від 5 до 15 хвилин, виділяли велику кількість їдкого диму, в деяких випадках відбувалося самозаймання. Хоча в порівнянні з необробленими зразками, в цих зразках не відбувалося швидкого зростання температур;
- зразки просочені вогнезахисними розчинами «Страж-2 (БС-13)» та «Сенеж» в 15 хвилинному часовому інтервалі не виділяли диму, наростання температури відбувалося поступово і помірно, випадків самозаймання не спостерігалося, що в свою чергу може охарактеризувати ці речовини, як ефективні.

Комплекс 30-хвилинних вогневих випробувань дав більш чітке уявлення поведінки фрагментів дерев'яних балок під час пожежі, що видно на графіках рис. 7, а саме:

- дерев'яні зразки без просочування поводили себе аналогічно до експериментальних досліджень в 15 хвилинному часовому інтервалі. Зміна температури відбувалася з однаково швидким наростанням;
- зразки, просочені вогнезахисною речовиною «Неомід 450-1», на 5 хвилині випробувань мали температурний стрибок і за ним швидке наростання температури, що в свою чергу призвело до самозаймання на 17 хвилині випробувань, що видно з рис. 7. б. Протягом всього часу експерименту виділявся густий, їдкий дим. Така поведінка експериментальних зразків наштовхує на думку про низьку вогнезахисну ефективність даної речовини;
- зразки, просоченні вогнезахисною речовиною «Сенеж», під час експерименту не зазнавали значних вогневих впливів, хоча на 8 хвилині спостерігався температурних стрибок, див. рис. 7. в, при цьому не відбувалося самозаймання, і виділявся не густий, без запаху дим;
- найбільш вогнетривкими виявилися зразки, просочені вогнезахисною речовиною «Страж-2 (БС-13)». Вони не виділяли диму, наростання температури було повільне і не досягло двохсотградусної позначки, в порівнянні з температурою зразків, просочених вогнезахисною речовиною «Неомід 450-1», яка перевищила її вдвічі.

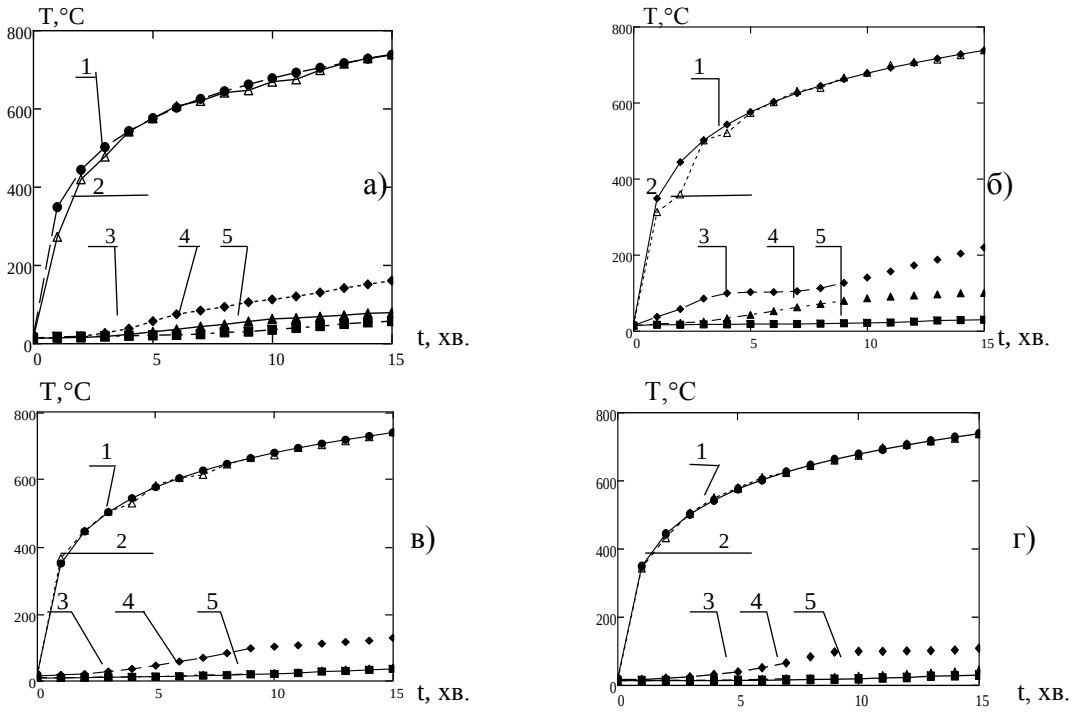


Рисунок 6 – Графіки 15-хвилинних вогневих випробувань: 1 – стандартна температурна крива; 2 – середнє значення термопари для визначення режиму температури в установці; 3 – середнє значення першої термопари; 4 – середнє значення другої термопари; 5 – середнє значення третьої термопари; а) зразки без просочування; б) зразки, просочені біовогнезахистом «Неомід 450-1»; в) зразки, просочені вогне-біозахисом «Сенеж»; г) зразки, просочені вогне-біозахистом «Страж-2 (БС-13)».

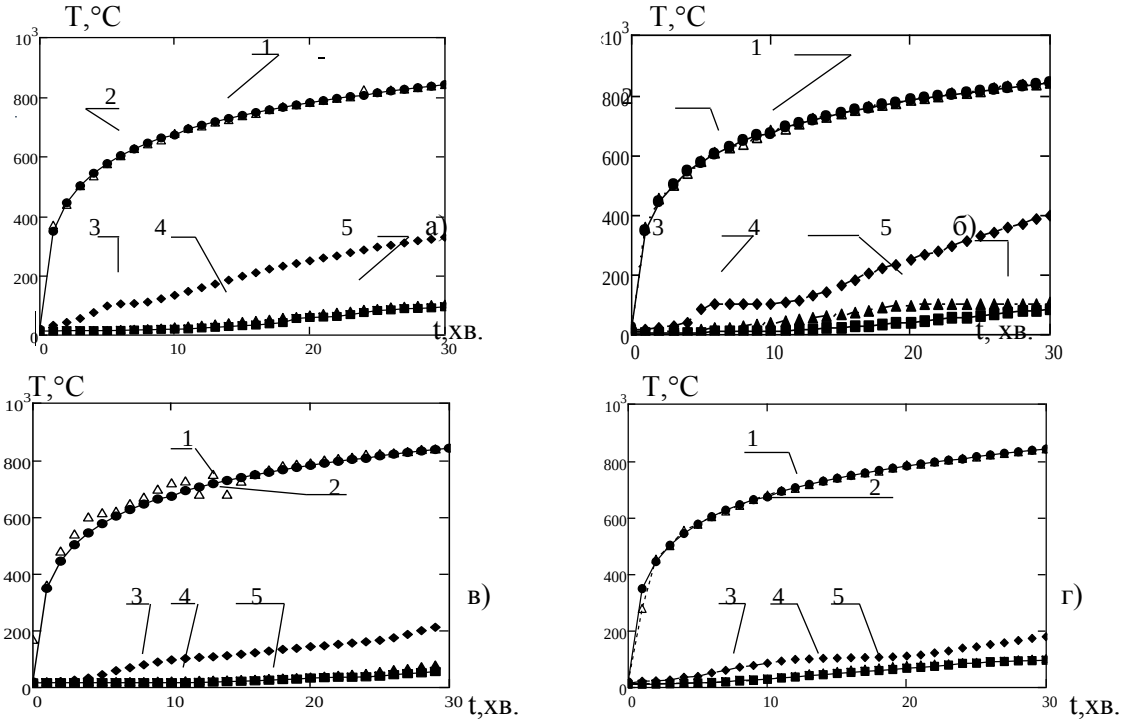


Рисунок 7 – Графіки 30 хвилинних вогневих випробувань: 1 – стандартна температурна крива; 2 – середнє значення термопари для визначення режиму температури в установці; 3 – середнє значення першої термопари; 4 – середнє значення другої термопар; 5 – середнє значення третьої термопари; а) зразки без просочування; б) зразки просочені біовогнезахистом «Неомід 450-1»; в) зразки просочені вогне-біозахисом «Сенеж»; г) зразки просочені вогне-біозахистом «Страж-2 (БС-13)».

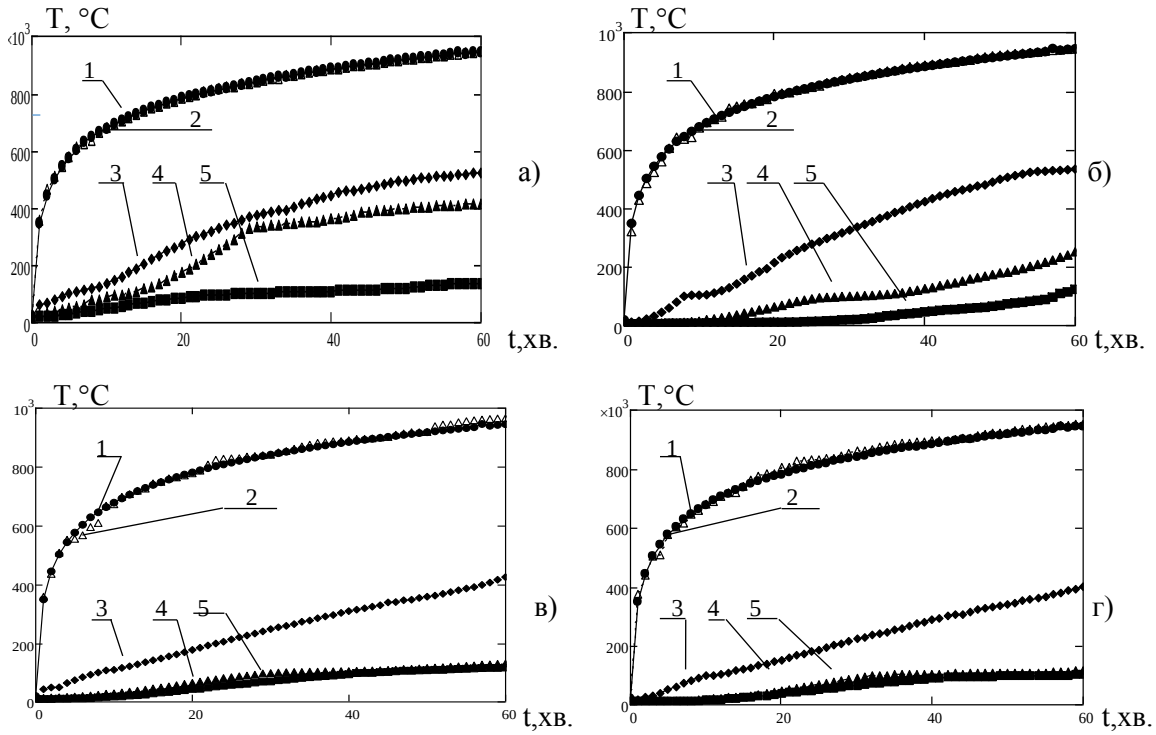


Рисунок 8 – Графіки 60 хвилинних вогневих випробувань: 1 – стандартна температурна крива; 2 – середнє значення термопари для визначення режиму температури в установці; 3 – середнє значення першої термопари; 4 – середнє значення другої термопари; 5 – середнє значення третьої термопари; а) зразки без просочування; б) зразки просочені біовогнезахистом «Неомід 450-1»; в) зразки просочені вогне-біозахисом «Сенеж»; Г) ЗРАЗКИ ПРОСОЧЕНІ ВОГНЕ-БІОЗАХИСТОМ «СТРАЖ-2 (БС-13)».

В блоці 60-хвилинних випробувань спостерігалися наступні явища:

- зразки без просочування і зразки з вогнезахисною речовиною «Неомід 450-1» поводили себе практично однаково, про що свідчать графіки рис. 8. а, б. Тому можемо зробити висновки про низьку вогнезахисну і вогнестійку здатність даної речовини;
- зразки просочені вогнезахисною речовиною «Страж-2 (БС-13)», характеризуються високою вогнезахисною і вогнестійкою властивістю.

В табл. 3. та рис.9. представлено глибину обвуглення фрагментів зразків після проведених вогневих випробувань, що підтверджує гіпотезу залежності глибини просочення дерев'яних балок, вогнезахисних і вогнестійких властивостей просочувальної речовини і часовий проміжок вогневого впливу на зразки.

Таблиця 3 – Значення товщини шару обвуглення

	Час випро-бувань, хв	Bs_0, мм	Bs_1,мм	Bs_2, мм	Bs_3, мм	Bv_0, мм	Bv_1, мм	Bv_2, мм	Bv_3, мм	B, мм	L, мм	L_1, мм	L_0, мм
Без просочен-ня	15	55	56	57	57	45	45	46	49	65	200	187	13
	30	57	58	58	59	52	54	55	57	65	200	179	21
	60	30	47	54	57	19	45	46	56	65	200	163	37
Неомід 450-1	15	58	59	60	62	50	55	57	58	65	200	199	1
	30	59	59	59	60	49	50	59	59	65	200	189	11
	60	43	51	53	55	34	44	46	47	65	200	173	27
Сенеж	15	58	59	59	62	55	57	58	58	65	200	193	7
	30	58	59	59	60	54	54	57	58	65	200	184	16
	60	52	55	59	61	27	44	46	48	65	200	182	18
Страж-2 (БС-131)	15	57	58	58	60	55	57	57	60	65	200	197	3
	30	56	61	62	64	54	56	57	59	65	200	194	6
	60	56	60	62	64	55	58	59	62	65	200	190	10

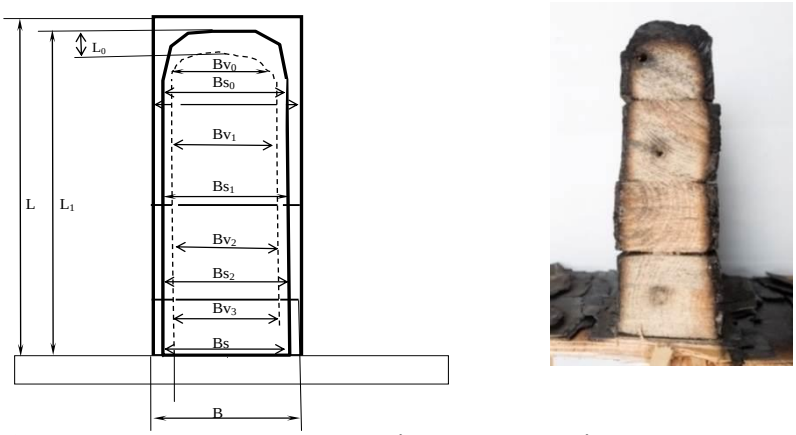


Рисунок 9 – Схематичне зображення вимірювальних ділянок на зразку: L – довжина зразка до початку випробування; L_0 – довжина обвугленої частини зразка; L_1 – довжина зразка після проведення вогневого випробування; Bs_0, Bs_1, Bs_2, Bs_3 – ширина на кожному фрагменті клеєного бруска після проведення вогневого випробування; Bv_0, Bv_1, Bv_2, Bv_3 – ширина на кожному фрагменті клеєного бруска до внутрішнього краю обвуглення зразка після проведення вогневого випробування; B – ширина зразка до проведення вогневого випробування.

Рисунок 10 – Фото зразків після проведення вогневих випробувань, а) обвугленість зразка після 15 хвилинних вогневих випробувань; б) обвугленість зразка після 30 хвилинного вогневого випробування; в) обвугленість зразка після 60 хвилинного вогневого випробування.

Висновки. В даній статті було проведено аналіз вогнезахисних просочувальних речовин і для подальшого експериментального дослідження було обрано три речовини які найбільш використовуються в межах нашої країни. Також наведена методика проведення вогневого випробування дерев'яних балок з вогнезахистом при стандартному

температурному режимі, та опубліковано результати цього експерименту. Дослідження обвуглення фрагментів дерев'яних балок з вогнезахисним просоченням і без нього показали, що в часовому інтервалі від 15 до 45 хвилин, як правило, відбувається стрибок температури і в результаті, швидке підвищення температури, а в деяких випадках і самозаймання зразків. Це змінює структуру деревини, що в свою чергу корелює із зміною міцнісних властивостей дерев'яних балок.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вогнегасні речовини: посібник/ [А. В. Антонов, О. В. Борисов, В. П. Орел та ін.] – К.: Пожінформтехніка. 2004. – 176 с.
2. Обґрунтування застосування деяких водних вогнегасних речовин для системи пожежогасіння під купольних дерев'яних конструкцій культових споруд: науковий вісник/ [В. В. Ніжник, С. В. Жартовський, О. М. Тищенко та ін.] - К.: УкрНДІПБ. – 2010. – №2 (22). – С. 1–4.
3. Кривцов, Ю. В. Сравнительная оценка методов испытания огнезащитных составов для древесины / К). В. Кривцов [и др.] // Пожарная безопасность. – 2008. – №2. – С. 87-91.
4. Таубкин, С. И. Основы огнезащиты целлюлозных материалов / С. И. Таубкин. - Москва : МКХ РСФСР, 1960.
5. Таубкин, С. И, Пожар и взрыв, особенности их экспертизы / С. И. Таубкин. - Москва : ВНИИГЮ МВД России, 1999. – 599 с.
6. Федотов, А. И. Пожарно-техническая экспертиза / А. И. Федотов, А. П. Ливчиков, Л, Ы. Ульянов. - Москва : Стройиздат, 1986.
7. Защита древесины. Классификация./ГОСТ 20022.2-80 / Москва, 20 с.
8. Древесина огнезащищенная. Методы испытаний, транспортирование и хранение / ГОСТ 30219-95 / Москва, 20 с.
9. Пропитка способом прогрев-холодная ванна. ГОСТ 20022.6-86 / Взамен ГОСТ 20022.6–76 – [Введен 01.07.87]. –М.: Изд-во стандартов, 1986. - 7 с.
10. Пожежна безпека об'єктів будівництва /ДБН В. 1.1.7-2002 / Держбуд Україна, Київ, 2003, 42 с.

УДК 614.842

А.І. Березовський, к.т.н.,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

ОПТИМІЗАЦІЯ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ВОГНЕЗАХИСНОГО ВІБРОСТІЙКОГО ПОКРИТТЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Проведено оптимізацію компонентного складу вогнезахисного вібростійкого покриття металевих конструкцій. Проведені методом математичного планування експерименту дослідження дозволили встановити закономірності впливу співвідношення компонентів у матриці на горючість (КІ), коефіцієнт спучування (Кс) і міцність спученого шару (F) розробленого покриття і використовувати їх при регулюванні характеристик нових вогнезахисних вібростійких покриттів.

Ключові слова: горючість, токсичність, коефіцієнт спучування, міцність спученого шару, матриця, поверхня відгуку.

Постановка проблеми. Одним із найбільш ефективних способів забезпечення вогнестійкості металевих будівельних конструкцій є застосування вогнезахисних покриттів та облицювань, які працюють в умовах вібрації. Існуючі нормативні документи не встановлюють вимоги і методи випробувань вогнезахисних покриттів з врахуванням їх вібростійкості. Відповідно недостатньо вивчені технологічні аспекти створення таких покриттів. Тому розроблення компонентного складу вогнезахисного покриття для металевих будівельних конструкцій, що знаходяться в умовах вібрації є актуальним і важливим науковим завданням.

Враховуючи практичну спрямованість роботи, для створення вогнезахисного вібростійкого покриття, що спучується, було обрано компоненти, які виробляються промисловістю України. У якості сполучного використовували олігоефірциклокарбонатний олігомер марки Лапролат-803 (Л-803). Як модифікатор використовували епоксидіановий олігомер марки ЕД-20, кремнійвмісний олігомер марки Т-111 і аліфатичний хлорвмісний епоксидний олігомер марки УП-655. Отвердіння проводили отверджувачем амінного типу діетилентриаміном (ДЕТА). Для зниження горючості полімерів використовували як антипірен наповнювач поліфосфат амонію (ПФА).

У ході проведених експериментальних досліджень щодо пожежної небезпеки розробленого покриття встановлено раціональні склади, що мають коефіцієнт спучування (18-20), і дозволяють отримати міцний коксовий шар (135-205 г/см^2).

Основна частина. Експериментальні дослідження показали, що додавання ПАФ і ІГАК-1 до складу епоксиуретанових полімерних матеріалів дозволяє знизити їх горючість і поліпшити вогнезахисні характеристики покриттів. У зв'язку з цим метою подальших досліджень є визначення математичних залежностей горючості (кисневий індекс) і вогнезахисних характеристик (коефіцієнт спучування, механічна міцність,) вогневіброзахисних засобів від співвідношення компонентів в олігомер-олігомерній матриці та дисперсних мінеральних наповнювачах. Для виявлення цих залежностей доцільно використовувати рівняння другого ступеню. Відповідно до математичної теорії експерименту, передбачити поведінку функції відгуку (коефіцієнт спучування тощо) дає ортогональний центральний композиційний план другого порядку. Проведення експерименту відповідно до цього плану дозволяє встановити аналітичну залежність функції відгуку (y) від відповідних факторів у вигляді поліноміального рівняння другого ступеню.

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{K} b_i x_i + \sum_{i \prec j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{K} b_{ii} x_i^2 + ..., \qquad (1)$$

де x_i, x_j – незалежні змінні; b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коефіцієнти регресії.

Конструювання ортогонального плану другого порядку полягає в додаванні експериментальних точок до ядра повного факторного експерименту (ПФЕ), зокрема, до нарощування точок, розташованих у центрі плану (на нульовому рівні факторів) і на деякій відстані від центру (в так званих «зоряних точках»). У разі двофакторного експерименту ($K = 2$) при варіюванні фактору на двох рівнях загальне число дослідів: $n = 2^K + 2K + 1 = 9,$ оскільки 2^K – число точок ядра ПФЕ, $2K$ – число зоряних точок і 1 – одна нульова точка в центрі плану. Планування, проведення та оброблення результатів ортогонального композиційного плану експерименту складається з таких обов'язкових етапів [173-175]: кодування факторів; складання план-матриці експерименту; реалізація плану експерименту; перевірка адекватності поліноміальної моделі (регресійний аналіз). У результаті експериментальних досліджень з'ясовано, що вогнезахисні вібростійкі властивості модифікованих епоксиуретанових композицій значною мірою залежать від складу олігомер-олігомерної матриці Л-803/ЕД-20, від виду та змісту наповнювачів: ПФА і ІГАК-1. Додавання ІГАК-1 у досліджених композиціях менше 15 мас.ч. істотно не впливає на механічну міцність пінококсового шару, коефіцієнт спучування, а за додавання більше 25 мас.ч. призводить до збільшення в'язкості вихідних композицій, зниження коефіцієнту спучування, що негативно позначається на вогнезахисній ефективності розроблюваних композицій. Крім того, під час проведених досліджень встановлено, що за умови додавання до композиції більше 35 мас.ч. ПФА збільшується об'ємна концентрація повітряних порожнин у спученому покритті, що знижує його вогнезахисні властивості. Зниження концентрації ПФА в композиції менше 15 мас.ч. істотно зменшує коефіцієнт спучування і вихід коксового залишку. На підставі даних попереднього експерименту були вибрані прийнятні номінальні значення факторів та інтервали їх варіювання (табл. 1, 2).

Таблиця 1 – Значення факторів та інтервали їх варіювання при дослідженні вогнезахисних властивостей епоксиуретанових полімерів, наповнених ПФА

Фактори	Рівні варіювання		
Кодовані значення	-1	0	1
Вміст Л-803 (x_1), мас.ч.	70	80	90
Вміст Л- ЭД-20 (x_1), мас.ч.	30	20	10
Вміст Л- ПФА (x_2), мас.ч.	15	25	35

Таблиця 2 – Значення факторів та інтервали їх варіювання при дослідженні вогневіброзахисних властивостей епоксиуретанових полімерів при співвідношенні олігомерів Л-803/ЕД-20 = 20:80 мас.%, наповнених ПФА і ІГАК-1

Фактори	Рівні варіювання		
Кодовані значення	-1	0	1
Вміст ПФА (x_1), мас.ч.	15	20	25
Вміст ИГАК-1 (x_2), мас.ч.	15	20	25

Основними функціями відгуку були коефіцієнт спучування y_1, y_{12} (Кв), механічна міцність спученого покриття y2, y21 (F), кисневий індекс y_3, y_{31}(КІ). Матриця планування і результати експериментів представлені в таблиці 2.14. Для аналізу результатів плану експерименту застосовувалася програма «Plan», яка дозволила значно зекономити час на

обробку експериментальних даних, оцінити дисперсії коефіцієнтів і помилок спостереження, розрахувати довірчий інтервал справжнього значення коефіцієнтів, побудувати квадратичні моделі, які адекватно розкривають вплив змісту олігомер-олігомерної матриці Л-803/ЕД-20 і наповнювачів ПФА, ІГАК-1 на кисневий індекс полімеру, коефіцієнт спучування і механічну міцність. Розрахунок коефіцієнтів регресії здійснювали за формулою:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^{n} x_{iu} y_u}{x_{iu}^2}, \qquad (2)$$

де i - номер стовпця в матриці планування; x_{iu} – елементи і-того стовпця.

Таблиця 3 – Матриця планування і результати експерименту при вивченні залежності функцій відгуку при реалізації ортогонального центрального композиційного плану другого порядку

Кодовані значення			K_c	F, г/см^2	КІ, %	K_c	F, г/см^2	КІ, %
			Л-803/ЭД-20 и ПФА			ПФА и ИГАК-1		
x1	x2	x1x2	У1К	У2F	У2КИ	У11К	У21F	У31КИ
1	1	1	15,6	93	29,5	11,5	195,2	36,25
1	-1	-1	10,05	137,5	24,25	17,75	138,6	33,5
-1	1	-1	31,9	58	30,3	8,3	201,8	28,5
-1	-1	1	20,1	85	24,75	15,5	169,7	27,25
0	0	0	14,55	53	33,2	14,7	171,9	30,6
1	0	0	12,45	112,5	29,25	16,05	166,6	34,75
-1	0	0	25,15	66	30,25	10,05	185,4	27,75
0	1	0	20,1	35,5	30,25	12,1	190,5	30,25
0	-1	0	12,1	61,5	25,2	15,95	151	28,75

Застосовуючи формулу (2) та експериментальні дані, наведені в табл. 3, визначили значення коефіцієнтів регресії, які представлені в табл. 4.

Отримані рівняння регресії мають такий вигляд:

$$У_1^K = 18{,}0 - 6{,}5x_1 + 4{,}22x_2 + 3{,}63x_1^2 + 0{,}93x_2^2 - 1{,}56x_1x_2$$
$$У_2^F = 78{,}0 + 22{,}33x_1 - 16{,}25x_2 + 42x_1^2 + 1{,}25x_2^2 - 4{,}37x_1x_2$$
$$У_3^{KI} = 28{,}8 - 0{,}38x_1 + 3{,}06x_2 - 2{,}33x_1^2 - 3{,}11x_2^2 - 0{,}07x_1x$$
$$У_{11}^K = 13{,}54 + 1{,}91x_1 - 2{,}88x_2 - 1{,}06x_1^2 - 0{,}08x_2^2 + 0{,}24x_1x_2$$
$$У_{21}^F = 174{,}88 - 9{,}42 + 22{,}17x_2 + 4{,}08x_1^2 + 0{,}33x_2^2 + 6{,}126x_1x_2$$
$$У_{31}^{KI} = 30{,}84 + 3{,}5x_1 + 0{,}91x_2 + 1{,}47x_1^2 - 0{,}29x_2^2 + 0{,}37x_1x_2.$$

Таблиця 4 – Значення коефіцієнтів регресії

Коефіцієнти регресії	Значення коефіцієнтів регресії					
	$У_1^К$	$У_2^F$	$У_3^{KI}$	$У_{11}^К$	$У_{21}^F$	$У_{31}^{KI}$
b_0	18,0	78	28,8	13,54	174,88	30,84
b_1	-6,5	22,33	-0,38	1,91	-9,42	3,5
b_2	4,22	-16,25	3,06	-2,88	22,17	0,91
b_{11}	3,62	42	-2,33	-1,06	4,08	1,47
b_{22}	0,92	1,25	-3,11	-0,08	0,33	-0,29
b_{12}	-1,56	-4,37	-0,07	0,24	6,126	0,37

Перевірку однорідності дисперсій виконуємо за критерієм Кохрена [1]:

$$G = \frac{S^2_{\max}}{\sum_1^N S_i^2} \qquad (3)$$

Дисперсія вважається однорідною, якщо виконується нерівність:

Fрасч.<Fтабл.

Дані розрахунків зведені в таблицю 5.

Таблиця 5 – Перевірка однорідності дисперсій

Розрахункові значення	Значення розрахункових величин за критерієм Кохрена					
	$У_1^К$	$У_2^F$	$У_3^{KI}$	$У_{11}^К$	$У_{21}^F$	$У_{31}^{KI}$
Fрозрах.	0,28	0,27	0,34	0,33	0,25	0,32
Fтабл.	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39

Виконано умову Fрозрах. $<F_{табл.}$, отже, дисперсії однорідні. Для перевірки значимості отриманого коефіцієнта регресії знаходимо його дисперсію за формулою:

$$S^2_{bi} = \frac{S^2_y}{\sum_{u=1}^n x^2_{iu}}. \qquad (4)$$

Дисперсія помилок досвіду визначається за формулою:

$$S^2_{(y)} = \frac{\sum_{u=1}^{n}\sum_{q=1}^{m}\left(y_q^{4i} - \overline{y_u}\right)^2}{n(m-1)} \quad (5)$$

де m - число паралельних дослідів; n - число незалежних оцінок дисперсії.

Коефіцієнт регресії вважається значимим, якщо виконується нерівність:

$$|b_i| \geq \Delta b_i = t_{(0,05;f_y)} \cdot S_{bi}, \quad (6)$$

де: $t_{(0,05;f_y)}$ - 5%-а точка розподілу Стьюдента з f_y ступенями свободи; Δb_i - довірчий інтервал для коефіцієнта регресії.

Перевірку адекватності моделі, що відповідає рівнянню регресії, виконуємо за допомогою критерію Фішера. Адекватність обгрунтовано, якщо виконується нерівність:

$$F = \frac{S^2_{àä}}{S^2_y} \leq F_{(0,05;f_{aä};f_y)}, \quad (7)$$

де: дисперсія адекватності $S^2_{ay} = \frac{\sum_{u=1}^{n}\left(\overline{y_í} - y_{iîä}\right)^2}{f_{àä}}$; $ó_{iîä}$ – розрахункове значення відгуку в і-тому досвіді; $F_{(0,05;3;9)}$ – критерій Фішера при 5%-вому рівні значимості; $f_{àä} = n - 0{,}5(k+2)(k+1)$ – число ступенів свободи дисперсії адекватності $9 - 0{,}5(2+2)(2+1) = 3$; f_y – число ступенів свободи при визначенні помилки досвіду.

Результати статистичного аналізу отриманих рівнянь регресії зведені в табл. 6.

Таблиця 6 – Статистичний аналіз рівнянь регресії

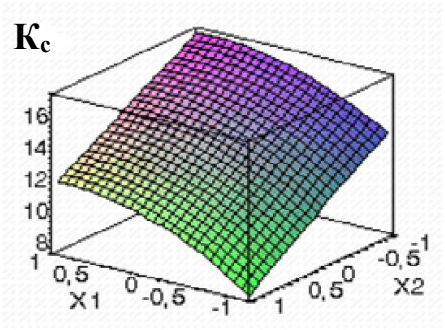
Розрахункові величини	Значення розрахункових величин					
	$У_1^K$	$У_2^F$	$У_3^{KI}$	$У_{11}^K$	$У_{21}^F$	$У_{31}^{KI}$
S^2_y	0,075	31,92	0,91	0,74	3,6	0,13
Δb_0	0,053	1,821	0,162	0,165	1,32	0,248
Δb_1	0,065	2,23	0,198	0,202	1,61	0,305
Δb_2	0,065	2,23	0,198	0,202	1,61	0,305
Δb_{11}	0,113	3,86	0,343	0,349	2,79	0,528
Δb_{22}	0,113	3,86	0,343	0,349	2,79	0,528
Δb_{12}	0,08	2,73	0,242	0,247	1,97	0,373
$S^2_{àä}$	0,22	82,95	0,94	2,22	4,94	0,25
$f_{aä}$	3	3	3	3	3	3
F	2,9	2,6	1,03	3	1,37	1,92
$F_{(0,05;3;9)}$	3,86	3,86	3,86	3,86	3,86	3,86

Як засвідчують дані, уміщені у табл. 6, всі рівняння регресії адекватні експериментальним даним при рівні значущості 0,05. Аналіз даних табл. 4 і табл. 6 засвідчив,

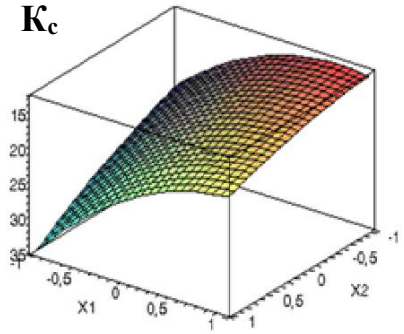
що окремі коефіцієнти регресії незначущі, оскільки накриваються довірчими інтервалами, тобто дорівнюють нулю. Після виключення незначущих коефіцієнтів рівняння регресії мають такий вигляд:

$$У_1^K = 18{,}0 - 6{,}5x_1 + 4{,}22x_2 + 3{,}63x_1^2 + 0{,}93x_2^2 - 1{,}56x_1x_2$$
$$У_2^F = 78{,}0 + 22{,}33x_1 - 16{,}25x_2 + 42x_1^2 - 4{,}37x_1x_2$$
$$У_3^{KI} = 28{,}8 - 0{,}38x_1 + 3{,}06x_2 - 2{,}33x_1^2 - 3{,}11x_2^2$$
$$У_{11}^K = 13{,}54 + 1{,}91x_1 - 2{,}88x_2 - 1{,}06x_1^2$$
$$У_{21}^F = 174{,}88 - 9{,}42 + 22{,}17x_2 + 4{,}08x_1^2 + 6{,}126x_1x_2$$
$$У_{31}^{KI} = 30{,}84 + 3{,}5x_1 + 0{,}91x_2 + 1{,}47x_1^2 + 0{,}37x_1x_2.$$

У загальному випадку отримані квадратичні моделі представляють собою гіперплощину в $(\hat{E}+1)$-мірному факторному просторі. Застосування пакету програми «Maple» дозволило за рівняннями регресії побудувати поверхні відгуку, які дають можливість зорового сприйняття відповідного геометричного образу. У всіх випадках гіперплощина проходить через точку. Коефіцієнти регресії при лінійних членах (x1, x2) характеризують нахил цієї площини, а коефіцієнти регресії при $x1^2$, $x2^2$ характеризують кривизну цієї площини до відповідних вісей. Наявність позитивної взаємодії двох факторів (x1, x2) у всіх отриманих рівняннях регресії означає посилення позитивного ефекту одного з взаємодіючих фактів при переході іншого фактора з нижнього на верхній рівень незалежно від знака і величини коефіцієнту регресії другого чинника.

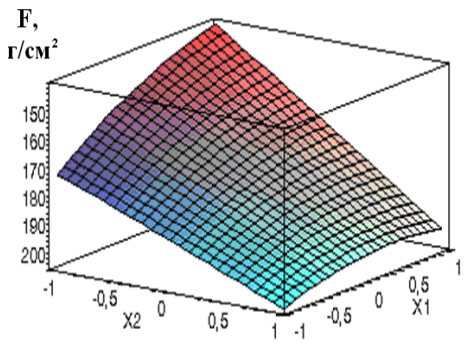


а)

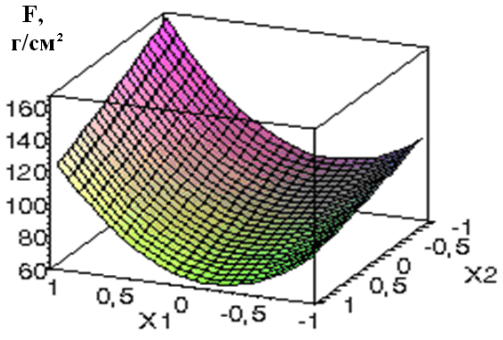


б)

Рисунок 1 – Поверхні відгуку залежності коефіцієнту спучування ($К_с$) вогнезахисного спучуваного складу від вмісту - ПФА (x_1) та ІГАК-1 (x_2) - (а); Л-803/ЕД-20 (x_1) та ПАФ (x_2) - (б)

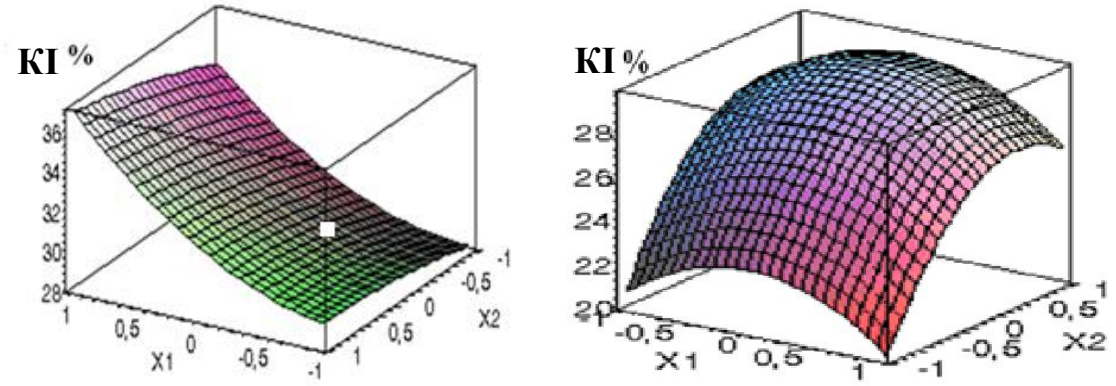


б)



а)

Рисунок 2 – Поверхні відгуку залежності механічної міцності спученого вогнезахисного складу (F) від змісту ПФА (x_1) та ІГАК-1 (x_2) - (а); Л-803/ЕД-20 (x_1) та ПАФ (x_2) - (б)



а) б)

Рисунок 3 – Поверхні відгуку залежності кисневого індексу вогнезахисного засобу (КІ) від змісту ПФА (x_1) та ІГАК-1 (x_2) - (а); Л-803/ЕД-20 (x_1) та ПФА (x_2) - (б)

З рівнянь регресії і поверхонь відгуку залежності коефіцієнта спучування вогнезахисного покриття від змісту ПФА (x_1) та ІГАК-1 (x_2) або співвідношення олігомерів Л-803/ЕД-20 (x_1) та кількості наповнювача ПФА (x_2) стає очевидним, що при зміні кількості наповнювача і співвідношення компонентів в олігомер-олігомерній частині зміна коефіцієнту спучування ($У_{11}^{K}$ и $У_1^{K}$) носить практично лінійний характер (рис. 1). При збільшенні частки епоксидіанового олігомеру з 10 до 30 мас.ч. у суміші олігоефірциклокарбонату, а також при додаванні ПФА до 35 мас. ч. коефіцієнт спучування істотно підвищується. Додавання до композиції ІГАК-1 разом із ПФА навпаки значно знижує величину $К_с$. При співвідношенні Л-803/ЕД-20 = 70:30 мас.ч. і концентрації ПФА в кількості 35 мас.ч. досягається максимальне значення коефіцієнту спучування ($К_с$=32), а при співвідношенні олігомерів 90:10 з концентрацією ПФА 15 мас.ч. – мінімальна ($К_с$ = 10).

Проаналізувавши поверхні відгуку і рівнянь регресії залежності міцності спученого вогнезахисного покриття від змісту ПАФ (x_1) та ІГАК-1 (x_2) або Л-803/ЕД-20 (x_1) та ПФА (x_2) (рис. 2.12), можна зробити висновок, що зміна міцності $У_{21}^{F}$ и $У_2^{F}$ при збільшенні кількості ПФА в композиції спостерігається лінійна залежність зниження механічної міцності коксового шару. Зі збільшенням вмісту графіту до 25 мас.ч. в композиції міцність спученого вогнезахисного покриття істотно зростає. Максимальна міцність досягається при співвідношеннях ПФА:ІГАК-1 – 15:25.

Аналіз рівнянь регресії і поверхонь відгуку залежності кисневого індексу композицій від змісту ПФА (x_1) та ІГАК-1 (x_2) або Л-803/ЕД-20 (x_1) та ПФА (x_2) (рис. 2.14), наочно показує, що при використанні даних наповнювачів зміна кисневого індексу ($У_{31}^{КІ}$ и $У_3^{КІ}$) носить лінійний характер. При цьому КІ істотно збільшується при введенні в композицію ПФА і ІГАК-1, однак зміна співвідношення олігомер-олігомерної частини також впливає на величину КІ. Максимальне значення КІ=36,5% досягається при введенні максимальної кількості наповнювачів ПФА і ІГАК-1 (25:25 мас.ч.).

Аналіз графічних залежностей, представлених на рис. 1-3, свідчить про те, що функція $у_3$ (рис. 3.б) має екстремум.

Для визначення значень факторів x_{10} і x_{20}, при яких досягається максимум функції $У_3$, використаємо систему алгебричних рівнянь:

$$\frac{\partial y_3}{\partial x_1} = -0{,}38 - 4{,}66\, x_1 = 0;$$

$$\frac{\partial y_3}{\partial x_2} = 3{,}06 - 6{,}22\, x_2 = 0.$$

Вирішення задачі параметричної оптимізації, яка зводиться до рішення системи *y*, являється: $x_{10} = -0,08$; $x_{20} = 0,49$, що відповідає $y_{3max}=29,54\%$.

Таким чином, вогнезахисне покриття з компонентами Л-803/ЕД-20 і ПФА має максимальне значення КІ, рівного, при концентрації компонента Л-803/ЕД-20 рівній в кодованих перемінних -0,08, і концентрації компонента ПФА, рівній в кодованих перемінних 0,49.

Висновки. Отже, проведені дослідження дозволили встановити закономірності впливу співвідношення компонентів у матриці, кількості поліфосфату амонію і інтеркальованого графіту на горючість (КІ) коефіцієнт спучування (КС) і міцність спученого шару (F) вогнезахисного вібростійкого покриття і використовувати їх при регулюванні характеристик даного покриття.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ахназарова С. Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии : учеб. пособ. для вузов / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров. – М. : Высшая школа, 1978. – 320 с.

УДК 614.84

В.М. Гвоздь, к.т.н., доц., Д.В. Лагно, І.А. Черниш,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКИХ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Подано основні напрямки вдосконалення оперативно-диспетчерських систем радіозв'язку пожежно-рятувальних підрозділів. Головним напрямком роботи обрано пошук шляхів вдосконалення конвенціональних систем радіозв'язку, як таких що є основним засобом оперативного радіозв'язку пожежно-рятувальних підрозділів.

Ключові слова: оперативно-диспетчерський радіозв'язок, конвенціональні системи, кодування, субтон, фідер.

Огляд проблеми оснащення підрозділів радіосистемами. Системи зв'язку є одними з найголовніших засобів, що забезпечують постійне управління оперативно-рятувальними підрозділами та дозволяють координувати дії зі службами взаємодії при виникненні та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС). Автоматизовані системи оперативного управління, які розгорнуто для управління оперативно-рятувальними підрозділами також базуються на системах зв'язку, в тому числі радіозв'язку.

Сьогодні в області професійного мобільного радіозв'язку (ПМР) спостерігається бурхливий розвиток найбільш високотехнологічних систем – систем транкового, у тому числі цифрового транкового радіозв'язку. Проте звичайні системи з фіксованими каналами (конвенціональні) зберігають свою нішу. Основний режим конвенціональних систем радіозв'язку – конференц-зв'язок, як і раніше найбільш ефективний для диспетчерських служб оперативно-рятувальних підрозділів, правоохоронних органів тощо [1, 2]. У зв'язку з цим, удосконалення конвенціональних систем ПМР і сьогодні залишається актуальним завданням.

Огляд існуючих підходів до вирішення проблеми. Метою вдосконалення конвенціональних систем зв'язку повинно бути подолання специфічних недоліків, таких, як обмежена зона зв'язку й обмежений набір послуг, які надаються мережею. Оскільки абонентами конвенціональних мереж є не технічні пристрої, а користувачі, поліпшення характеристик мережі повинно йти в напрямку підвищення комфортності роботи абонентів, підвищення суб'єктивного сприйняття якості зв'язку.

Основними напрямками вдосконалення можна назвати наступні [2]:

1. надання різних сервісів абонентам при збереженні оперативності доступу до системи й простоти користування радіозасобами;
2. поліпшення суб'єктивної якості й підвищення комфортності сприйняття мови;
3. розширення зони дії системи й покращення покриття усередині зони (усунення «білих плям» і завмирань).

Постановка завдання підвищення ефективності систем зв'язку. Ці завдання ефективно вирішуються при переході до цифрових форматів зв'язку [3]. Однак, пропозиція цифрових абонентських і базових станцій сьогодні на ринку недостатня, цифрові станції помітно дорожче аналогових [4]. Крім того, споживачі, зокрема підрозділи Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи (МНС) мають велику кількість аналогових станцій, ресурс яких не вичерпаний. Більшість сучасних аналогових радіостанцій є надійними й високоякісними виробами з характеристиками, близькими до технологічної межі.

Таким чином, *головною задачею* є розробка програми модернізації існуючих конвенціональних мереж радіозв'язку МНС з метою збільшення переліку послуг, які можуть надаватися абоненту, підвищення якості зв'язку, а також ефективного радіусу дії систем

зв'язку. При цьому, основну увагу слід звернути на вдосконалення у межах аналогового формату. Технічною стороною завдання є збільшення енергетики радіоліній в межах прийнятого діапазону (148 МГц), а також розбірливості мовлення (згідно ГОСТ 16600-72).

Надання додаткових сервісних послуг системами зв'язку. Основним сервісом конвенціональних мереж є голосовий зв'язок. Надання додаткових сервісів можливе за допомогою різних систем сигналізації й вбудованих аналогових і цифрових модулів.

Професійні радіостанції завжди мають набір вбудованих функцій сигналізації, що може бути розширений за допомогою додаткових модулів. Обробка сигналізації є основною функцією контролерів.

Субтональна сигналізація. Субтональна сигналізація (рис.1) заснована на безперервній передачі керуючого сигналу в нечутному діапазоні (0...300 Гц) частот модулюємого сигналу разом з мовним сигналом у діапазоні 300...3400 Гц. Застосовують сигналізацію з кодуванням безперервним тоном (CTCSS) або цифровим кодом (DCS). Система CTCSS більш завадостійка, ніж DCS, але має менший набір субтонів (кодів). Застосування даного типу сигналізації є найбільш розповсюдженим способом шумоподавлення й доступу до базової станції (ретранслятора).

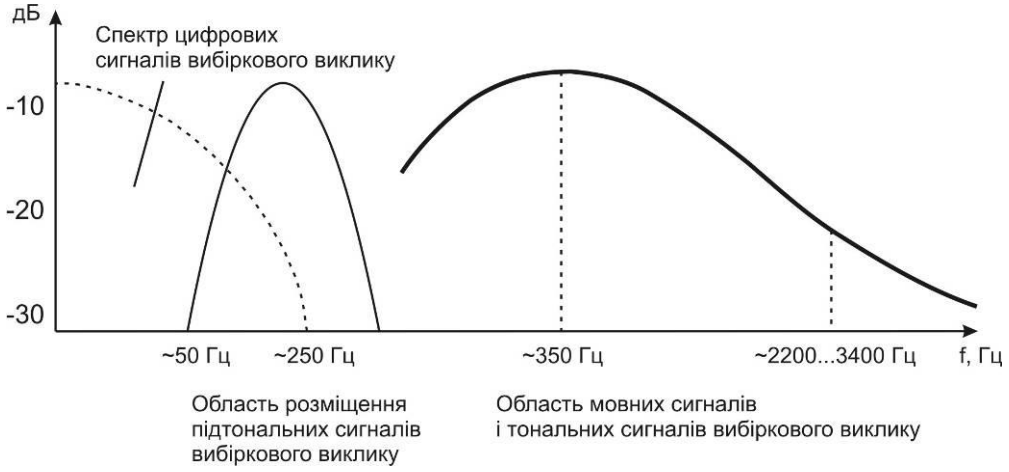


Рисунок 1 – Границі розміщення сигналів вибіркового виклику

Субтональна сигналізація може бути успішно використана для організації виділених груп абонентів на одному частотному каналі, що дозволяє у випадку невисокого завантаження заощаджувати частотний ресурс. При цьому чують один одного лише абоненти своєї групи.

Контролери ретрансляторів (наприклад, 38A и 38MAX виробництва ZETRON) дозволяють гнучко організовувати групи абонентів, і використати різні настроювання для груп. Надаються можливості:

- обліку ефірного часу по кожній групі;
- обмеження часу безперервної роботи групи з метою зниження ймовірності блокування ретранслятора для інших груп;
- комутації додаткового устаткування (пристроїв обробки мови, антен тощо) при виході в ефір абонентів певної групи;
- використання різних кодів сигналізації на прийом і передачу для здійснення зв'язку між групами і організацію підгруп з різними можливостями й обмеженнями;
- автоматичної передачі короткого сигналу, що означає кінець фрази.

Алгоритм декодування CTCSS і DCS дозволяє в реальних умовах ефективно декодувати субтони навіть зі слабкого сигналу, коли мова перебуває на грані розбірливості. Це досить важливо при забезпеченні максимальної дальності радіозв'язку, оскільки в цьому випадку сигналізація не обмежує зону дії радіосистеми.

Тональна сигналізація. Більш широку номенклатуру сервісів надає використання тональної сигналізації. Це в першу чергу DTMF (телефонна тональна сигналізація), а також 2- або 5/6-тонова послідовна сигналізація. Сигнальні посилки передаються в чутному (300...3400 Гц) діапазоні частот у проміжках між мовними повідомленнями.

Можливості тональної сигналізації:

- додаткова систему шумоподавлення;
- селективний виклик конкретних абонентів і груп абонентів;
- установка тимчасового з'єднання із групою абонентів, що має інший субтональний код, підключення додаткових пристроїв або антен, дистанційне настроювання базової станції (контролери ретрансляторів 48jr виробництва ZETRON і TP-154plus виробництва CSI);
- використання тональних сигналів для доступу до ретранслятора (TP-154plus, вбудовані контролери ретрансляторів ICOM IC-FR3000/4000);
- організація телефонних з'єднань із мобільними абонентами.

Тональна сигналізація в порівнянні із субтональною менш завадостійка, тому використання її для доступу до базової станції й селективних викликів може помітно скоротити дальність радіозв'язку. Проте за допомогою тональної сигналізації успішно вирішується завдання персональної ідентифікації абонента. Для цієї мети застосовується функція PTT ID, передбачена в багатьох професійних радіостанціях. При натисканні або відпусканні кнопки передачі, радіостанція автоматично передає ідентифікуючу посилку в обраному форматі (найчастіше DTMF). Диспетчерська радіостанція оснащується декодером, що дозволяє в реальному часі відслідковувати вихід кожного абонента в ефір, а при підключенні до комп'ютера фіксувати такі виходи й відслідковувати їхню статистику.

Багатофункціональні аналого-цифрові модулі. Істотне розширення номенклатури надаваних сервісів можливе за рахунок застосування вбудованих у базові й абонентські станції багатофункціональних аналого-цифрових модулів. Так, на базі сигнальних модулів DAXON розробки компанії «Информационная индустрия» може бути побудована диспетчерська система радіозв'язку DAXON-DS. Система дозволяє вирішувати такі завдання:

- контролю й керуванню рухомими об'єктами (абонентами) з комп'ютеризованого робочого місця диспетчера аж до їхнього відключення (тимчасового чи постійного);
- захисту переговорів від несанкціонованого прослуховування (аналого-цифрове або цифрове маскування);
- розмежуванню доступу абонентів до радіоканалу;
- визначення місця розташування рухомих об'єктів на електронній карті місцевості в межах зони системи зв'язку;
- дистанційного контролю функціонування пожежних і охоронних систем.

Скремблери. В роботі служб безпеки й охорони, підрозділів оперативно-рятувальної служби виникає необхідність у захисті переданої в ефірі інформації від несанкціонованого прослуховування. Для цього в абонентські й базові радіостанції встановлюють пристрої захисту мови – скремблери (маскіратори). Принципи роботи маскіраторів Icom наведено на рис. 2.

На ринку представлена велика кількість скремблерів Selectone, Midian, DAXON від найпростіших аналогових частотних інверторів до цифрових шифраторів з підвищеною криптографічної стійкістю й широким набором функцій. Багато виробників радіозасобів виготовляють скремблери для своїх радіостанцій у вигляді вбудовуваних модулів.

Однак, використання скремблерів має ряд недоліків:

1. Застосування скремблерів вимагає оформлення офіційних погоджень.
2. Скремблери підвищують струм споживання, що особливо помітно для портативних радіостанцій.
3. Алгоритм шифрування може виявитися несумісним з обраною системою тональної або субтональної сигналізації.

4. У випадку приходу слабкого, зашумленого ефірного сигналу розбірливість дешифрованої мови погіршується, що приводить до фактичного зниження реалізованої дальності радіозв'язку.
5. Шифрований сигнал в ефірі може привернути непотрібну увагу.

Таким чином, в деяких випадках скремблерам доцільно віддати перевагу використанню в ефірі кодових фраз, позначення об'єктів номерами, а абонентів - позивними.

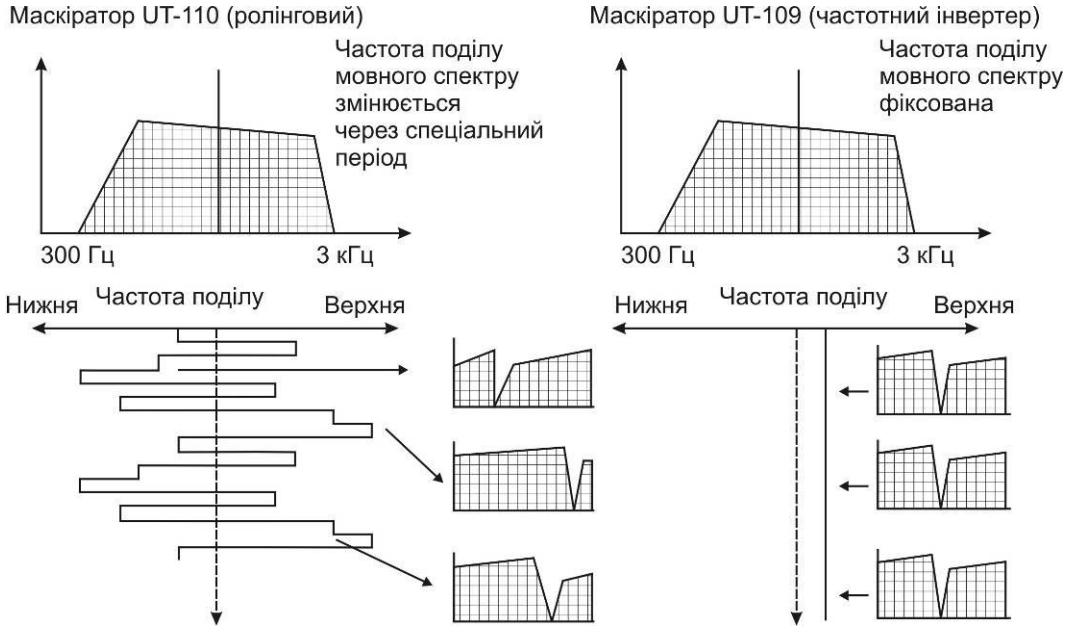


Рисунок 2 – Схема перетворень мовного сигналу в часі в маскіраторах на прикладі скремблерів Icom UT-109 та UT-110

Поліпшення якості передачі мовних повідомлень. Поліпшення якості передачі мови й підвищення комфортності її сприйняття досить важливе для користувачів мережі зв'язку, оскільки конвенціональні системи в першу чергу розраховані для передачі мовних повідомлень.

Цифрова обробка мови. В останні роки виробники радіостанцій передбачають у своїх виробах засоби цифрової обробки мови. Метою такої обробки є підвищення природності звучання й розбірливості мови, автоматичне регулювання посилення, компенсація спотворень тощо.

Перспективним є напрямок який буде забезпечувати обробку мови з метою усунення специфічних шумів пов'язаних з бойовою роботою пожежника:

- усунення шумів на робочому місці водія (робота пожежного насосу автоцистерни, бензоагрегатів тощо);
- усунення звукових перешкод спричинених роботою складових елементів апаратів захисту органів дихання (робота легеневого автомату, редуктора, використання протигазів газодимозахисниками);
- усунення завад пов'язаних з використанням та роботою з пожежно-технічним обладнанням, перешкод від осередку горіння тощо.

Для цього слід використовувати вбудовані в носимі (мобільні) радіостанції модулі обробки мови з можливістю вибору декількох алгоритмів обробки мовлення.

Одним із варіантів є цифрове шумоочищення на базовій станції. ТОВ «Центр Речевых Технологий» (Російська Федерація) розроблена мініатюрна двоканальна плата шумоочищення мови STC-H209 «Тишина». Плата забезпечує придушення шумів вулиці, механізмів і інших широкосмугових, гармонійних і імпульсних перешкод в одному або двох каналах. Плата може бути настроєна на придушення перешкод, специфічних для конкретної

мережі зв'язку. При настроюванні передбачена можливість використання заздалегідь підготовлених фонограм з типовими шумами.

Нелінійна фільтрація. Ефективним способом поліпшення суб'єктивної якості мови може бути нелінійна фільтрація в каналі звуку. Використання різних коефіцієнтів передачі для сигналів різних амплітуд дозволяє організувати автоматичне регулювання посилення, компресування сигналу, шумопониження в паузах. Це дає можливість нівелювання розходжень у манері роботи різних операторів і в настроюванні абонентських станцій. На сьогодні даний сегмент ринку фактично не зайнятий, пристрої вимагають розробки.

Затримка мовного сигналу. Застосування систем субтональної сигналізації приводить до затримки відгуку ретранслятора й радіостанцій викликуваних абонентів на радіосигнал, що становить кілька сотень мілісекунд. Щоб уникнути провалювання початку репліки, доводиться витримувати паузу між натисканням на кнопку передачі й початком фрази, про що нерідко забувають навіть досвідчені оператори. Рішенням проблеми може служити включення у звуковий тракт базової станції пристрою затримки мовного сигналу, при цьому ретранслятор управляється незатриманим субтоном. Ці пристрої також ще вимагають розробки.

Розширення зони дії системи. Оскільки в конвенціональних системах рідко вдається застосувати більше одного ретранслятора для обслуговування однієї групи абонентів, розширення зони дії системи й поліпшення радіопокриття всередині зони є досить актуальним завданням.

Удосконалювання антенно-фідерного устаткування. Класичним способом вирішення даного завдання є поліпшення енергетики радіоліній за рахунок застосування високоякісного антенно-фідерного устаткування.

Зокрема, в Академії пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України (АПБ), проведено відповідні роботи по дослідженню даного напрямку удосконалювання симплексних систем радіозв'язку. Було проведено роботи по зниженню коефіцієнта стоячої хвилі (КСХ) для стаціонарної радіостанції учбової пожежно-рятувальної частини (отримане значення КСХ → 1,0).

Авторським колективом проведено комп'ютерне моделювання різних типів автомобільних та стаціонарних базових антен [4, 5]. Як результат проведених теоретичних досліджень, розроблено та випробувано базову багатоелементну колінеарну та автомобільну антену з противагами. Проведені експерименти вказаних антен показали їхні переваги над промисловими зразками [6].

Дистанційне керування радіозасобами. Вирішенням проблеми може бути дистанційне керування базовими й стаціонарними абонентськими станціями, розміщеними поблизу антени з метою скорочення довжини високочастотних фідерів. На ринку представлено широка номенклатура пристроїв дистанційного керування [7]. Пристрої фірми CPI серій DR, TR виконані у вигляді телефонного апарата й управляють радіостанцією по виділеній лінії, забезпечують двосторонню передачу звуку, команди на передачу, функцію монітора. Модель 250 виробництва ZETRON додатково забезпечує перемикання каналів віддаленої станції й тональне керування додатковою комутацією, а модель 284 здатна управляти чотирма базовими станціями.

Системи віддаленого прийому. Як показує практика, дальність зв'язку в конвенціональній системі найбільшим чином обмежена можливістю базової станції (ретранслятора) прийняти сигнал від малопотужної абонентської станції. Приймач ретранслятора внаслідок високо піднятої антени більшим чином підданий впливу зовнішніх радіоперешкод. Ефективно підвищити енергетику радіолінії абонентська «станція-ретранслятор» дозволяє застосування віддаленого прийому.

Принцип організації системи віддаленого прийому для одного ретранслятора (частотного каналу) представлений на рис. 3. Система містить у собі кілька приймачів, що працюють на одній частоті, яка відповідає частоті прийому ретранслятора f_{Rx}, і один передавач на частоті передачі ретранслятора f_{Tx}. Приймачі рознесені на місцевості на одиниці-десятки кілометрів таким чином, щоб сукупна зона дії приймачів приблизно

відповідала зоні дії передавача ретранслятора. Зони дії приймачів можуть перекриватися. Одним із приймачів, мабуть, може бути штатний приймач ретранслятора.

Віддалені приймачі пов'язані з базовою станцією лініями зв'язку, по яких передається демодульований сигнал звуку, субтон і сигнал наявності несучої на вході приймача COR. Обраний сигнал видається пристроєм автовибору на вхід контролера ретранслятора як сигнал приймача.

Критерій вибору приймача – максимум псевдовідношення сигнал/шум (без зворотного зв'язка). Автовибір може здійснюватися безупинно або з фіксацією обраного на заданий час або до зникнення обраного сигналу. Пристрій може комплектуватися інтерфейсами ліній зв'язку.

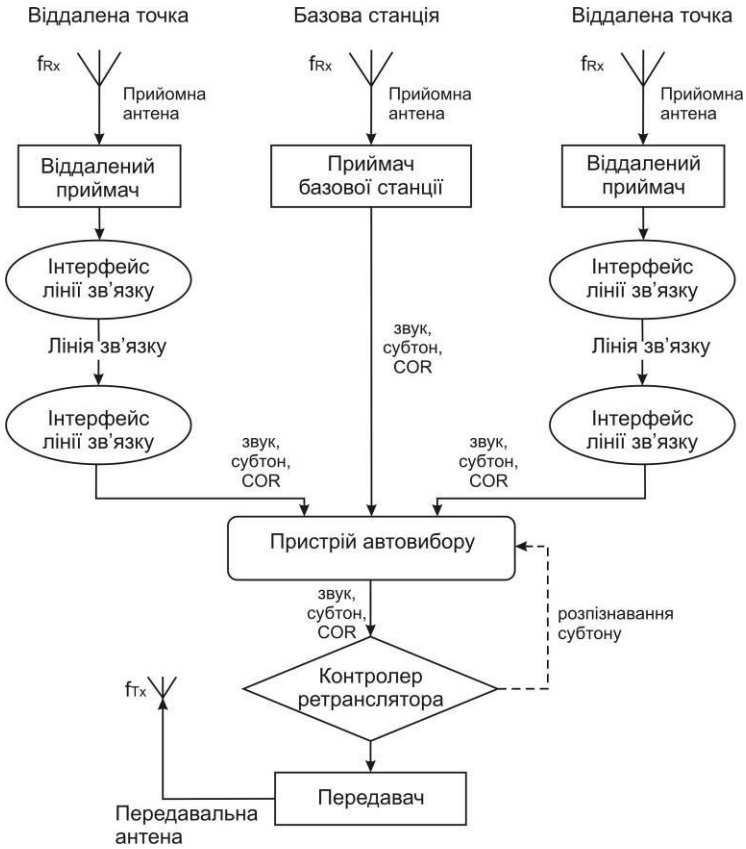


Рисунок 3 – Принцип організації системи віддаленого прийому

Критерій вибору по максимуму псевдовідношення сигнал/шум оптимальний при ефірних перешкодах типу білого шуму. Для складної електромагнітної обстановки великих міст характерні перешкоди – внутрішньоканальні, інтермодуляційні, позасмугові, – спектр яких близький до спектра корисного сигналу. У таких умовах критерій максимуму сигнал/шум часто не адекватний.

Існують розробки пристроїв автовибору зі зворотним зв'язком за рішенням [8]. Результат розпізнавання субтона в сигналі обраного приймача повертається пристрою автовибору й слугує критерієм правильності вибору. Помилковий вибір негайно коректується. Результати розпізнавання служать для формування статистик по кожному приймачу. Статистика поряд з результатами часового аналізу сигналів COR використовується при наступних виборах. Такий алгоритм добре зарекомендував себе в реальних перешкодах. З метою корекції можливих спотворень і підвищення швидкості і якості розпізнавання кодів DCS передбачений спеціальний ланцюг кондиціювання субтона.

Досвід експлуатації систем зв'язку з автовибором і зонами дії приймачів, що частково перекриваються показав:

– розширюється зона стійкого радіозв'язку;

- знижуються, а в деяких областях зони усуваються повністю завмирання сигналу від рухомих абонентів;
- істотно скорочуються «білі плями» усередині зони.

Схеми з автовибором ефективні й в малоканальних транкових системах, особливо односайтових, де важлива економія частотного ресурсу.

Висновки. Конвенціональні системи радіозв'язку займають свою специфічну нішу на ринку професійного мобільного радіозв'язку. Слід чекати, що вони будуть затребувані й надалі. Для їх модернізації існує чимало ефективних технічних рішень, що дозволяють підвищити якість надаваних послуг і розширити їхню номенклатуру. Найбільш доступними та ефективними в умовах експлуатації систем радіозв'язку підрозділами МНС слід визначити такі:

1. *Удосконалювання антенно-фідерного устаткування.* Проведені теоретичні та натурні дослідження на базі АПБ показують, що таким чином можна підняти енергетику радіоліній зв'язку до 15% (виграш розробленої базової колінеарної антени відносно антени типу диполь складає 12 дБд, відносно промислових колінеарних антен 5 дБд; діаграма направленості автомобільної антени з противагами суттєво ближча до кругової в порівнянні зі звичайною штирьовою антеною, кут випромінювання до горизонту з максимальним посиленням є нижчим в порівнянні зі звичайною антеною - 33^0 проти 88^0).

2. *Надання додаткових сервісних послуг системами зв'язку.* Використання сучасних систем тонального і субтонального виклику дозволяють зменшити непродуктивні витрати часу операторів радіостанцій в мережі симплексного зв'язку. Даний висновок робиться з аналізу результатів дослідження ефективності використання систем зв'язку під час проведення тактико-спеціальних навчань. Під час навчань оцінювалася робота операторів в мережі з системою CTCSS і без використання систем вибіркового виклику.

Інші вказані в статті напрямки модернізації систем радіозв'язку є більш складними та потребують подальшого дослідження, щодо придатності використання підрозділами оперативно-рятувальної служби.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурляй І.В. Розробка вимог до систем радіозв'язку нового покоління ОРС // Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції рятувальників «Пожежна безпека та аварійно-рятувальна справа: стан, проблеми і перспективи». – Київ: УкрНДІПБ, 2005. – С. 173-176.
2. Системи радіозв'язку та їх застосування оперативно-рятувальною службою / І.В. Бурляй, Б.Б. Орел, О.М. Джулай: Посібник. – Чернігів: РВК «Деснянська Правда», 2007. – 288 с.
3. А.М. Овчинников. Направления развития конвенциональных систем ПМР // Технологии и средства связи. 2004. № 4.
4. Бурляй І.В. Моделювання антенно-фідерних пристроїв системи професійного рухомого радіозв'язку // Вісник НТУ. – 2006. - №4.
5. Бурляй І.В. Дослідження впливу особливостей розміщення техніки в умовах ліквідації надзвичайної ситуації на характеристики антенно-фідерної системи аварійно-рятувальних автомобілів // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2007. – № 3-4. – С. 47-50.
6. Бурляй І.В. Проведення комплексної модернізації систем зв'язку комбінованої радіостанції Р-142Г // Збірка матеріалів науково-практичної конференції «Проблеми управління єдиною державною системою цивільного захисту». - Харків: УЦЗУ, 2007. – С. 94 – 96.
7. В.П. Николаев. Рост конкуренции и спроса на рынке ПМР // Технологии и средства связи. 2004. № 3.
8. Е.В. Андропов. Технические средства усовершенствования конвенциональных систем ПМР // Технологии и средства связи. 2005. № 1.

УДК 621.316

В.М. Гвоздь, к.т.н., доц., Е.А. Тищенко, к.т.н., доц., А.Г. Баракин, к.т.н., доц.,
А.П. Марченко,
Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля НУГЗ Украины

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ И СТРУКТУРНЫХ СХЕМ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ БЕСКОНТАКТНЫХ СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

В статье рассмотрены вопросы повышения пожарной и техногенной безопасности промышленных электроустановок. Проведен всесторонний анализ существующих систем защиты электрических сетей и электроустановок. Повышение пожарной и техногенной безопасности эксплуатации электроустановок достигается путем разработки комплексных бесконтактных быстродействующих систем защиты, которые контролируют все возможные аварийные режимы, возникающие в процессе их работы.

Ключевые слова: электроустановки, пожарная и техногенная безопасность, аварийные режимы, аппараты защиты, обрыв фазы, перенапряжение, перегрузка по току, короткое замыкание.

Постановка проблемы. Для обеспечения пожарной и техногенной безопасности промышленных объектов в настоящее время высокими темпами развиваются системы управления, контроля и защиты силовых энергетических установок с использованием силовых полупроводниковых ключей и микроконтроллеров.

Каждая силовая энергетическая установка может являться причиной технологической аварии, пожара, взрыва, а на химических предприятиях аварии в электроустановках могут привести к экологическим катастрофам [1].

Наиболее распространенными способами защиты электрооборудования технологических процессов является установка предохранителей, магнитных пускателей с тепловыми реле, а также автоматических выключателей. Общеизвестны недостатки этих устройств. Одним из основных недостатков этих аппаратов является наличие подвижных механических контактов. Контакты со временем окисляются, подвергаются механическому износу, в результате чего возрастает переходное сопротивление контактов. При повышении переходного сопротивления контактов увеличивается их температура, что может привести к пожару. Кроме того, возникает эффект сваривания контактов, который приводит к выходу из строя пускорегулирующей аппаратуры и полной потере защитных свойств. Очень опасны межвитковые замыкания в катушке контактора магнитного пускателя, приводящие к загоранию катушки.

Процесс размыкания контактов, особенно при больших величинах электрического тока, сопровождается электрическим разрядом между контактами. Если в отключаемой цепи ток и напряжение между контактами больше, чем критические для данных условий, то между контактами возникает дуга, продолжительность горения которой зависит от параметров цепи и условий деионизации дугового промежутка. Образование дуги при размыкании медных контактов возможно уже при токе 0,4-0,5 А и напряжении 15 В.

Проводимость плазмы приближается к проводимости металлов. В стволе дуги проходит большой ток и создается высокая температура. Плотность тока может достигать 10 000 А/см^2 и более, а температура - от 6000 К при атмосферном давлении до 18000 К и более при повышенных давлениях. Чем больше ток в дуге, тем меньше ее сопротивление, а поэтому требуется меньшее напряжение для горения дуги, т. е. дугу с большим током погасить труднее. В коммутационных аппаратах необходимо не только разомкнуть контакты, но и погасить возникшую между ними дугу. Наличие дуги при размыкании

контактов в коммутационных аппаратах приводит к ограничению их использования во взрывоопасных зонах.

Анализ последних достижений и публикаций. Требования, предъявляемые к аппаратам защиты электрических сетей и электроустановок, изложены [2,3]. Методики выбора и расчета параметров предохранителей, автоматических выключателей и магнитных пускателей рассмотрены в литературе [2]. Они распространяются на трехфазные электроустановки напряжением до 1 кВ промышленной частоты, присоединенные к энергосистеме, или к автономным источникам энергии и определяют общую методику расчета токов симметричных и несимметричных коротких замыканий в начальный и произвольный моменты времени с учетом параметров синхронных и асинхронных машин, трансформаторов, реакторов, кабельных и воздушных линий, шинопроводов и узлов комплексной нагрузки. Кроме вышесказанного, контактные аппараты защиты могут реагировать на отклонения величины напряжения в электрической цепи [4,5] при наличии реле напряжения, однако принцип размыкания электрической цепи остается тем же самым.

Постановка задачи и ее решение. Повышение пожарной и техногенной безопасности эксплуатации электроустановок может быть достигнуто путем разработки комплексных бесконтактных быстродействующих систем защиты, которые могут контролировать все возможные аварийные режимы, возникающие в процессе работы электрооборудования рис.1.

Рисунок 1 – Структурная схема комплексной бесконтактной системы защиты.

Для создания быстродействующих систем защиты электроустановок рис.1. необходимо вести постоянный контроль за мгновенными значениями напряжений и токов в фазах электрической сети. Это осуществляется с помощью датчиков напряжения и тока, гальванически развязанных с силовой электрической сетью.

Изложение основного материала исследования. Комплексная бесконтактная быстродействующая система защиты должна контролировать и отключать электроустановку в следующих аварийных режимах: пропадание (обрыв) фазы в трехфазной электрической сети; перекос фаз в трехфазной электрической сети; перенапряжения в электрических сетях; снижение напряжения в силовых фазах ниже допустимого значения; токовая перегрузка; короткое замыкание.

Размыкание силовых электрических цепей в аварийных режимах производят силовые полупроводниковые ключи, поэтому исключается возможность возникновения электрической дуги.

Структурная схема системы защиты, обеспечивающая контроль всех возможных аварийных режимов, представлена на рис.2.

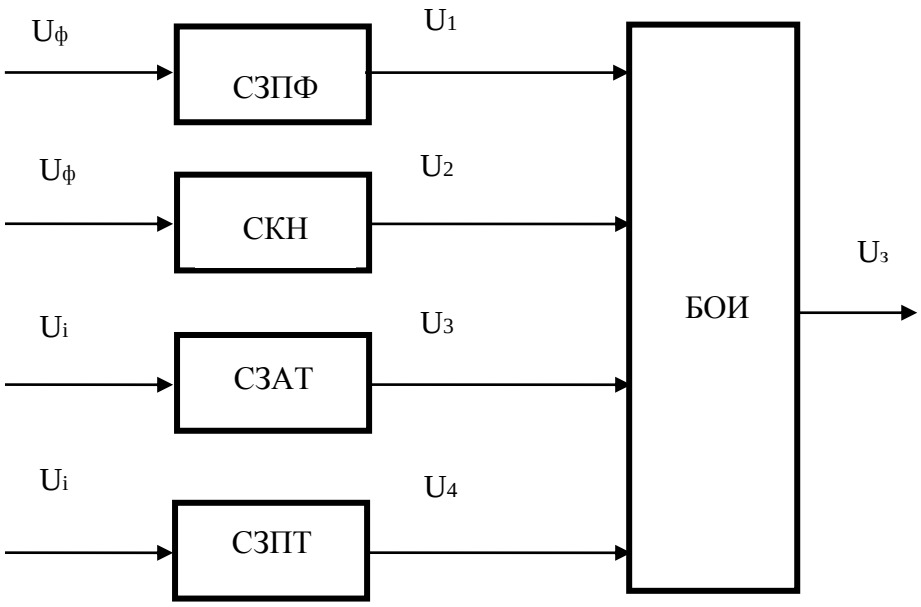


Рисунок 2 – Структурная схема системы защиты.

Структурная схема комплексной системы защиты включает в себя следующие подсистемы:

- система защиты от пропадания фазы и появления несимметрии питающих фазных напряжений (СЗПФ);
- система контроля величины напряжения (СКН) ;
- система защиты от аварийных токов короткого замыкания (СЗАТ);
- система защиты от токов перегрузки (СЗПТ)
- блок обработки информации (БОИ).

На вход системы защиты поступают сигналы, пропорциональные мгновенным значениям фазных напряжений $U_Ф$, и сигналы с датчиков тока фаз, пропорциональные мгновенным значениям электрического тока в фазах нагрузки U_i.

Система защиты от пропадания (обрыва) фазы и появления несимметрии силового напряжения основана на постоянном анализе мгновенных значений напряжений питания электроустановки во всех трех фазах. На рис.3. представлена векторная диаграмма напряжений в трехфазной электрической сети. На первой диаграмме - при наличии все трех фаз напряжений - U_A, U_B, U_c, а на второй - при пропадании напряжения в фазе С.

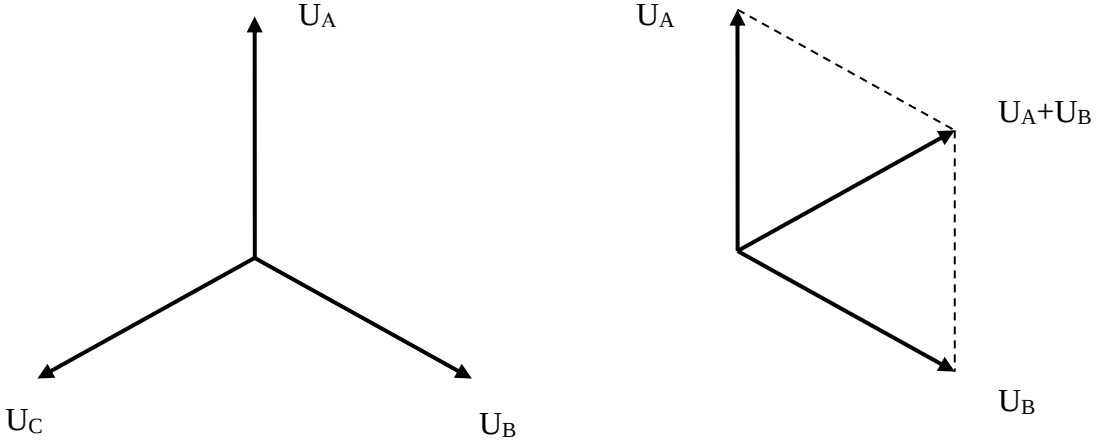


Рисунок 3 – Векторная диаграмма трехфазной сети при обрыве фазы.

Особенностью трехфазных цепей переменного тока является то, что в любой момент времени при отсутствии аварийных режимов сумма мгновенных значений напряжений во всех трех фазах равна нулю.

$$Ua\,(t)+ Ub\,(t)+ Uc\,(t)= 0. \quad (1)$$

На рис.4. представлена структурная схема (СЗПФ), в основе работы которой лежит контроль за выполнением равенства (1).

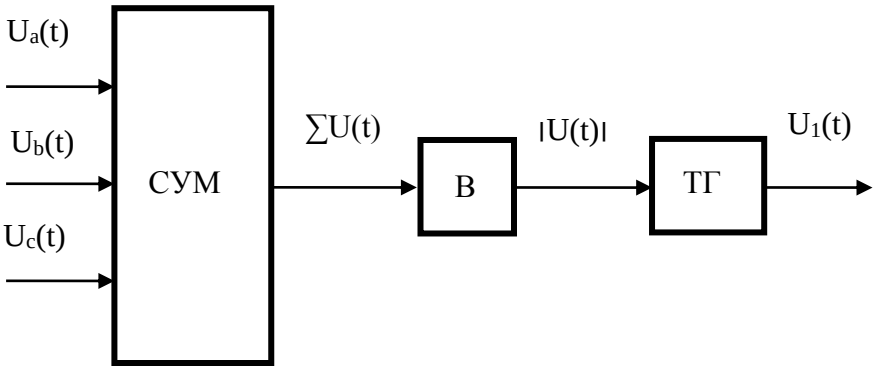


Рисунок 4 – Структурная схема системы защиты от пропадания фазы и появления несимметрии силового напряжения.

На вход системы защиты с датчиков фазных напряжений подаются сигналы, пропорциональные мгновенным значениям фазных напряжений. При обрыве (пропадании) какой-нибудь из фаз, или нарушении симметрии силового напряжения нарушается выполнение равенства (1), на выходе сумматора (СУМ) появляется сигнал, отличный от нуля. Выпрямитель (В) предназначен для получения модуля этого сигнала |U(t)|. Сигналом |U(t)| запускается триггер с гистерезисом (ТГ), который формирует сигнал $U_1(t)$, блокирующий выработку импульсов управления на силовые ключи, что приводит к защитному отключению электрооборудования от напряжения питания. Величина гистерезиса триггера определяет порог срабатывания системы защиты.

Вторым аварийным режимом является нестабильность питающего напряжения. На практике используют два вида норм качества электроэнергии: нормально допустимые и предельно допустимые. Допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения на выводах приемников электрической энергии равны соответственно ±5 и ±10% от номинального напряжения сети.

Система контроля величины питающего напряжения имеет два порога отключения электроустановки от напряжения питания: $U_{n\max}$ – максимальное пороговое напряжение; $U_{n\min}$ – минимальное пороговое напряжение. Для номинального фазного напряжения $U_н$, условия срабатывания системы контроля величины питающего напряжения можно записать следующим образом:

$$1{,}41 \cdot 1{,}05U_н \le U_{n\max} \le 1{,}41 \cdot 1{,}1U_н \quad (2)$$

$$1{,}41 \cdot 0{,}9U_н \le U_{n\min} \le 1{,}41 \cdot 0{,}95U_н \quad (3)$$

Определим быстродействие срабатывания системы защиты при различных параметрах нагрузки.

Временные диаграммы работы системы защиты СКН показаны на рис.5. На временной диаграмме рис.5,а представлены временные диаграммы процесса отключения напряжения и тока в нагрузке при возникновении перенапряжения в электрической сети.

Рассмотрим случай произвольного значения реактивности нагрузки для случая, когда силовое напряжение возрастает больше минимального порогового значения и определяется неравенством (2).

Момент времени t_1 определяется фазовым сдвигом тока нагрузки относительно питающего напряжения в установившемся режиме в соответствии с выражением:

$$t_1 = 5{,}6 \cdot 10^{-5} arctg \frac{X_{LH}}{R_H}, \quad (4)$$

где: X_{LH} − индуктивное сопротивление нагрузки; R_H − активное сопротивление нагрузки. На диаграмме рис.5,б представлен импульс управления силовым ключом V_1 и логический сигнал $U_2(t)$ − запрещающий управляющие импульсы силовыми ключами. В момент времени t_2 происходит включение системы защиты из-за достижения силовым напряжением порогового значения срабатывания защиты. Момент времени t_3 характеризуется уменьшением тока в нагрузке до нуля и отключением питающего напряжения от нагрузки. Быстродействие системы срабатывания защиты можно определить по формуле, которая следует из временной диаграммы рис.5,а:

$$t_{отк} = t_3 - t_2 = 5 \cdot 10^{-3} + 5{,}6 \cdot 10^{-5} arctg \frac{X_{LH}}{R_H}. \quad (5)$$

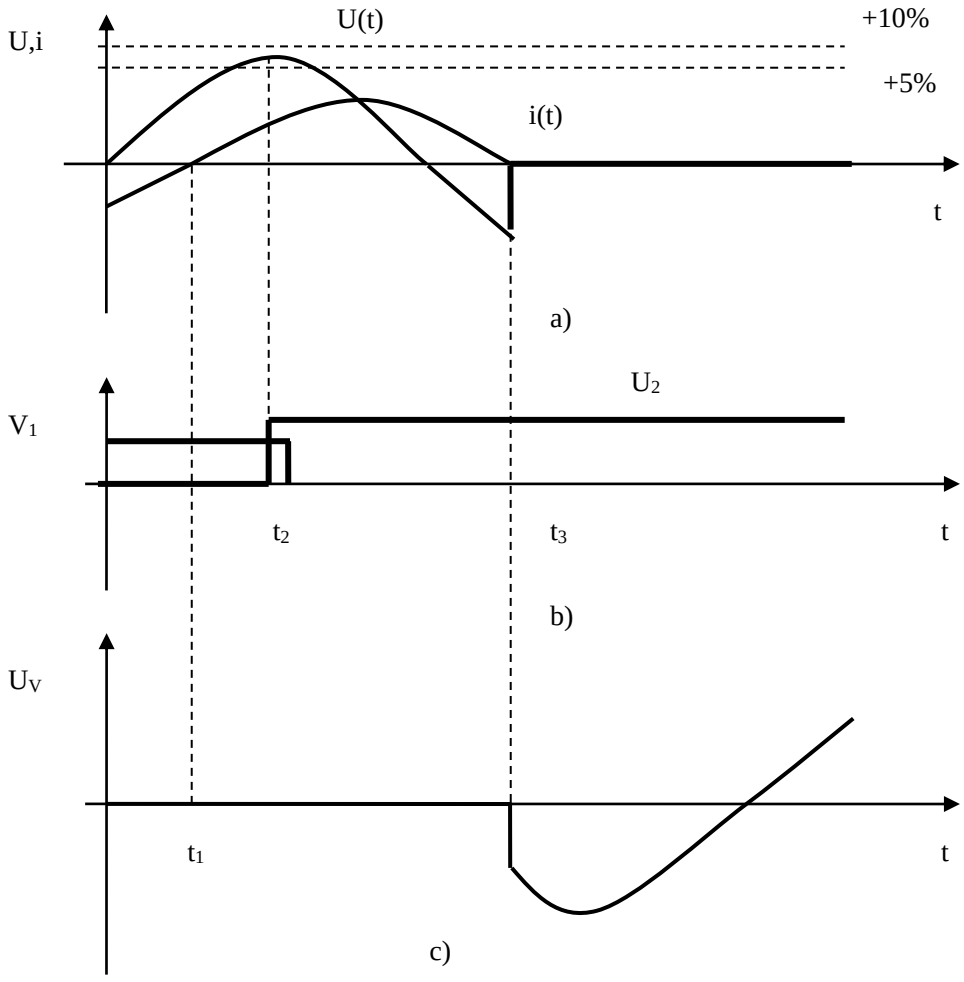


Рисунок 5 – Временные диаграммы работы СКН.

На диаграмме рис.5,с показано напряжение на силовом ключе, максимальная величина которого определяет класс по напряжению силового ключа.
Зависимость времени срабатывания системы защиты от параметров нагрузки представлена на рис. 6. Из графика видно, что при чисто активной нагрузке быстродействие системы составляет 5 мс, с ростом реактивности нагрузки быстродействие системы защиты падает и при чисто индуктивной нагрузке составляет 10 мс.

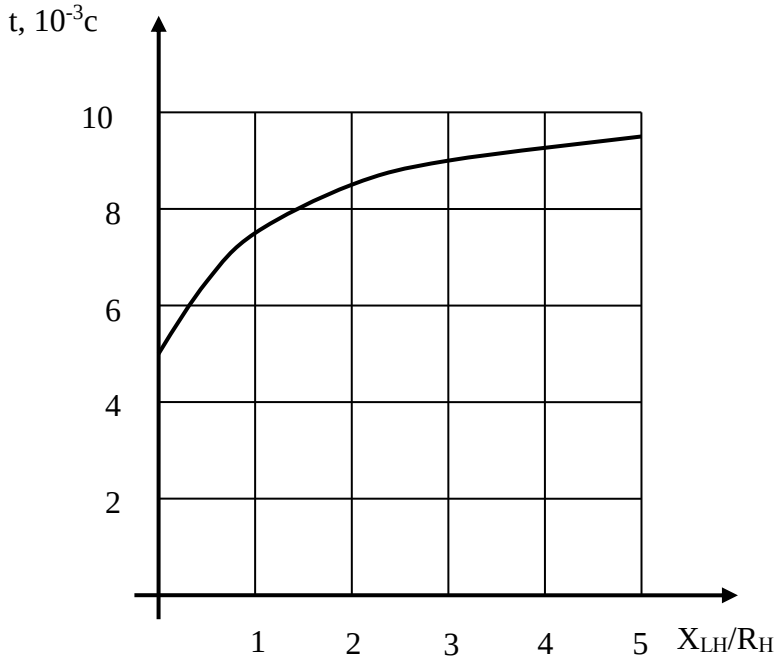


Рисунок 6 – Быстродействие СКН.

Система защиты от аварийных токов короткого замыкания обеспечивает отключение электроустановки при возникновении аварийного режима короткого замыкания. Вероятность возникновения однофазных коротких замыканий наиболее высока и составляет более 60% от общего количества КЗ. Двухфазные КЗ, в том числе на землю, возникают реже, вероятность возникновения данной аварийной ситуации - 20%. Трехфазные КЗ встречаются достаточно редко, вероятность их возникновения – 10%. Порог срабатывания защиты устанавливается в зависимости от вида электрооборудования подключенного к электрической сети, класса пожароопасной или взрывоопасной зоны сечения и вида электропроводки [2,6].

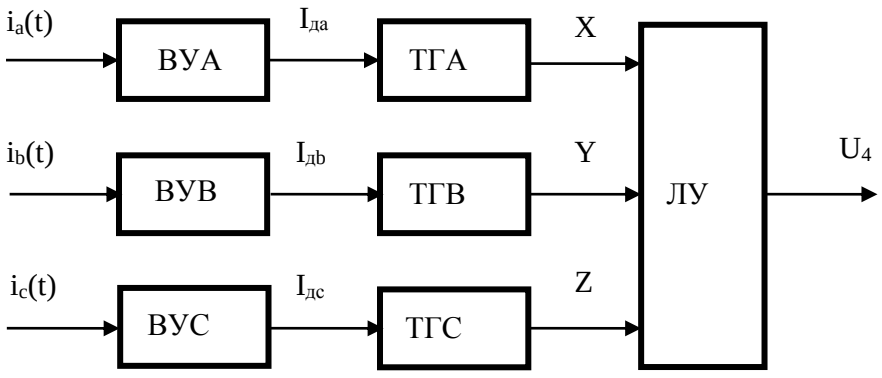


Рисунок 7 – Структурная схема системы защиты от токов перегрузки.

Структурная схема системы защиты от токов перегрузки представлена на рис.7. Контроль действующего значения величины электрического тока осуществляется в каждой силовой фазе посредством вычисления действующего значения тока в вычислительных устройствах (ВУА, ВУВ, ВУС) на каждом периоде изменения мгновенного значения электрического тока в соответствии с формулой:

$$I_{Д} = \sqrt{\frac{1}{\mathrm{T}}\int_0^T I^2{}_m \sin^2 wtdt}, \qquad (6)$$

где: $I_д$ – действующее значение электрического тока; T – период изменения тока; I_m – максимальное значение тока; w – круговая частота.

Сигналы с выхода вычислительных устройств, пропорциональные величинам действующих значений токов в фазах, поступают на входы триггерных устройств (ТГА, ТГВ, ТГС), величина гистерезиса которых определяет порог срабатывания системы защиты. В логическом устройстве (ЛУ) осуществляется логическая операция ИЛИ в соответствии с уравнением

$$U_4 = X+Y+Z. \qquad (7)$$

Применение вычислительных устройств в силовых фазах питающей сети позволяет значительно повысить быстродействие систем защиты.

Выводы. В работе показана возможность реализации повышения пожарной и техногенной безопасности эксплуатации электроустановок. Это достигается путем разработки комплексных бесконтактных быстродействующих систем защиты, которые контролируют все возможные аварийные режимы, возникающие в процессе работы.

Предложенная быстродействующая бесконтактная система защиты контролирует наличие всех фаз напряжения, их симметрию, отклонение величины напряжения от номинального значения, мгновенные значения электрических токов в фазах нагрузки, действующие значения токов в фазах и осуществляет отключение электроустановки от питающего напряжения при отклонении любого из контролируемых параметров на величину большую, чем допустимое значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гвоздь В.М. Повышение техногенной безопасности технологического процесса синтеза аммиака./В.Д. Акиньшин, А.Г. Баракин, О.В. Квашнина//Пожежна безпека: теорія і практика. —2013. —№13. — С. 12—17.

2. Правила улаштування електроустановок. Четверте видання, перероблене й доповнене — Х.: Вид-во «Форт», 2011.— 736 с.

3. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Київ, 1998. — 380 с.

4. B. M. Weedy. Electric Power Systems Second Edition. John Wiley and Sons, London, 1972, ISBN 0-471-92445-8 pp. 428-430

5. Михайлов В.В. Микропроцессорные гибкие системы релейной защиты / В. В. Михайлов, Е. В. Киричевский, Е.М. Ульяницкий.—М.: Энергоатомиздат, 1998. — 185 с.

6. Дулин И.А. Быстродействующая максимальная токовая защита в электросети шахтного участка./ Ковалёва И.В.// ДОНБАС-2020: перспективи розвитку очима молодих вчених: VI Міжнародна науково-практична конференція, зб. наук. праць – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – с. 271-274.

УДК 614.84

Н.Б. Григорьян, В.Д. Полищук,
Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля НУГЗ Украины,
П.Г. Круковский, д.т.н., проф., Институт технической теплофизики НАН Украины,
С. В. Новак, к.т.н., с.н.с., УкрНДИЦЗ

ОЦЕНКА ОГНЕЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ ВСПУЧИВАЮЩЕГОСЯ ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ «ФЕНИКС СТС»

Приведены результаты определения характеристики огнезащитной способности вспучивающегося огнезащитного покрытия «Феникс СТС», полученные экспериментально-расчетным методом, основанным на решении обратной задачи теплопроводности. Показано, что указанное огнезащитное покрытие позволяет повысить предел огнестойкости несущих стальных конструкций до 90 мин. Даны значения минимальной толщины огнезащитного покрытия, которые обеспечивают нормируемые пределы огнестойкости несущих стальных конструкций в диапазоне от 30 до 90 мин для заданных величин приведенной толщины металлического профиля от 3 до 15 мм и критической температуры стали от 350 до 750 °С.

Ключевые слова: пожарная безопасность, огнезащитное покрытие, огнезащитная способность, металлическая конструкция, предел огнестойкости, задачи теплопроводности.

Для стальных колонн и балок эффективным способом повышения их огнестойкости является нанесение на их поверхность материалов, которые при тепловом воздействии в условиях пожара в десятки раз увеличивают свою исходную толщину. Такие огнезащитные покрытия (далее – ОЗП) имеют максимальную исходную толщину несколько миллиметров, и их называют вспучивающими или реактивными ОЗП [1, 2]. Целью данной работы являлась оценка огнезащитной способности вспучивающегося ОЗП «Феникс СТС» для несущих стальных конструкций, что необходимо для его практического применения на объектах строительства.

Характеристикой огнезащитной способности ОЗП [1, 2] является зависимость минимальной толщины этого покрытия d_{Pmin} от приведенной толщины металлического профиля конструкции V/A_P, критической температуры металла θ_{cr} и нормируемого предела огнестойкости конструкции t_τ, которая выражается в виде следующей функции:

$$d_{P\min} = f(\frac{V}{A_p}, \theta_{cr}, t_\tau), \quad (1)$$

где V – объем металлического профиля конструкции, м^3, A_P – площадь поверхности металлического профиля конструкции, которая поддается огневому воздействию, м^2.

Для определения характеристики огнезащитной способности ОЗП «Феникс СТС» был применен экспериментально-расчетный метод, экспериментальная часть которого реализована в соответствие с европейским стандартом [1], а расчетная часть выполнена с помощью метода решения обратной задачи теплопроводности (далее – ОЗТ) на основе уточненной математической модели теплопроводности (описана ниже), приведенного в гармонизированном национальном стандарте [2].

Указанный выше метод содержит такие основные этапы:

- экспериментальное определение температуры θ_a в 10 образцах стальных колонн высотой 2 м, имеющих различные значения приведенной толщины V/A_P, с ОЗП в условиях стандартного температурного режима;

- определение теплофизических характеристик (коэффициента теплопроводности λ_p и удельной объемной теплоемкости $c_p\rho_p$, далее – ТФХ) ОЗП путем решения ОЗТ по полученным данным измерения температуры образцов колонн при огневых испытаниях в печах;

- расчет значений необходимой минимальной толщины d_{Pmin} ОЗП, которые обеспечивают нормативные пределы огнестойкости t_τ несущих стальных конструкций для заданных величин приведенной толщины металлического профиля и критической температуры металла θ_{cr}, многократным решением прямой задачи теплопроводности (далее – ПЗТ).

Решения ОЗТ и ПЗТ проводят, используя следующую систему уравнений:

– уравнение теплопроводности:

$$c_p\rho_p \frac{\partial\theta_p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_p \frac{\partial\theta_p}{\partial x}\right), \tag{2}$$

$$0 < x < d_p;\ \ \theta_p = \theta_p(x,t);\ \ 0 < t < t_{max},$$

– начальное условие: $$\theta_p(x,0) = \theta_0, \tag{3}$$

– граничное условие на нагреваемой поверхности ОЗП, при $x = d_p$:

$$\lambda_p \frac{\partial\theta_p(d_p,t)}{\partial x} = \alpha^*\left[\theta_t - \theta_p(d_p,t)\right], \tag{4}$$

где $$\alpha^* = \alpha_c + \frac{C_0\varepsilon}{\theta_t - \theta_p(d_p,t)}\left\{\left[\frac{\theta_t + 273{,}15}{100}\right]^4 - \left[\frac{\theta_p(d_p,t) + 273{,}15}{100}\right]^4\right\},$$

– граничное условие на внутренней поверхности ОЗП, при $x = 0$:

$$\lambda_p \frac{\partial\theta_p(0,t)}{\partial x} = c_a\rho_a \times \frac{V}{A_p} \times \frac{\partial\theta_p(0,t)}{\partial t}, \tag{5}$$

где x – координата в ОЗП (x = 0 соответствует месту контакта покрытия с металлом, где измеряется температура образца $\theta_a = \theta_p(0,t)$);

t – время, с;

t_{max} – максимальное время нагрева образца, с;

α_c – коэффициент теплоотдачи на нагреваемой поверхности ОЗП (α_c = 25 Вт/(м·°С));

C_o = 5,67;

ε – степень черноты поверхности ОЗП (ε = 0,5);

θ_0 – начальная температура образца, °С;

θ_t – температура в огневой печи, °С.

При решении ОЗТ, используя уравнения (2) – (5), определяют такие значения коэффициента теплопроводности λ_p и удельной объемной теплоемкости $c_p\rho_p$ огнезащитного покрытия, для которых величина среднеквадратичного отклонения F расчетных $\theta_p(0,t)$ и

экспериментальных θ_a значений температуры образцов, найденная по формуле (6), будет минимальна.

$$F = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\left[\theta_p^{j,i}(0,t) - \theta_a^{j,i}\right]^2}{\sum_{j=1}^{m} n_j}}, \qquad (6)$$

где $j=1,2,...,m$; j-номер испытуемого образца, m – общее количество образцов;

n_j – количество экспериментальных значений температуры $\theta_a^{j,i}$, используемых в формуле (6), для каждого образца с номером j (j = 1, 2,..., m).

Расчетные значения температуры $\theta_p^{j,i}$ определяют из решения уравнений (2) – (5) для каждого образца с номером j.

Полученная решением ОЗТ зависимость коэффициента теплопроводности ОЗП «Феникс СТС» от температуры приведена на рис. 1. Найденное при этом значение его удельной теплоемкости составляет 0,658 МДж/(м^3 ^{o}С). Величина отклонения F для этого решения 38,0 ^{o}С. Обратная задача теплопроводности решена экстремальным методом, основанным на использовании итерационного метода Ньютона – Гаусса поиска минимума функции F и метода регуляризации Тихонова А.Н. [3]. Ход полученной зависимости коэффициента теплопроводности ОЗП «Феникс СТС» от температуры можно пояснить следующим образом. В процессе нагрева образцов стальных колонн происходит увеличение толщины их огнезащитного покрытия в десятки раз по отношению к начальной толщине ОЗП, что приводит к значительному уменьшению его теплопроводности. Этот процесс увеличения толщины завершается при температуре около 400 ^{o}С. Интенсивное повышение теплопроводности при температурах более 800 ^{o}С вызвано увеличением лучистой составляющей коэффициента теплопроводности и его кондуктивной составляющей (вследствие усадки (спекания) коксового слоя ОЗП и его частичного разрушения).

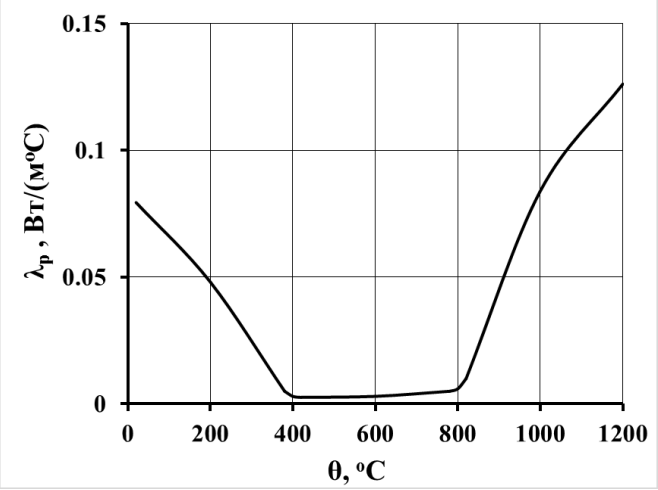


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента теплопроводности ОЗП «Феникс СТС» от температуры, полученная решением ОЗТ.

Используя найденные ТФХ огнезащитного покрытия, решением ПЗТ были определены расчетные значения времени t_p достижения критических температур для каждого из 10-ти образцов колонн. Из сравнения этих значений с экспериментальными величинами $t_э$ был сделан вывод о том, что полученное решение ОЗТ не удовлетворяет критериям пригодности, приведенным в стандартах [1, 2]. Среднее значение отклонений расчетного времени t_p от экспериментального времени $t_э$ достижения критических температур для ряда образцов больше нуля и более чем 20 % значений всех отклонений больше нуля. Поэтому согласно положениям национального стандарта [2] были определены модифицированные значения коэффициента теплопроводности в узловых точках по температуре, при которых расчетные значения времени достижения критических температур удовлетворяют критериям приемлемости и наиболее приближены к экспериментальным значениям этого времени.

Используя модифицированную зависимость коэффициента теплопроводности $\lambda_p(\theta_p)$ и полученное решением ОЗТ значение удельной теплоемкости $c_p\rho_p$ многократным решением ПЗТ были определены такие значения минимальной толщины d_{Pmin} ОЗП «Феникс СТС», которые обеспечивают нормативные пределы огнестойкости несущих стальных конструкций в диапазоне от 30 до 90 мин для заданных величин приведенной толщины металлического профиля от 3 до 15 мм и критической температуры стали от 350 до 750 °С. Результаты этих расчетов приведены в таблице 1. На рис. 2 показаны зависимости толщины d_{Pmin} ОЗП от приведенной толщины профиля и предела огнестойкости конструкции, полученные для критической температуры 500 °С.

Из анализа полученных результатов следует, что применение ОЗП «Феникс СТС» позволяет повысить предел огнестойкости несущих стальных конструкций до 90 мин. При этом это ОЗП обеспечивает предел огнестойкости 90 мин при значениях приведенной толщины профиля не менее чем 10,0 и 4,0 мм для критических температур стали 500 и 750 °С, соответственно. При величине критической температуры 350 °С ОЗП обеспечивает предел огнестойкости 30 мин для приведенной толщины от 3,0 до 15,0 мм и пределы огнестойкости 45, 60 мин для приведенной толщины не менее чем 10,0 мм.

Таблица 1 – Расчетные значения минимальной толщины ОЗП «Феникс СТС»

Предел огнестойкости $t_ст$, мин	30			45			60			90		
Критическая температура θ_{cr}, ^{0}С	350	500	750	350	500	750	350	500	750	350	500	750
Приведенная толщина V/A_p, мм	Минимальная толщина огнезащитного покрытия d_{Pmin}, мм											
3,0	1,97	0,55	0,07	-	1,27	0,30	-	-	0,73	-	-	-
4,0	1,48	0,40	0,05	-	0,95	0,21	-	1,82	0,52	-	-	1,59
5,0	1,18	0,32	0,03	-	0,75	0,15	-	1,46	0,40	-	-	1,25
10,0	0,58	0,14	0	1,03	0,34	0,05	1,67	0,70	0,15	-	1,73	0,55
15,0	0,38	0,08	0	0,69	0,21	0,02	1,09	0,44	0,08	-	1,11	0,33

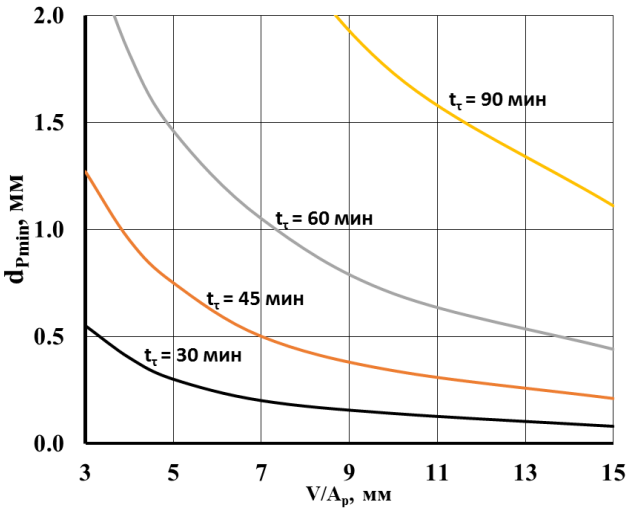


Рисунок 2 – Зависимости минимальной толщины ОЗП «Феникс СТС» от приведенной толщины профиля и предела огнестойкости конструкции, полученные для критической температуры 500°С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Европейский стандарт ENV 13381-4:2002 Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members - Part 4: Applied protection to steel members.

2. Национальный стандарт ДСТУ Б В.1.1-17:2007 Защита от пожара. Огнезащитные покрытия для строительных несущих металлических конструкций. Метод определения огнезащитной способности (ENV 13381-4:2002, NEQ).

3. Круковский П.Г. Обратные задачи тепло-массопереноса (общий инженерный подход). Киев, Институт технической теплофизики НАН Украины, 1998, 224 с.

УДК 622 82: 614. 842

В.В. Ковалишин, д.т.н., проф., В.М. Ковальчик, С.І. Гончаренко,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ІНЕРТНИМИ ГАЗАМИ З НАСТУПНОЮ ЇХ РЕЦИРКУЛЯЦІЄЮ В КАБЕЛЬНИХ ТУНЕЛЯХ

Розроблено методику розрахунків параметрів гасіння пожеж на основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень в лабораторних та полігонних умовах динаміки інертних газів при їх поглинанні стінками каналу, динаміки температури та ефективності впливу на осередок горіння азотом та вуглекислим газом з наступною рециркуляцією пожежних газів. Розроблено комп'ютерний метод обґрунтування параметрів ефективного гасіння пожеж азотом або вуглекислим газом з наступною рециркуляцією пожежних газів, що дозволяє в наглядному графічному вигляді спостерігати динаміку температури, як без подачі, так і при подачі інертного газу. Визначено область застосування та тактико-технічні можливості впливу на осередок горіння азотом або вуглекислим газом з наступною рециркуляцією пожежних газів. Це ізольовані та напівізольовані протяжні об'єкти: кабельні тунелі, коридори та відсіки будівель різноманітного призначення, підземні горизонтальні або з нахилом до 10 градусів гірничі виробки та інші аналогічні об'єкти при виникненні та гасінні пожеж. Встановлено, що подача інертних газів повинна проводитися на відстань не більше 40 м від зони горіння. Область застосування інертних газів значно розширюється при організації подальшої рециркуляції пожежних газів, що дозволяє економно подавати інертний газ.

Ключові слова: гасіння пожеж, інертні гази, рециркуляція, кабельні тунелі.

Постановка завдання. Найчастіше пожежі виникають на об'єктах електроенергетики в кабельних тунелях. Та, незважаючи на використання в теперішній час нових типів кабелів з важкогорючою оболонкою, кількість пожеж не знижується. При пожежах в кабельних тунелях, характерним є дуже швидкий їх розвиток. За 10-12 хвилин температура в зоні горіння може досягати 700-800 ^{0}С. Особливістю профілактики і гасіння пожеж на таких об'єктах є важкодоступність обслуговуючого персоналу для огляду стану кабельної системи.

Відомі установки газоводяного пожежогасіння типу, наприклад, АГВГ добре себе зарекомендували при гасінні газових фонтанів, але вони не придатні для створення інертного середовища в ізольованих підземних об'єктах, віддалених від установки більше ніж на 15-25 м.

У зв'язку з цим виникає необхідність в розробці нових високоефективних способів та засобів пожежогасіння. Дослідження процесів інертизації пожежних об'єктів різноманітної протяжності азотом або діоксидом вуглецю, встановлення закономірності горіння твердого палива в умовах низьких концентрацій кисню є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого сприяє безпечному та ефективному гасінню пожеж та проведенню аварійно-рятувальних робіт на об'єктах з підвищеною небезпекою.

Основна частина. Дійсна методика розроблена на основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень в лабораторних та полігонних умовах динаміки інертних газів при їх поглинанні стінками каналу та ефективності впливу на осередок горіння азотом та вуглекислим газом з наступною рециркуляцією пожежних газів. При теоретичних дослідженнях використано систему диференціальних рівнянь переносу вздовж каналу та тепломасообміну з його стінками [1–3] з урахуванням стисненості та розширення пожежних газів при піролізі та горінні твердого палива. Задача розв'язана чисельним методом та описує динаміку концентрації інертного газу та температуру перед зоною та в зоні горіння [4,5].

Область застосування – ізольовані та напівізольовані протяжні об'єкти: кабельні тунелі, коридори та відсіки будівель різноманітного призначення, підземні горизонтальні або похилі під кутом до 10 градусів гірничі виробки та інші аналогічні об'єкти при виникненні та гасінні пожеж.

Аварійний об'єкт для ефективного гасіння пожежі повинен мати площу поперечного перерізу каналу не більше 10-15 м^2. Протяжність об'єкту може бути різною та ефективність гасіння пожеж визначається відстанню зі сторони свіжого струменю повітря до осередку горіння.

В кабельних тунелях, які розділені на відсіки перемичками, останні автоматично або вручну зачиняються при виникненні пожежі. Кінець всмоктуючого трубопроводу розміщується в верхній частині каналу за перемичкою там, де температура пожежних газів, що направляються назустріч свіжому струменю повітря, знаходиться в межах 50 – 150 ^{0}С. Виконання цих заходів сприяє організації надійної рециркуляції пожежних газів у випадку її застосування перед подачею та після подачі інертного газу. Пожежні гази, що рециркулюють подаються за допомогою всмоктуючого вентилятора в отвір перемички.

Вплив на осередок пожежі в цьому випадку заключається в тому, що з однієї сторони пожежні гази, що відбираються з ізольованої ділянки повертаються по трубопроводах в осередок горіння. Ефективність застосування інертного газу з наступною їх рециркуляцією в основному визначаються двома параметрами: відстанню до осередку пожежі та відстанню, починаючи з якої можливо провести захоплення продуктів горіння та подати їх до осередку пожежі.

Схема організації впливу інертних газів на осередок пожежі в ізольованому об'ємі показана на рис. 1.

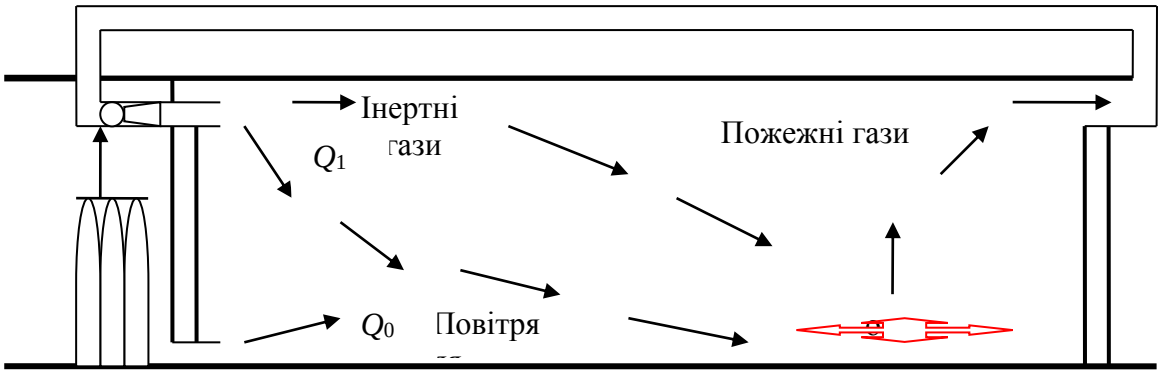


Рисунок 1 – Схема організації впливу інертних газів на осередок пожежі в ізольованому об'ємі.

На рис. 1 видно, що з балонів або з установки мембранного отримання азоту інертні гази подаються в ізольовані відсіки кабельного тунелю та, змішуючись з повітрям, поступають на осередок горіння, а пожежні гази, подаються по трубопроводах знову в ізольований відсік.

Інтенсивність та тривалість подачі інертного газу, а також час рециркуляції пожежних газів в ізольованому каналі визначаються розрахунковим шляхом та подальшим вивченням результатів гасіння пожежі. Витік повітря через ізольований об'єм необхідно зменшувати до 10-20 % від загального розходу суміші газів. Необхідна дальність подачі інертного газу з урахуванням його поглинання стінками каналу, його концентрація та концентрація кисню в осередку пожежі, а також тривалість гасіння пожежі до температури 100-200 ^{0}С та інші параметри повинні визначатися розрахунковим шляхом.

До проведення розрахунку потрібно вибрати завчасно інертний газ – азот або діоксид вуглецю, задати його розхід, а розхід іншого інертного газу приймаємо рівним нулю.

Далі, представляємо, що попередньо, хоча б приблизно, відомі витоки повітря та приймається їх розхід через ізольований об'єм з його геометричними параметрами (довжиною відсіку кабельного тунелю, відстанню від місця подачі інертного газу до зони горіння та його загальною довжиною).

Метою розрахунку є визначення:

- коефіцієнта поглинання вибраного інертного газу залежно від відстані до осередку пожежі;

- очікуваної концентрації кисню в зоні горіння;
- температури в зоні горіння без застосування інертних газів;
- очікуваної температури в осередку пожежі при заданому часі його гасіння;
- очікуваної максимальної температури при довготривалому гасінні пожежі;
- проміжку часу гасіння пожежі до температури 100200 ^{0}C з наступною рециркуляцією пожежних газів.

Вихідні дані для розрахунку:

Q_0 – розхід повітря в суміші газів, м^3/хв; Q_1 – розхід азоту (при відсутності подачі приймається рівним «0»), м^3/хв; Q_2 – розхід діоксиду вуглецю (при відсутності подачі приймається рівним «0»), м^3/хв; L – довжина відсіку кабельного тунелю, м; S – площа поперечного перерізу каналу, м^2; υ_0 – швидкість горіння, приймається рівною 0,78 кг/(с·м^2); q – пожежна навантага для кабелю, еквівалентна деревині і приймається рівною 35 кг/м^2; τ_i – час з початку і до завершення впливу на осередок пожежі інертних газів та рециркуляції (i = 1 – початок подачі інертного газу, i = 2 – завершення подачі інертного газу, 3 – завершення рециркуляції), хв.

Порядок розрахунку

1. Знаходимо концентрацію кисню (%) в місці подачі інертного газу

$$C_0 = \frac{21Q_0}{Q_0 + Q_1 + Q_2}. \qquad (1)$$

2. Визначаємо коефіцієнт поглинання інертного газу (азоту або діоксиду вуглецю) по шляху його руху до зони горіння

$$\bar{\gamma}_2 = 1{,}5 \cdot 10^{-5} L \left(\frac{Q_1}{Q_1 + Q_2} + 2\frac{Q_2}{Q_2 + Q_1} \right). \qquad (2)$$

3. Знаходимо очікувану концентрацію кисню (%) в зоні горіння

$$C_1 = \bar{\gamma}_2 C_0. \qquad (3)$$

Якщо очікувана концентрація повітря інертного газу C_1 > 10 %, то необхідно або зменшити виток повітря Q_0, або зменшити відстань x_0 від місця подачі до зони горіння.

4. Визначаємо з урахуванням теплової конвекції швидкість руху (м/с) суміші газів, що потрапляють в осередок горіння за формулою

$$u = 0{,}05 + \frac{Q_0 + Q_1 + Q_2}{60S}. \qquad (4)$$

5. Знаходимо довжину (м) зони горіння за формулою

$$l = 0{,}5uq / \upsilon_0. \qquad (5)$$

6. Визначаємо коефіцієнт швидкості розвитку пожежі (1/с)

$$k = 0{,}006 / l \ . \qquad (6)$$

7. Знаходимо крок за часом (хв) при чисельному розрахунку за програмним забезпеченням ПК

$$\Delta\tau = l / 60u . \quad (7)$$

8. Знаходимо номери вузлів, що відповідають часу початку (n_1) та завершення (n_2) гасіння пожежі інертним газом, а також часу завершення (n_3) рециркуляції пожежних газів за формулою

$$n_i = \tau_i / \Delta\tau . \quad (8)$$

9. Визначаємо на кожному новому періоді часу інтенсивність тепловиділення при горінні за формулою

$$\bar{q}^n = \bar{q}_0 kn\Delta\tau \exp(-kn\Delta\tau) . \quad (9)$$

10. Задаємо на вході в першу зону функцію зміни концентрації інертного газу при його подачі

$$\bar{\varsigma}_0^{n+1} = 1 + 0{,}25\left(1 + \frac{n - n_1}{|n - n_1|}\right)\left(1 + \frac{n_2 - n}{|n_2 - n|}\right)\{(C_1 / C_0 - 1)[1 - \exp(-un\Delta\tau)]\} . \quad (10)$$

11. Задаємо на вході в першу зону функцію зміни концентрації пожежних газів при їх рециркуляції

$$\bar{\varsigma}_0^{n+1} = 1 + 0{,}25\left(1 + \frac{n - n_2}{|n - n_2|}\right)\left(1 + \frac{n_3 - n}{|n_3 - n|}\right)(\vec{C}^n - 1) . \quad (11)$$

12. Проводимо на кожному новому періоді часу розрахунок параметрів гасіння пожежі
- концентрації кисню до зони горіння

$$\bar{\varsigma}^{n+1} = \frac{\bar{\varsigma}^n + \bar{\varsigma}_0^{n+1} l / (L - l) + \bar{\gamma}_2}{1 + l / (L - l) + \bar{\gamma}_2} ; \quad (12)$$

- концентрації кисню в зоні горіння

$$\overline{C}^{n+1} = \frac{\overline{C}^n + \overline{T}^n(\bar{\varsigma}^{n+1} + \bar{\gamma}_2)}{1 + \overline{T}^n(1 + \bar{\gamma}_2 + 0{,}1\bar{q}^n)} ; \quad (13)$$

- температури в зоні горіння

$$\overline{T}^{n+1} = \overline{T}^n \frac{2 + 3\bar{\theta}^n + \bar{q}^n \overline{C}^n}{1 + 3\overline{T}^n} ; \quad (14)$$

- температури в оточуючому тунель середовищі

$$\bar{\theta}^{n+1} = \frac{\bar{\theta}^n + 0{,}015\overline{T}^n}{1{,}015} . \quad (15)$$

Для оперативних розрахунків усіх параметрів, а також часу гасіння пожежі розроблено комп'ютерний метод розрахунку.

Розрахунок параметрів гасіння пожежі (концентрації кисню та температури, як в зоні горіння, так і перед нею інертними газами з наступною їх рециркуляцією) виконується в Excel з використанням усіх вихідних даних та отриманих аналітичних залежностей, представлених в розробленій методиці. Покрокове представлення параметрів гасіння пожеж дає можливість наглядно в графічному вигляді прослідкувати, як змінюється з часом обстановка в зоні гасіння пожежі.

Разрахунок газодинамічних параметрів закінчується при досягненні кількості ітерацій n = 500, що відповідає часу з моменту виникнення пожежі, рівного 1-2 години та більше. Це залежить від величини розходу газоповітряної суміші, яка потрапляє в осередок пожежі при швидкості її руху не менше 0,1 м/с.

В результаті розробленого алгоритму та програми розрахунку газодинамічних параметрів горіння та гасіння пожежі у відсіках кабельного тунелю надається можливість спрогнозувати в програмному забезпеченні Excell ефективність застосування того або іншого інертного газу та визначити, як тривалість його застосування, так і кількість розхідного матеріалу та вибрати інший більш ефективний режим.

Результати розрахунку надаються у зручному графічному вигляді з представленням кривих змін за часом температури в зоні горіння як без застосування, так із застосуванням вибраного інертного газу з рециркуляцією пожежних газів та без неї. Це дозволяє наглядно аналізувати ефективність застосування того чи іншого інертного газу.

Нижче приведено різноманітні приклади розрахунку для програмного забезпечення гасіння пожежі азотом або діоксином вуглецю у відсіках кабельного тунелю.

Приклад. Визначити час гасіння пожежі азотом у відсіку кабельного тунелю довжиною L = 40 м та площею поперечного перерізу S = 4 м^2 при наступних вихідних даних: Q_0 = 1 м^3/хв; ; Q_1 = 10 м^3/хв; Q_2 = 0. Подача азоту продовжується протягом 10 хв, починаючи з τ_1 = 10 хв, після чого починається рециркуляція пожежних газів також протягом 10 хв.

Як видно (рис. 2), подача азоту протягом 10 хв з розходом 10 м^3/хв без рециркуляції призводить до зниження температури до 150 ^{0}С через 40 хв з моменту виникнення пожежі. Додаткова рециркуляція пожежних газів протягом 10 хв дозволяє вже на 30 хв добитися зниження температури до 150 ^{0}С. При цьому видно, що без рециркуляції після подачі інертного газу спостерігається різке збільшення температури з 250-300 ^{0}С майже до 350 ^{0}С, що викликає повторне горіння.

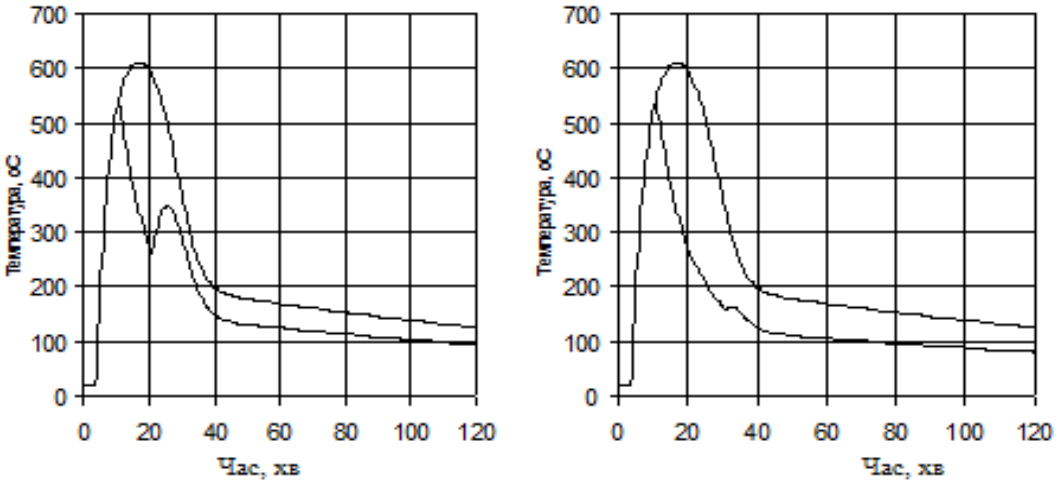


Рисунок 2 – Динаміка температури в ізольованому відсіку довжиною 40 м при подачі азоту (ліворуч) та при його подачі з наступною рециркуляцією (праворуч, тонка лінія – вільне горіння).

Подальші розрахунки показали, якщо застосовується діоксид вуглецю з таким самим розходом 10 $м^3$/хв, то в цьому випадку отримуємо приблизно такі ж результати. Однозначно, що в цьому випадку зниження температури до 150 ^{0}С досягається пізніше (всього на 2 хв).

Зовсім інша картина (рис. 3) спостерігається, якщо довжина відсіку збільшується та складає L = 150 м.

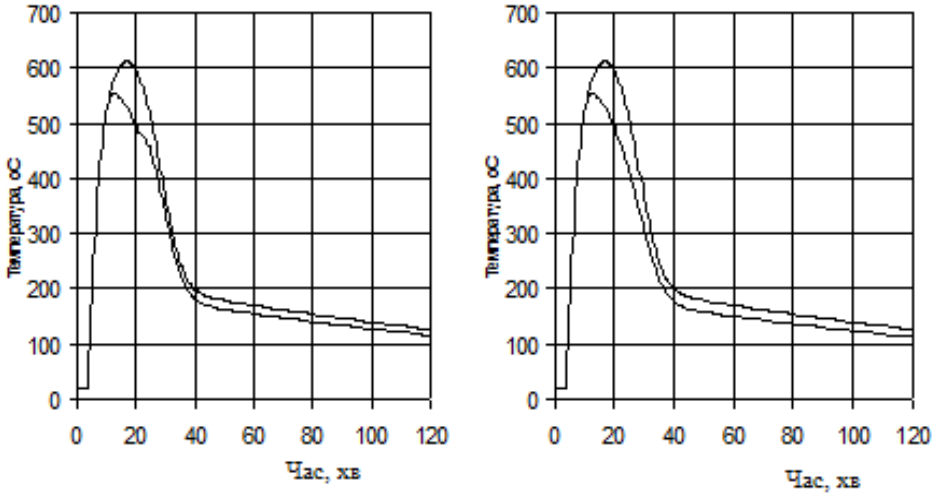


Рисунок 3 – Динаміка температури в ізольованому відсіку довжиною 150 м при подачі азоту (ліворуч) та при його подачі з наступною рециркуляцією (праворуч, тонка лінія – вільне горіння)

З результатів розрахунку видно, якщо подача азоту на великі відстані призводить до деякого пришвидшення зниження температури (рис. 3), то подача діоксиду вуглецю на таку саму відстань майже не відображається на динаміці температури навіть з наступною рециркуляцією пожежних газів.

Висновок. Таким чином, розроблений метод та методика комп'ютерного розрахунку гасіння пожежі інертними газами дозволяє наглядно спостерігати динаміку температури в зоні горіння без подачі та з подачею конкретного інертного газу, дозволяє робити оцінку ефективності гасіння пожежі та вибирати, як відстані для подачі інертного газу, так і його розхід, визначати загальну кількість та час інертизації атмосфери ізольованого відсіку тунелю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Тушение пожаров в кабельных шахтах / И. С. Молчадский, А. В. Гомозов, С. Н. Артюнов, Т.Н. Степанова // Автоматические установки пожаротушения. – М., 1985. – С. 41-46.

2. Термогазодинамика пожаров в помещениях / В. М. Астапенко, Ю. А. Кошмаров, И. С. Молчадский, А. Н. Шевляков. – М.: Стройиздат, 1988. – 448 с.

3. Пузач С. В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности / С. В. Пузач. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 336 с.

4. Ковалишин В. В. Аналитические исследования тепломассообменных процессов в закрытых объектах большой длины при возникновении пожаров / В. В. Ковалишин, Т. В. Бойко, С. Ю. Дмитровский // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. тез. докл. III Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2006. – С. 157-159.

5. Ковалишин В. В. Математичне моделювання розвитку і гасіння пожеж різними засобами на об'єктах значної протяжності / В. В. Ковалишин. – Київ: Науковий вісник НДІПБ, 2013, №1 (27). – С. 153-160.

УДК 614.84

В.В. Ковалишин, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ВИПРОБУВАННЯ СИГНАЛІЗАТОРА НЕБЕЗПЕЧНОГО РІВНЯ ГУСТИНИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ ДЛЯ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ПОЖЕЖНИКІВ (СТП-02)

В роботі представлені статистичні дані по травматизму та загибелі пожежників під час виконання службових обов'язків. З використанням математичної моделі побудовані графіки густина теплового потоку на пожежі з врахуванням різних умов: висоти полум'я, температури горіння, розміщення датчиків, зміни теплових потоків під впливом нахилу факела. Проведені полігонні випробування індивідуальних приладів оповіщення про досягнення критичних параметрів теплових потоків для захисного одягу різного типу з використанням манекену та випробувача.

Ключові слова: коефіцієнт безпечної роботи, густина теплового опромінення, сигналізатор теплового потоку, захисний одяг пожежника.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. За 2006÷2012 роки під час виконання завдань за призначенням працівниками пожежно-рятувальних підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту отримано 202 травми, із них 10 – зі смертельними наслідками.

Термічні ураження є однією з основних причин загибелі та травмування пожежних на пожежах, оскільки внаслідок небезпечного рівня густини теплового потоку, який перевищує можливості захисного одягу пожежників, останній виходить з ладу (рис.1). Є декілька можливостей боротьби з цим явищем: зміна тактики гасіння, вибір безпечних відстаней гасіння [1, 2], використання більш досконалого захисного спорядження з приладами контролю температури та густини теплових потоків.

Рисунок 1 – Елементи обгорілого теплозахисного одягу ТК-1200.

Такі випадки непоодинокі і в практичній діяльності, ліквідації пожеж з потужними джерелами теплового опромінення. В [3-7] розглядаються питання розробки та виготовлення приладів, які б попереджали пожежників про досягнення критичних значень інтенсивності теплових потоків для захисного одягу різного призначення. Дуже важливим є не тільки самі прилади - теплові радіометри, але й методика їх випробувань. Особливо важливою є підготовка пожежників до роботи з цими приладами.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. При роботі в тепловідбивному, захисному одязі визначення максимальних теплових потоків відіграє важливу роль, так як пов'язане з безпекою людини. Щоб забезпечити безпеку пожежнику-рятувальнику тепловий потік, на який розрахований захисний одяг пожежника різного типу, повинен мати $q_{к.з.о}$ більше величини теплового

потоку джерела випромінювання (факела) $q_ф$ та з врахуванням коефіцієнта безпеки β, $q_{к.з.о.} \geq \beta q_ф$.

В роботі [5] визначений коефіцієнт безпеки і він дорівнює 1.2. Відповідно до цього коефіцієнту вибрані режими роботи приладу СТП-02 (сигналізатор теплового потоку) [3]. Розглянемо випадок, котрий зустрічається в практичній роботі пожежників. Персональний сигналізатор небезпечного рівня густини теплового потоку (СТП-02) можна розмістити в місцях знаходження вразливих точок на тілі людини, а це: чоло, грудина, живіт, поперек, спина, передпліччя, плече, стегно, гомілка, стопа, кисть. В даному випадку це грудина у місці розташування серця, 1,5метра від рівня землі. Джерелом випромінювання є прямокутне деко розмірами 1,5*0,5 м з площею горіння 0,75м^2 і висотою полум'я H=3м, T= 1273 ^{0}K.

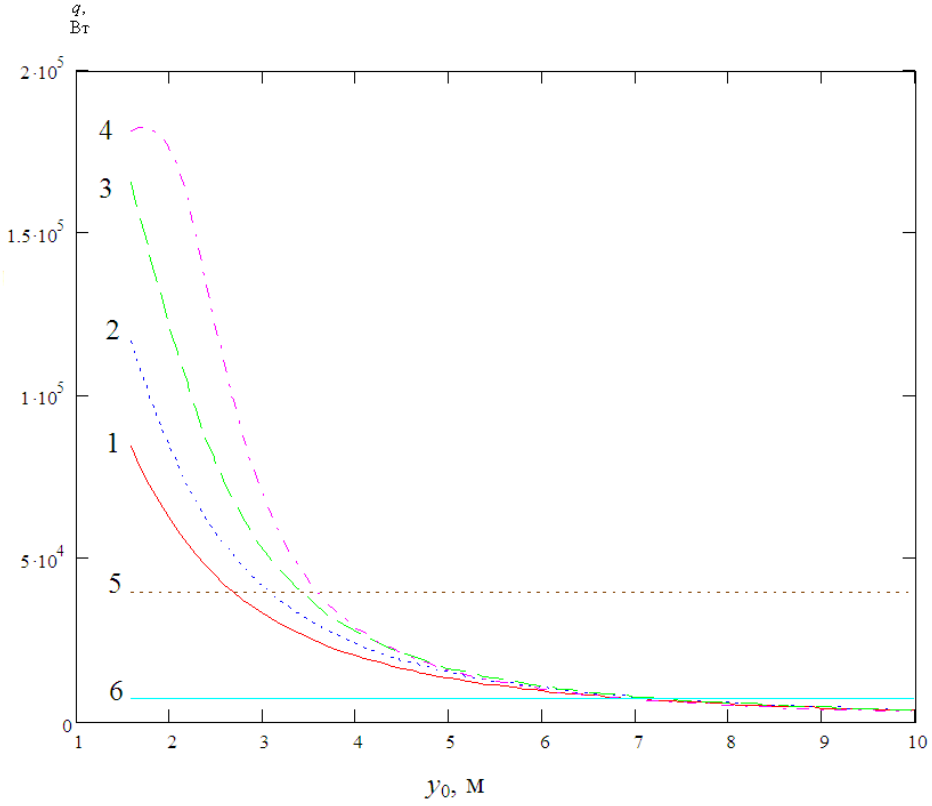


Рисунок 2 – Залежність інтенсивності теплового потоку від відстані до основи полум'я висотою 3 м і шириною 1,5 м, вертикального (крива 1) і нахиленого від вертикалі на кут 15° (крива 2), 30° (крива 3) і 45° (крива 4). Горизонтальна пряма 5 побудована на рівні 40 КВт/м^2, а 6 – на рівні 7 КВт/м^2

З рис. 2 ми бачимо, що при $q_{к.з.о}$ =40 КВт/м^2 (теплове опромінення, яке витримує тепловідбивний костюм протягом певного проміжку часу) і збільшенні кута нахилу полум'я безпечна відстань y_0 збільшується. Якщо це перевести на випадки практичної роботи пожежників то така ситуація може трапитись в будь-яку хвилину на пожежі при зміні швидкості повітряних потоків, наприклад зміна швидкості і напряму вітру. А це свідчить про те, що повинні бути прилади, які забезпечать безпечну роботу в захисному одязі та попереджатимуть завчасно про досягнення безпечної відстані з певним коефіцієнтом безпеки. Наприклад при вертикальному полум'ї $q_{к.з.о.}$=40 КВт/м^2 буде досягнуто на відстані L_1=2,75м, а при нахиленому полум'ї на 30^0 $q_{к.з.о.}$=40 КВт/м^2 на відстані L_3= 3,45 м, безпечна відстань збільшилась.

Аналогічні розрахунки проведені за формулою (16) [5] і для інших випадків, які можуть зустрічатись на пожежі.

Таблиця 1 – Визначення безпечної відстані від полум'я до пожежного у захисному одязі ($q_{к.з.о.}$=40 КВт/м$^{2)}$, що оснащений персональним сигналізатором густини теплового потоку в різних умовах пожежі

Температура поверхні полум'я T, К	Висота полум'я H, м	Висота розміщення радіометра h, м	Відстань від полум'я y_0, м, на якій тепловий потік становитиме 40 КВт/м^2 для кута нахилу площини α°			
			0°	15°	30°	
1200	2,0	1,0	1,287	1,551	1,809	
		1,2	1,270	1,548	1,794	
		1,5	1,180	1,469	1,661	
1200	2,5	1,0	1,393	1,697	2,035	
		1,2	1,411	1,740	2,088	
		1,5	1,393	1,755	2,100	
973	2,0	1,0	0,427	0,672	0,867	
		1,2	0,418	0,723	1,012	
		1,5	0,361	0,744	1,097	
973	2,5	1,0	0,448	0,681	0,824	
		1,2	0,456	0,748	0,973	
		1,5	0,448	0,832	1,194	

З таблиці 1 видно, що датчик СТП-02, який знаходиться на висоті 1,2 м при висоті полум'я 2м і 2,5м як правило більше сприймає опромінення ніж датчик на висоті 1,5 м і відповідно безпечна відстань більша. Теплове опромінення по висоті розміщення датчиків відрізняється. При висоті полум'я 2-2,5м датчики краще розміщувати на висоті 1-1,2м. А ще краще використовувати не менше двох датчиків. Безпечна відстань збільшується з зміною температури полум'я, тобто від того що горить і в якій кількості. Безпечна відстань з нахилом полум'я збільшується (рис. 2) і це необхідно враховувати під час роботи пожежників поблизу полум'я. Теоретичні дослідження стали передумовою проведення експериментальних випробувань..

Випробування проводились відповідно до «Методики полігонних випробувань персонального сигналізатора небезпечного рівня густини теплового потоку (СТП-02) захисного одягу пожежника». Для випробування було відібрано три СТП-02. Параметри спрацювання були перевірені в лабораторних умовах на електричному джерелі опромінення у двох режимах. Прилад працює у двох режимах сигналізації для кожного типу захисного одягу.

Для 1-го типу захисного одягу:

- Режим «Небезпечно». У момент впливу теплового потоку густиною в межах від 5,6 кВт/м^2 до 7 кВт/м^2 включається імпульсивний звуковий сигнал (попереджувальний), який триватиме поки густина випромінювання знаходиться в зоні від 5,6 кВт/м^2 до 7 кВт/м^2.

- Режим «Покинути зону». У момент впливу теплового потоку 7 кВт/м^2 і більше включається неперервний сигнал тривоги, який можливо виключити, затиснувши одночасно протягом 5 секунд дві кнопки з правої і лівої сторони СТП-02. Одночасне затискання кнопок протягом 5 секунд унеможливлює випадкове відключення даного режиму.

Для 2-го типу захисного одягу:

- Режим «Небезпечно». У момент впливу теплового потоку густиною в межах від 32 кВт/м^2 до 40 кВт/м^2 включається імпульсний звуковий сигнал (попереджувальний), який триватиме поки густина випромінювання знаходиться в зоні від 32 кВт/м^2 до 40 кВт/м^2.

- Режим «Покинути зону». У момент впливу теплового потоку 40 кВт/м^2 і більше включається неперервний сигнал тривоги, який можливо виключити, затиснувши одночасно протягом 5 секунд дві кнопки з правої і лівої сторони СТП-02.

Потужність звукового сигналу на відстані 0,3 м становить 90 дБ. Частота сигналу тривоги, 2,8+0,2 кГц. Період повторення попереджувального сигналу 1,0 с. Визначено кут сприйняття теплового опромінення датчиком СТП-02, який для кожного приладу визначається і знаходиться в межах $79\text{-}80^0$.

Лабораторні випробування не завжди збігаються з полігонними випробуваннями. Після лабораторних випробувань працездатність СТП-02 перевірили на полігоні з використанням манекену. На манекен кріплять 4 датчики. Три з них СТП-02. Було досліджено що при 3л дизельного палива 0,5л бензину А-92 площі горіння $0,75м^2$ висота полум'я знаходиться в межах 2-2.5 метри. Відповідно до наших розрахунків безпечна відстань знаходиться в межах 1,18м (при Н=2м, h=1,5м) і 2,1м (при Н=2,5м, h=1,5м). Датчики закріпили відповідно на різній висоті (рис. 3, рис. 4). Всі датчики спрацювали при включеному І режимі в межах 7-8 с попереджувальний сигнал і 10-12 постійний сигнал. В положенні ІІ режиму в межах 18-20 с попередній сигнал (прилад ВТП-01 показував 27-28 $КВт/м^{2)}$. Постійний сигнал почав працювати при 37-40 $КВт/м^2$ на 25-40 с.

Наступним етапом наших випробувань було використання випробувачів-добровольців. Попередньо перевірили стан здоров'я (тиск, серцебиття, температуру) та допустили до випробування двох випробувачів. Перед входженням в зону високої температури та задимлення випробувач включився в захисний дихальний апарат «Драгер». На куртці захисного одягу встановлювали датчики СПТ-02 за різними схемами. Один датчик, два датчики, два датчики на різних паралелях. Випробувач спочатку підійшов до імітатора вогню фірми «Kidde». Встановлений один датчик на висоти 1,5м. Прилад включений на другий режим. Випробувач відчував високу температуру, а датчик не спрацьовував, декілька раз спробував повернутись на $10\text{-}15^0$ ту і в іншу сторону до спрацювання сигналу. Переривистий сигнал спрацював через 110 с. Дослід було припинено. Провели три досліди з різними СТП-02, сигналізатор спрацював через 105 с і 102 с.відповідно.

Наступний дослід провели при горінні одного дека з одним датчиком, три рази час спрацювання 100 с, 105 с, 112 с, h=1,5м.

Третій дослід з двома датчиками на висоті h 1,5 м і 1,2 м від рівня горизонтальної поверхні полігону. Спрацювання першого датчику через 70 с в першому досліді, в інших дослідах 71 с і 75 с.

Четвертий дослід, датчики розмістили на висоті 1,20 м і 1,00 м в різних паралелях. Спрацював першим нижній датчик через 54 с, другий спрацював через 71 с, в цей момент почав працювати постійний сигнал у першого СТП-02. З метою безпеки інші досліди проводили до спрацювання попереджувального сигналу. В п'яти дослідах час спрацювання становив 58 с, 54 с, 65 с, 52 с, 69 с. З них в чотирьох випадках спрацьовував нижній датчик, що підтвердило наші теоретичні розрахунки.

Крім того в межах розробки полігону для тренування роботі з високими температурами в захисному одязі та психологічної адаптації пожежників проведено тренування при горінні 4-х дек і роботі газової установки « Kidde».

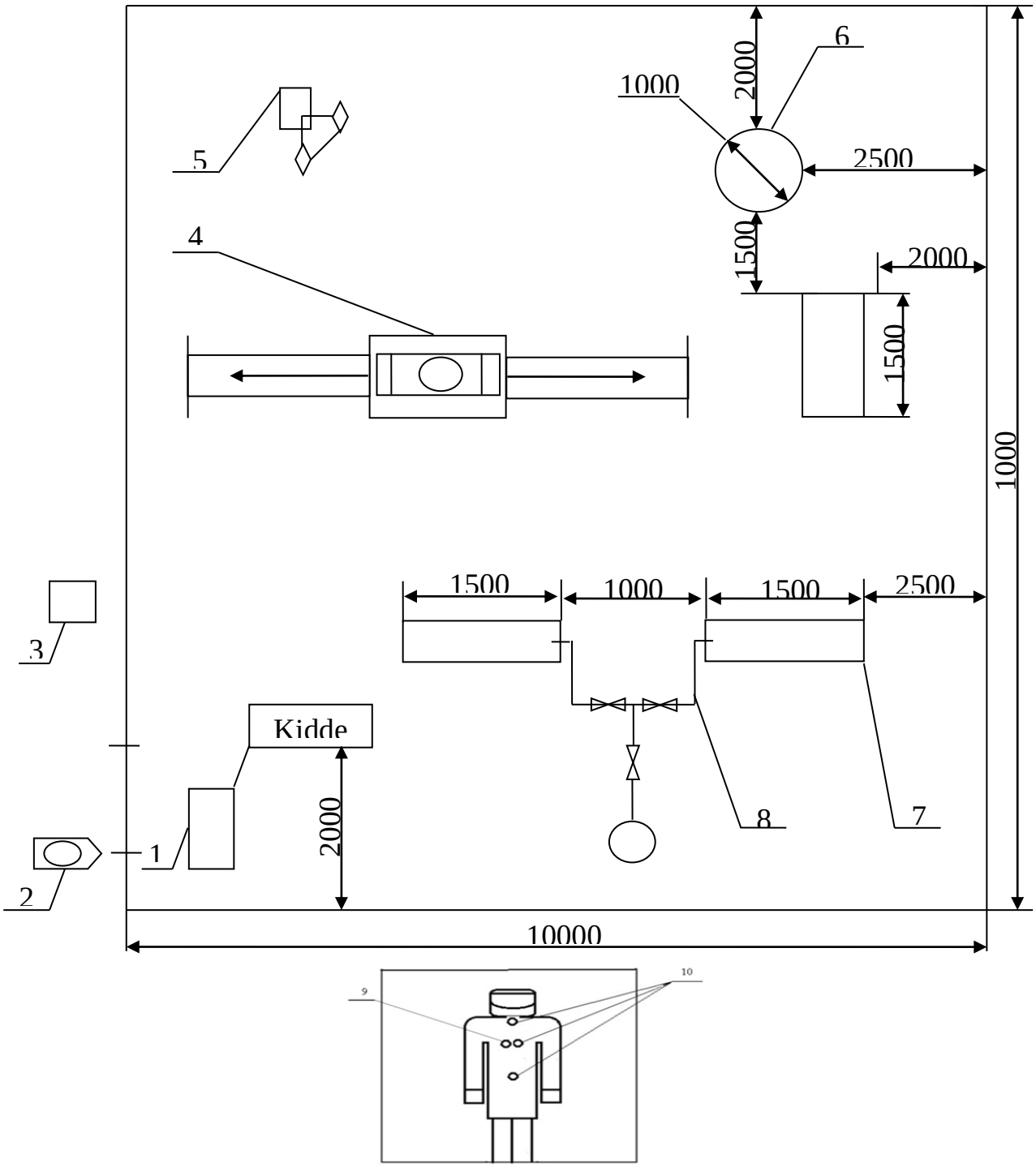


Рисунок 3 – Полігон для перевірки працездатності персонального сигналізатора небезпечного рівня густини теплового потоку для захисного одягу пожежного: 1- газова установка Kidde; 2 - пожежний автомобіль; 3 – медичний пост; 4- манекен, що встановлений на рухомій платформі; 5 – пірометр; 6 – деко з паливом круглої форми; 7 - деко з паливом прямокутної форми; 8 – установка для постійної подачі палива в деко; 9 – датчик приладу ВТП-01 для вимірювання густини теплового потоку закріплений на манекені; 10 – датчик густини СТП-02 для вимірювання теплового потоку закріплений на манекені.

Рисунок 4 – Випробування теплозахисного одягу з використанням приладів ВТП -01 та СТП-02.

Випробувачу поставлено завдання по черзі наблизитись до дек, котрі горять, до спрацювання попереджувального сигналу, відійти на безпечну відстань до припинення сигналу і наблизитись до наступного дека. На всі ці дека і горіння газового фонтану випробувач витратив 8 хвилин з них 3 хвилини на відпрацювання вправи на установці-імітаторі горіння газу рис.6.

Рисунок 5 – Випробувач у теплозахисному одязі, який оснащений СТП-02.

Рисунок 6 – Відпрацювання вправ випробувачем на окремих робочих місцях.

Висновки з даного дослідження.

1. В разі розміщення датчика СТП-02 на грудині на висоті 1,5м час спрацювання найбільший. Це можна пояснити тим, що психологічно людина старається захистити вразливі місця і відвертається від дії високих теплових потоків, високої температури. Це дає можливість зробити висновок, що датчики треба розміщувати на видимих місцях тіла, не в критичних точках, які при роботі пожежник захищає інстинктивно.
2. У випадку розміщення на захисному одязі 2-х датчиків ймовірність їх спрацювання вища. Збільшується кут огляду, який перекривають два датчики. Після кількох відпрацювань вправ при роботі СТП-02 добровольці швидше орієнтуються як діяти.
3. Краще встановлювати два датчика не на одній паралелі і на різній висоті 1-1,2м. При висоті полум'я 3 і більше метрів датчики можна встановлювати і вище.
4. Датчики СТП-02, доцільніше розміщувати в тих місцях, в яких рятувальник менше відчуває температуру і які є краще захищені, і під час роботи дають можливість датчику знаходитись перпендикулярно до центра полум'я.
5. Ні в одному з експериментів, у котрому використовувався СТП-02 не був пошкоджений захисний одяг пожежника.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров / Пер. с англ. Бомштейна К. Г.; Под ред. Кошмарова Ю. А. – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.

2. Романенко П. Н. Теплопередача в пожарном деле / П. Н. Романенко, Н. Ф. Бубырь, М. П. Башкирцев. – М : Высшая школа МВД СССР, 1969. – 425 с.

3. Ковалишин Вол. В. Персональний сигналізатор небезпечного рівня густини теплового потоку для захисного одягу пожежників / Вол. В. Ковалишин, М. М. Семерак, В. В. Ковалишин // Пожежна безпека: зб. наук. пр. – Львів : ЛДУ БЖД. – 2014. – № 24. – С.. 62-67.

4. Мичко А. А. Математичне моделювання теплового випромінювання для випробовування захисного одягу пожежників-рятувальників / А. А. Мичко, А. Д. Кузик, А. С. Лин // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – Львів : ЛДУ БЖД, 2009. – №14. – С. 171-176.

5. Ковалишин Вол. В. Визначення коефіцієнта безпечної роботи для різного типу захисного одягу пожежників / Вол. В. Ковалишин, А. Д. Кузик, В. В. Ковалишин // Вісник ЛДУ БЖД. – Львів : ЛДУ БЖД, 2014. – №9. – С.11-17.

6. Математичне моделювання та дослідження величини теплового потоку факела пожежі / М. М. Семерак, А. М. Домінік, М. І. Мигаленко, Д. В. Руденко // Вісник ЛДУ БЖД. – 2013. – №7. – С. 210-217.

7. Ковалишин В. В. Методика полігонних випробувань персонального сигналізатора небезпечного рівня густини теплового потоку (СТП-02) захисного одягу пожежника / В.В. Ковалишин, Лин А.С., Вол. В. Ковалишин. – Львів : ЛДУ БЖД, 2014. – 12 с.

УДК 614.841.332

А.І. Ковальов, к.т.н., с.н.с., Є.В. Качкар, к.т.н., доц., Н.В. Зобенко,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України,
Ю.В. Долішній, УкрНДІЦЗ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОКРИТТЯ «AMOTHERM STEEL WB» ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМУ РЕЖИМОВІ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ ПОЖЕЖІ

Наведено результати вогневих випробувань сталевих пластин, покритих вогнезахисною речовиною «Amotherm Steel Wb» при температурному режимові вуглеводневої пожежі. Показано труднощі, що виникають при відтворенні такого режиму в печі. На основі отриманих даних (температури з необігрівної поверхні металевої пластини), визначено теплофізичні характеристики утвореного покриття, що залежать від температури, та характеристику вогнезахисної здатності покриття, що досліджувалось. Виявлено взаємозв'язок між товщиною вогнезахисного покриття «Amotherm Steel Wb», що спучується, та товщиною металевої конструкції, а також розраховані необхідні мінімальні товщини такого покриття для забезпечення регламентованих нормативними вимогами пожежної безпеки значень межі вогнестійкості металевої конструкції 30 хвилин.

Ключові слова: вогнезахисне покриття, металева конструкція, температурний режим вуглеводневої пожежі, вогнезахисна здатність, характеристика вогнезахисної здатності, теплофізичні характеристики.

Постановка задачі та її розв'язання. При беззаперечних перевагах, застосування сталевих конструкцій в будівництві супроводжується необхідністю їх вогнезахисту для підвищення межі вогнестійкості конструкцій. В умовах пожежі незахищений метал швидко втрачає свою міцність, що в кінцевому випадку призводить до втрати несучої здатності аж до руйнування будівель та споруд. Тому, підвищення вогнестійкості металевих конструкцій за рахунок використання різноманітних вогнезахисних речовин, а саме речовин, що утворюють покриття на поверхні, що захищається, та експериментальне дослідження вогнезахисної здатності таких покриттів є актуальною науково-технічною задачею та **метою** даної роботи.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Питаннями експериментального дослідження вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій займалися велика кількість вчених, результати яких неодноразово публікувались в багатьох працях. Проте, в їх роботах недостатньо висвітленими залишилися питання визначення вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій в умовах їх випробувань при температурних режимах, відмінних від стандартного, а саме температурному режимові вуглеводневої пожежі.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Визначення вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій проводиться використовуючи дані вогневих випробувань металевих конструкцій з вогнезахисними покриттями в умовах їх випробувань при стандартному температурному режимові [1]. При цьому приймалося допущення, що для визначення характеристики вогнезахисної здатності (ХВЗ) покриття при режимові вуглеводневої пожежі теплофізичні характеристики (ТФХ) вогнезахисного покриття задаються такими, що знайдені розв'язанням обернених задач теплопровідності (ОЗТ), використовуючи дані вогневих випробувань при стандартному температурному режимі пожежі. На думку авторів, більш точні значення характеристики вогнезахисної здатності покриття будуть отримані в тому випадку, коли використовувати ТФХ покриття, знайдені розв'язанням ОЗТ, в умовах випробувань металевих конструкцій з покриттям при температурному режимові вуглеводневої пожежі або наближеному до неї.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Як відомо [2-4] експериментальний метод визначення вогнестійкості будівельних конструкцій є найбільш точним і надійним методом у порівнянні з розрахунковим та

розрахунково-експериментальним. Проте, має ряд недоліків, таких як великі працезатрати, матеріальні витрати та не завжди є можливим проведення тих чи інших випробувань. Розрахунковий в цьому випадку, звичайно, виграє, так як не вимагає дорогого обладнання та устаткування, людського ресурсу, проте обмежений із-за відсутності достовірних даних про ТФХ матеріалів, що досліджуються. Тому, останнім часом все більшого поширення набув розрахунково-експериментальний метод (РЕМ), який дозволяє за результатами одного або декількох експериментів (вогневих випробувань), використовуючи математичні моделі, оцінювати вогнезахисну здатність покриттів і вогнестійкість конструкцій.

Серед різноманіття вогнезахисних речовин, про вогнезахисну здатність яких неодноразово описано в літературі, особливе місце займають ті, що під дією високої температури спучуються, утворюючи шар пористого покриття, який володіє добрими теплоізоляційними властивостями. Однією із таких речовин є вогнезахисна речовина «Amotherm Steel Wb» виробництва італійської фірми Amonn Fire S.r.l.

Для визначення вогнезахисної здатності цього покриття було сплановано та проведено вогневі випробування двох пластин зі сталі Ст. 3, розмірами 500 мм ×500 мм ×5 мм з нанесеним вогнезахисним складом, що спучується «Amotherm Steel Wb» на водній основі згідно [5].

На обігрівну поверхню сталевої пластини перед нанесенням вогнезахисної речовини був нанесений шар грунтовки ГФ-021, товщиною 0,065 мм. Речовина наносилася механізованим способом агрегатом безповітряного розпилення відповідно до регламенту робіт з вогнезахисту [6]. Для вимірювання товщини утвореного вогнезахисного покриття використовували товщиномір, яким було здійснено вимірювання в 9 точках (рис. 1), середня товщина склала 0,42 мм.

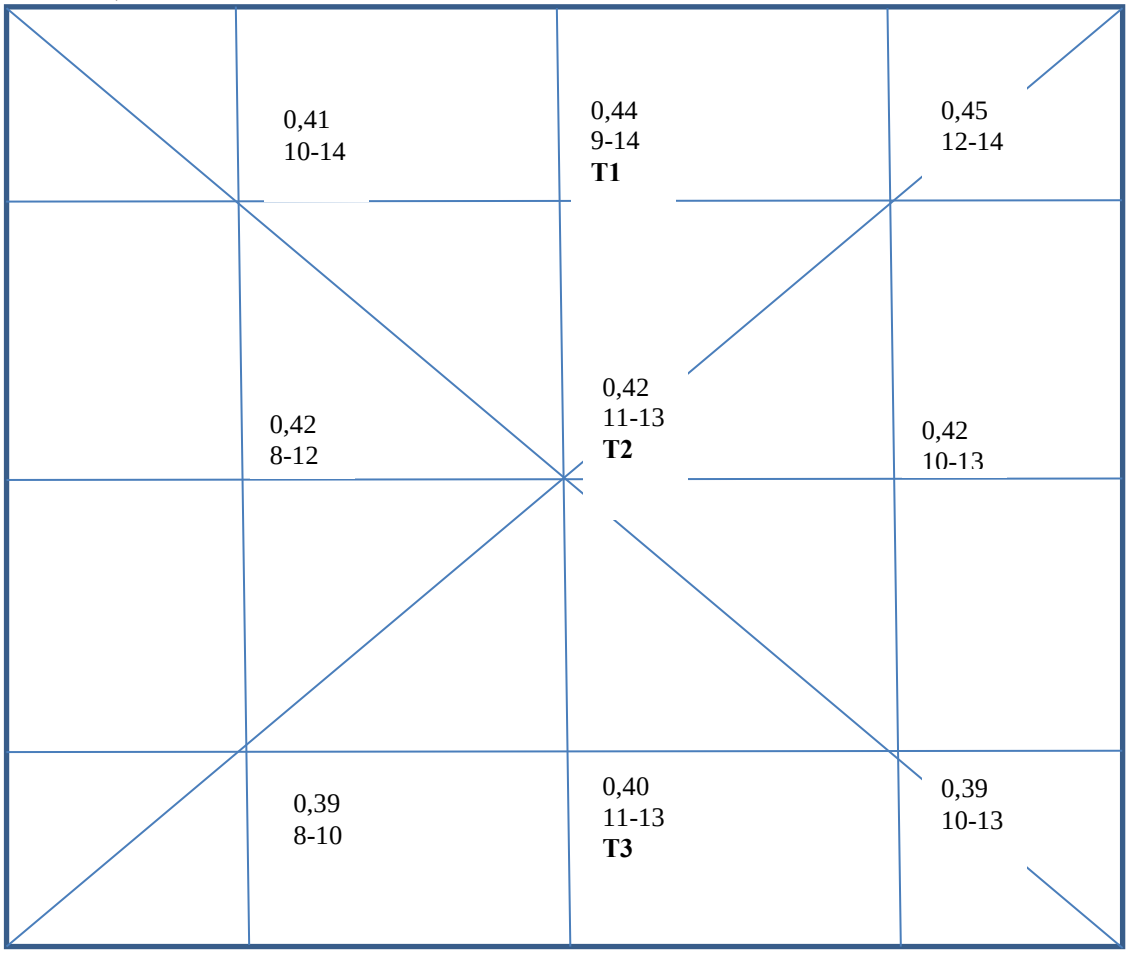


Рисунок 1 – Схема розміщення термопар та товщина покриття в місцях вимірювання: перша цифра – товщина вогнезахисного покриття з ґрунтом, мм; друга цифра – товщина спучення, мм; третя цифра – місце розміщення термопари.

Для вимірювання температури з необігрівної поверхні сталевої пластини було встановлено 3 термопари типу ТХА (рис. 2) з діаметром дроту 0,5 мм (Т1–Т3), одна термопара (Т2) у центрі зразка та дві (Т1, Т3) на відстані 100 мм від країв пластини. Спаї термопар зачеканені в метал на глибину 2 мм та прикріплені теплоізолювальним матеріалом.

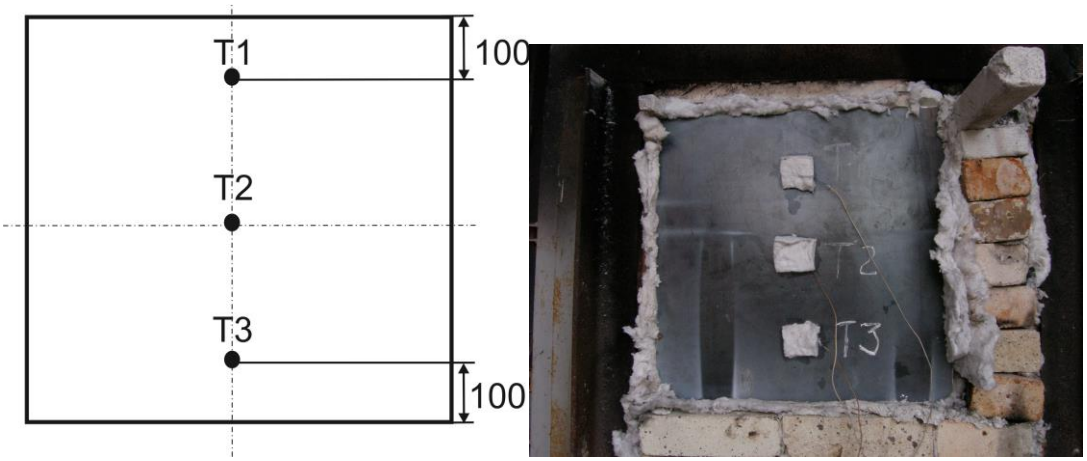


Рисунок 2 – Схема розміщення термопар з необігрівної поверхні сталевої пластини.

З необігрівної поверхні пластина була захищена двома шарами мулітокремнеземового фетру, товщиною 20 мм, та плитою мінеральної вати, густиною 75 кг/м^3 і товщиною 50 мм.

Суть випробування полягала у створенні температурного режиму в печі, наближеного до режиму вуглеводневої пожежі, під час теплової дії на дослідний зразок і визначенні часу від початку теплової дії до досягнення температури 500 °С з необігрівної поверхні сталевої пластини.

Випробування проводились при температурі повітря 20,8 °С, відносній вологості повітря 48 % та тискові 743 мм. рт. ст.

Випробування зразків проводилися в умовах, близьких до температурного режиму вуглеводневої пожежі протягом 15 хвилин (рис. 3).

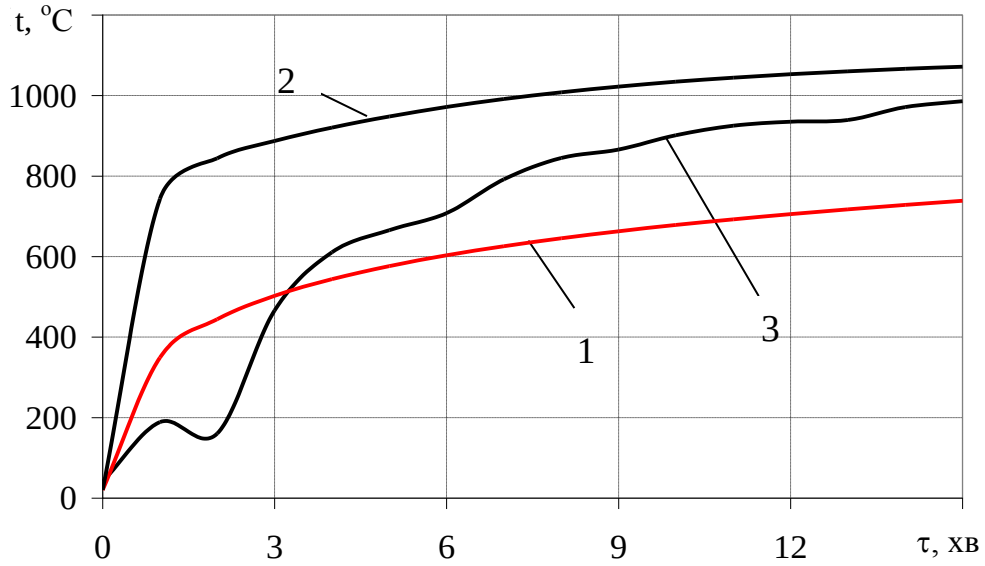


Рисунок 3 – Залежність температури в печі від часу вогневого впливу на обігрівну поверхню металевої пластини з вогнезахисним покриттям «Amotherm Steel Wb»: 1 – крива стандартного температурного режиму, крива 2 – температурна крива вуглеводневої пожежі; 3 – температурна крива пожежі, наближена до вуглеводневої пожежі, що отримана в печі реально.

Як видно із рис. 3, температура в печі в початковий момент часу до 3 хв. відрізняється від кривої вуглеводневої пожежі, так як дуже складно забезпечити швидке наростання температури у перші хвилини випробування. Після 3 хв. випробування реальна температура в печі починає наближатися до температури вуглеводневої пожежі і до 15 хв. досягає 985,9 °С. Температура з необігрівної поверхні при цьому за 15 хвилин випробувань досягла критичної температури для металевої пластини (500 °С).

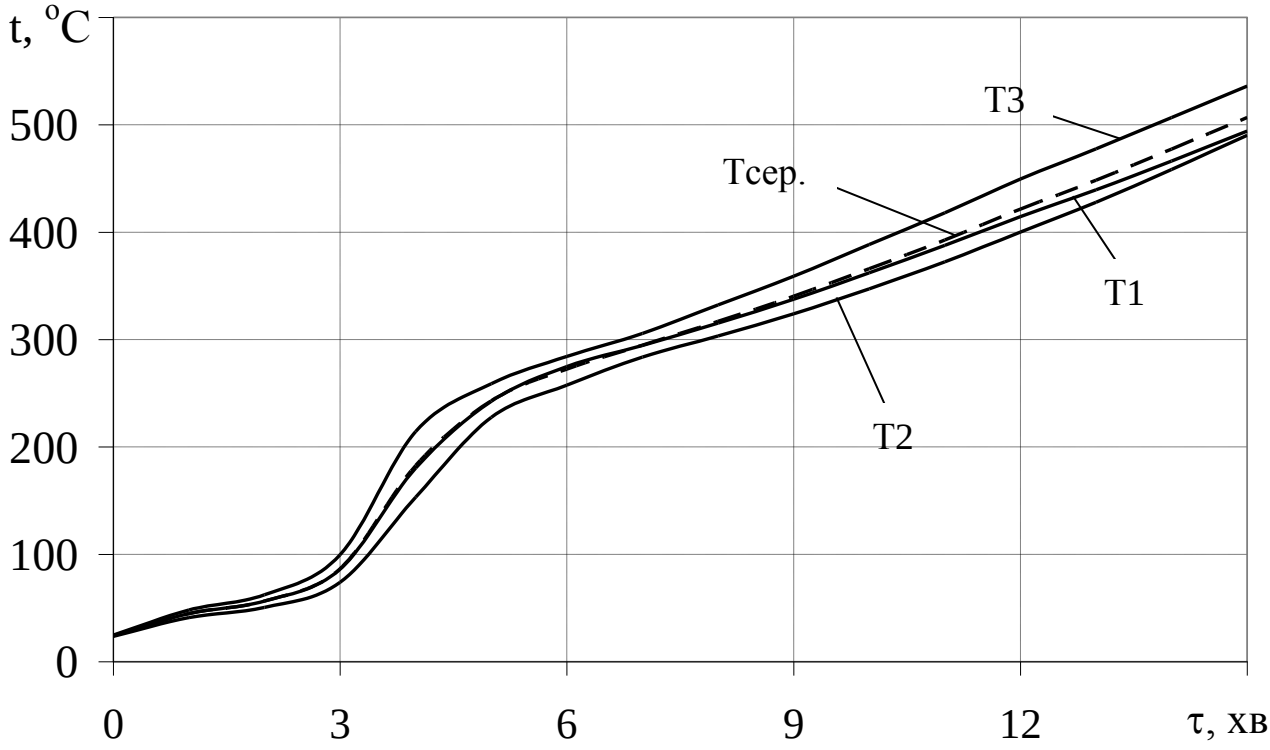


Рисунок 4 – Залежність температури з необігрівної поверхні сталевої пластини від часу вогневого впливу в різних точках вимірювання температур: Т1 – термопара, встановлена на відстані 100 мм від верхнього краю пластини; Т2 – термопара, встановлена по центру пластини; Т3 – термопара, встановлена на відстані 100 мм від нижнього краю пластини; Тсер. – середнє значення показників трьох термопар.

Як видно із рис. 4, характер кривих залежності температури з необігрівної поверхні сталевої пластини від часу вогневого впливу співпадає. Видно, що пластина рівномірно прогрівається у різних частинах вимірювання температури, а відмінності у швидкості прогрівання, що спостерігаються, пояснюються неоднорідністю товщини вогнезахисного покриття (рис. 1). Для теплових розрахунків брали середнє значення показників трьох термопар, встановлених з необігрівної поверхні сталевої пластини (рис. 2).

Після випробувань при візуальному огляді зразків встановлено (рис. 5):

- вогнезахисна речовина «Amotherm Steel Wb», нанесена на сталеву пластину, розмірами 500 мм × 500 мм × 5 мм з грунтовкою ГФ-021 (товщина 0,065 мм), має задовільну адгезійну міцність;

- відшарування утвореного покриття від сталевої пластини за площею не спостерігалося;

- середня товщина спученого шару після проведення випробувань склала 10 мм (8-14 мм).

Рисунок 5 – Загальний вигляд сталевої пластини з покриттям «Amotherm Steel Wb» після випробувань.

Порівнюючи час прогріву металевої пластини з вогнезахисним покриттям «Amotherm Steel Wb» при її випробуванні в умовах стандартного температурного режиму та в умовах температурного режиму, наближеного до режиму вуглеводневої пожежі, можна зробити висновок, що при однаковій товщині покриття час, за який металева пластина товщиною 5 мм з вогнезахисним покриттям товщиною близько 0,42 мм прогрівається до критичної температури для сталі (500 ^{o}C), при стандартному температурному режимові в 1,5 рази більший, ніж при температурному режимові, наближеному до режиму вуглеводневої пожежі (рис. 6).

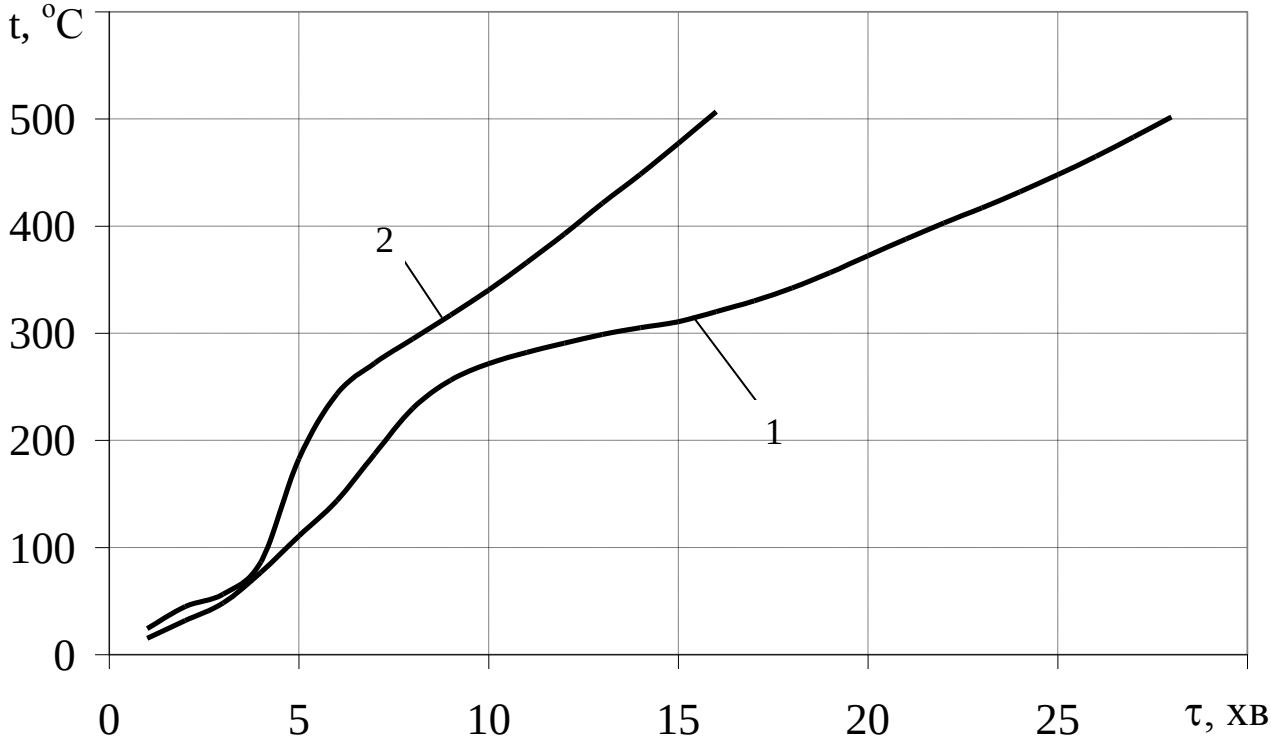


Рисунок 6 – Залежність температури з необігрівної поверхні сталевої пластини від часу вогневого впливу при різних температурних режимах пожежі: 1 – при стандартному температурному режимові; 2 – при температурному режимові, наближеному до режиму вуглеводневої пожежі, що отримано в печі реально.

Із рис. 6 випливає, що сталева пластина, а відповідно і металева конструкція, при більш жорстких умовах пожежі прогріється швидше, а отже і товщина вогнезахисного покриття для забезпечення нормованої межі вогнестійкості повинна бути більшою. Тому,

можливо припустити про можливі розбіжності у значеннях межі вогнестійкості металевих конструкцій при їх застосуванні на об'єктах різного функціонального призначення.

На основі отриманих даних (температури з необігрівної поверхні металевої пластини), розв'язанням оберненої задачі теплопровідності, розраховані теплофізичні характеристики (ТФХ) вогнезахисного покриття: залежність коефіцієнту теплопровідності від температури (рис. 7) та постійне значення питомої об'ємної теплоємності. Обернена задача теплопровідності розв'язана екстремальним методом, що заснований на використанні ітераційного методу Ньютона - Гауса пошуку мінімуму функції F і методу регуляризації Тихонова А.М. [7].

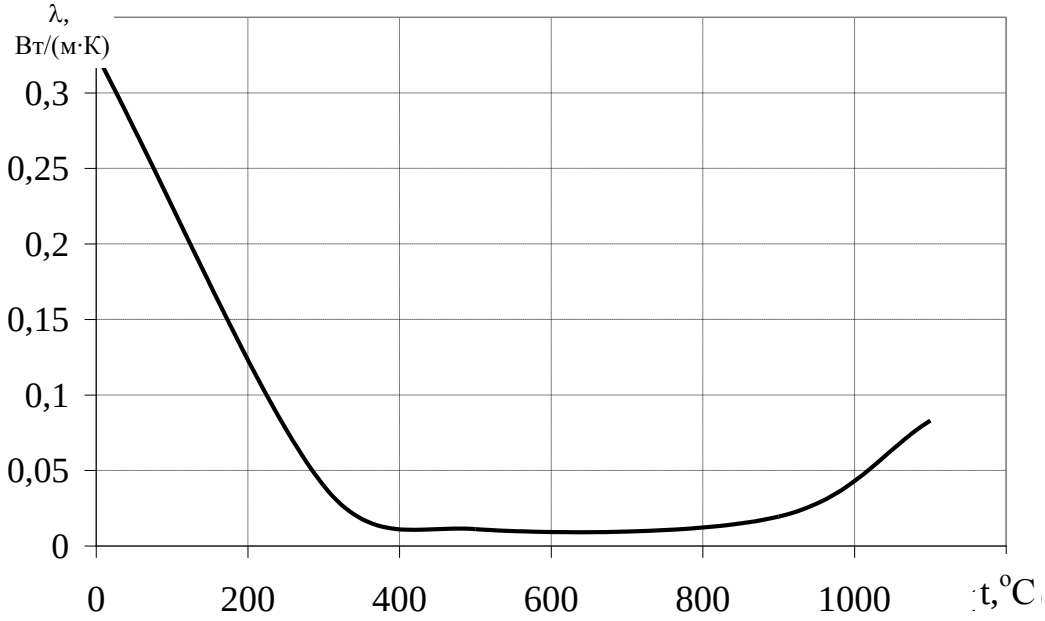


Рисунок 7 – Залежність ефективного коефіцієнту теплопровідності покриття «Amotherm Steel Wb» від температури, знайденого розв'язанням обернених задач теплопровідності.

Як видно із рис. 7, в діапазоні температур від початкової температури до 400 °С значення коефіцієнту теплопровідності покриття «Amotherm Steel Wb» падає, що можна пояснити спученням покриття та збільшенням його пористості і проходить через мінімальне значення приблизно 0,01 Вт/м·К (при температурі від 400 °С до 1000 °С). Зростання коефіцієнту теплопровідності в діапазоні температур після 1000 °С, на думку авторів, пояснюється появою радіаційної складової в порах покриття в поєднанні з його високотемпературною усадкою і обвуглюванням. Постійне значення питомої об'ємної теплоємності склало Cv = $6 \cdot 10^4$ Дж/$м^3$·К. При цьому спостерігалася найбільша збіжність експериментальних і розрахункових температур, а критерій середньоквадратичного відхилення склав 12,5 °С.

У даній роботі прийнято, що отриманий ефективний коефіцієнт теплопровідності (рис. 7) та питомої об'ємної теплоємності покриття відноситься до початкової товщини покриття, тому розрахункові моделі процесу теплопровідності теж бралися з товщиною покриття, незмінною в часі.

На основі отриманих ТФХ покриття, використовуючи розроблені раніше моделі [7], розв'язанням прямих задач теплопровідності (ПЗТ), визначили залежність товщини вогнезахисного покриття «Amotherm Steel Wb» від товщини металевої пластини при її випробуванні в умовах температурного режиму, наближеному до режиму вуглеводневої пожежі.

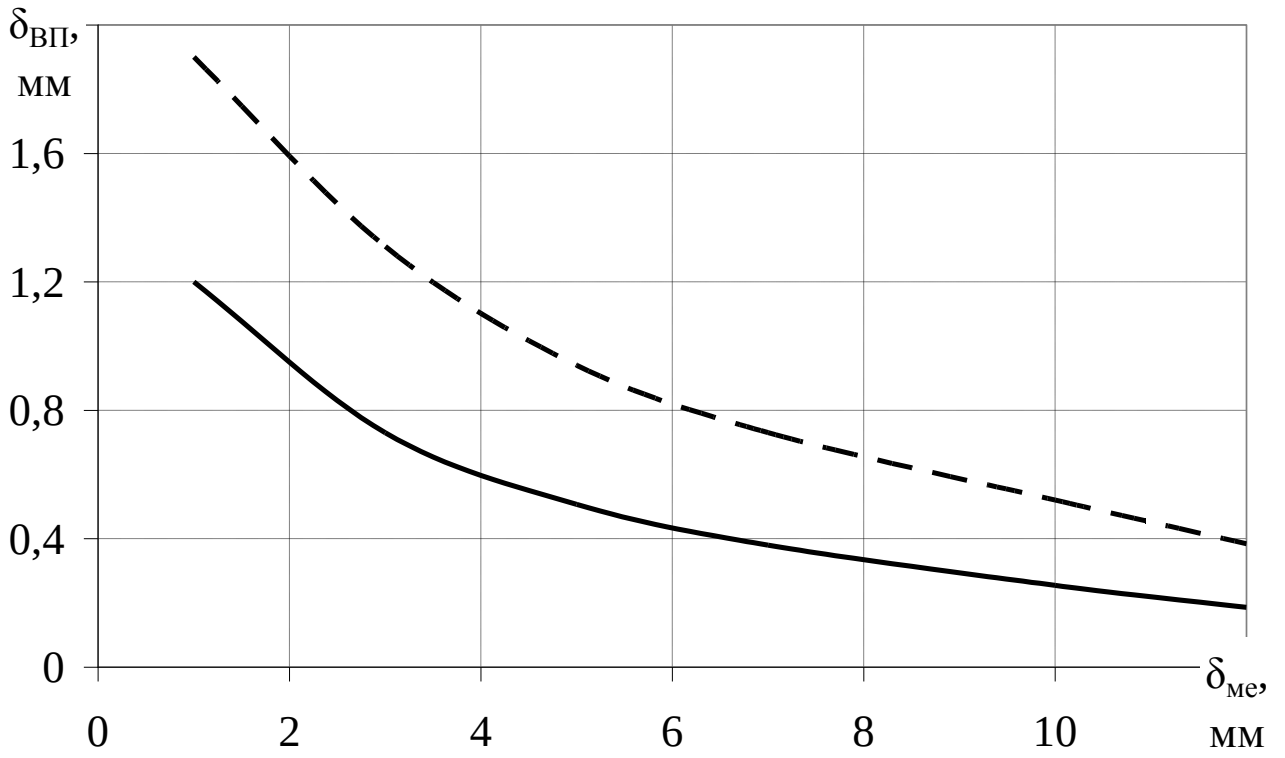


Рисунок 8 – Залежність мінімальної товщини вогнезахисного покриття «Amotherm Steel Wb» від товщини сталевої пластини та межі вогнестійкості конструкції 30 хв., отримані для критичної температури 500 °С розв'язанням обернених задач теплопровідності: суцільна лінія – стандартний температурний режим; пунктирна лінія – режим пожежі, наближений до вуглеводневої пожежі.

Як видно із рис. 8, існують розбіжності у значеннях мінімально необхідної товщини покриття «Amotherm Steel Wb» для забезпечення нормованих значень межі вогнестійкості металевої конструкції при її випробуванні в умовах різних температурних режимів пожежі. Порівнюючи характеристику вогнезахисної здатності покриття, що досліджувалось, визначену при стандартному температурному режимові, з характеристикою вогнезахисної здатності покриття, визначену по даним випробувань при температурному режимові вуглеводневої пожежі встановлено, що максимальна розбіжність товщини покриття для нормованого значення межі вогнестійкості 30 хв. складає 0,7 мм.

Висновки.

1. Наведені результати вогневих випробувань сталевих пластин (товщина 5 мм), покритих з однієї поверхні вогнезахисним складом «Amotherm Steel Wb», що спучується, в умовах нагріву в вогневій печі при температурному режимі, наближеному до режиму вуглеводневої пожежі.
2. За результатами вогневих випробувань (температури з необігрівної поверхні сталевої пластини) розв'язанням обернених задач теплопровідності знайдено ефективний коефіцієнт теплопровідності та питому об'ємну теплоємність покриття «Amotherm Steel Wb» при температурному режимові, наближеному до режиму вуглеводневої пожежі.
3. Виявлено взаємозв'язок між товщиною вогнезахисного покриття «Amotherm Steel Wb» та товщиною сталевої конструкції, а також розраховані необхідні мінімальні товщини такого покриття від товщини сталевої пластини для забезпечення значення межі вогнестійкості 30 хвилин при випробуваннях в умовах, наближених до режиму вуглеводневої пожежі. При цьому встановлено розбіжності (максимальна розбіжність 0,7 мм) у значеннях товщини вогнезахисного покриття «Amotherm Steel Wb», що

розраховані використовуючи дані вогневих випробувань в умовах стандартного температурного режиму та режиму, наближеного до вуглеводневої пожежі.

Перспективою подальших досліджень є дослідження впливу похибок у вимірюванні температур з необігрівної поверхні металевої пластини з покриттям на точність визначення теплофізичних характеристик та характеристики вогнезахисної здатності покриття «Amotherm Steel Wb».

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги (ISO 834:1975) : ДСТУ Б В.1.1-4-98. – [Чинний від 1998-10-28]. – К. : Укрархбудинформ, 1999. – 21с. – (Державний стандарт України).

2. Ковалев А.И. Усовершенствование метода оценки огнезащитной способности покрытий железобетонных перекрытий: дисс. … кандидата техн. наук : 21.06.02 / Ковалев Андрей Иванович. – К., 2012. – 163 с.

3. Цвіркун С. В. Удосконалення методу визначення вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.02 "Пожежна безпека" / С. В. Цвіркун. – Київ, 2006. – 20 с.

4. Качкар Е. В. Обоснование параметров трехслойных перегородок с минераловатными плитами для зданий и сооружений с учетом их огнестойкости : дис. … кандидата техн. наук : 21.06.02 / Качкар Евгений Владимирович. – К., 2009. – 157 с.

5. Захист від пожежі. Вогнезахисне обробляння будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання : ДСТУ-Н-П Б В.1.1–29:2010. – [Чинний від 2011-11-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 9 с. – (Національний стандарт України).

6. Регламент робіт з вогнезахисту для вогнезахисної речовини «Amotherm Steel Wb», що спучується, для сталевих конструкцій / ДІТБ України, 2012. – № 95/1/36946711. – 29 с.

7. Круковский П. Г. Обратные задачи тепломассопереноса (общий инженерный подход) / Павел Григорьевич Круковский. – Киев : Институт технической теплофизики НАН Украины, 1998. – 218 с.

8. Ковалев А.И. Влияние показателей термопар на точность определения теплофизических характеристик покрытий металлических конструкций / А.И. Ковалев, Е.В. Качкар // Результаты деятельности подразделений информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС, гражданской обороны и пожарной безопасности. Сборник научных работ (октябрь 2013 – апрель 2014) [Текст] / под общ. ред. И.А. Максимова. – Екатеринбург : Уральский институт ГПС МЧС России, 2014. – С. 48-53.

УДК 614.84

О.І. Кулініч, к.т.н., доц., Олег М. Землянський, к.т.н., Ол-р М. Землянський, к.т.н.,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМИ САМОЗАПУСКУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ КОРОТКОЧАСНОМУ ЗНИКНЕННІ НАПРУГИ МЕРЕЖІ

Приводиться опис розробленої авторами принципової електричної схеми, яка з появою напруги в мережі, після короткочасного зникнення, автоматично здійснює самозапуск асинхронного двигуна і забезпечує відновлення роботи без втручання персоналу.

Ключові слова: електропривод, самозапуск, конденсатор, симістор, магнітний пускач.

Постановка проблеми. В багатьох сучасних електроприводах електромеханічним перетворювачем являється трифазний асинхронний електродвигун, електроживлення і керування яким здійснюється, як правило, дистанційно магнітним пускачем. В таких мережах при короткочасному зникненні напруги котушка магнітного пускача втрачає живлення, він відключається, приводний двигун знеструмлюється і робочий механізм зупиняється. Для повторення включення двигуна необхідне втручання персоналу.

У різних галузях промислового виробництва серед множини електрифікованих виробничих механізмів можна виділити такі відповідальні механізми, короткочасна зупинка яких, призводить до порушення технологічного процесу, випуску бракованої продукції, загрози життю людей, а також до аварії або, навіть, до пожежі або вибуху.

В металургійній, хімічній, гірничорудній, енергетичній та інших галузях промисловості, а також в автоматичних системах пожежогасіння при гасінні складних пожеж, навіть, короткочасна перерва в подачі води призводить до тяжких наслідків. Ось чому важливе практичне значення набуває безперервна робота відцентрових насосів подачі води. Особливо небезпечною є непередбачена зупинка насосних агрегатів, що перекачують різні технологічні рідини і розчини в хімічних і нафтопереробних підприємствах. Не менш важливе значення набуває безупинна робота механізмів, що забезпечують надійну роботу припливної та витяжної вентиляцій у вибухонебезпечних зонах та приміщеннях з шкідливими умовами виробництва (за наявністю горючих газів, парів рідин, пилу).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні і практичні основи самозапуску асинхронних двигунів були розроблені в 60 роках минулого століття в працях І.А. Сиромятнікова [1,2]. Вперше самозапуск асинхронних електродвигунів напругою вище 1000 В почали застосовувати на відповідальних електроприводах власних потреб теплових електростанцій.

У останні роки він одержав широке розповсюдження у багатьох галузях промислового виробництва в мережах до 1000 В у відповідальних механізмах з електроприводом, особливо із складними безперервними технологічними процесами. В праці Ю.М. Голоднова [3] приведений аналіз самозапуску різних механізмів і електроприводів напругою до 1000 В, показаний позитивний ефект підвищення надійності роботи механізмів в разі короткочасного збою в мережах електропостачання, розглядається робота деяких схем самозапуску двигунів.

Про актуальність проблеми свідчать публікації теперішнього часу, наприклад роботи [4,5,6].

Забезпечення самозапуску короткозамкнених асинхронних двигунів 380/220В не викликає труднощів з точки зору схеми їх вмикання. Для побудови схем комутації у більшості випадків використовують електромагнітні апарати – реле часу або реле напруги [3,4].

Електромагнітні апарати є складними елементами. Вони складаються із декількох функціональних вузлів (обмотка, магнітопровід, контакти), що утворюють єдину

конструкцію. Така конструкція має ряд недоліків і в процесі експлуатації характеризується частими відмовами в номінальному режимі роботи. Основним джерелом відмов є контактна система комутації. Причини відмов – іскріння між контактами під час комутації струму, утворення на поверхні контактів непровідних плівок (внаслідок корозії, ерозії, забруднення). За таких умов контакти з часом втрачають здатність проводити струм, нерідко спостерігається прилипання контактів. Другим джерелом відмов – обмотка (обрив, або коротке замикання всередині, або між виводами, пробій на корпус). За механічних навантажень (удари, вібрації) можливі помилкові замикання і розмикання контактів. Невелику частку відмов складають відмови від пошкоджень в механічній системі (розрегулювання, заїдання, поломки і т.п.).

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи є розробка і подальше випробування простої за будовою, безвідмовною в роботі та з мінімальною кількістю елементів схеми автоматичного самозапуску асинхронного двигуна загального призначення з короткозамкненим ротором і напругою живлення 380/220 уразі короткочасного зникнення напруги живлення без втручання персоналу.

Основна частина. Відповідальними механізмами рахують електроприводи технологічних агрегатів, раптове відключення яких може призвести до появи небезпечних факторів для людей, виникнення пожеж, вибухів, пошкодження устаткування, розладу технологічного процесу, браку, недовипуску продукції. До відповідальних механізмів відносяться електромеханічні пристрої безперервного транспортування, компресори для безперебійного постачання стисненим повітрям блоків розділення повітря у хімічному виробництві, пневмошпінделі у металообробних верстатах, пневмотранспорт, компресори холодильних установок, насоси установок протипожежного захисту тощо.

Незважаючи на те, що перераховані вище відповідальні механізми відрізняються між собою за призначенням всі вони приводяться у рух трифазними асинхронними двигунами з робочою напругою 380/220 В і отримують живлення через магнітні пускачі або контактори.

Забезпечення безперервної і надійної роботи відповідальних електроприводів досягається впровадженням комплексу технічних рішень. Одним із них є забезпечення самозапуску приводних асинхронних двигунів. Застосування самозапуску в поєднанні із засобами автоматики призводять до підвищення надійності електропостачання і зменшенню простоїв механізмів.

Самозапуском електродвигунів слід рахувати автоматичне відновлення їх роботи після усунення короткочасної перерви живлення або глибокого зниження напруги в результаті дії релейного захисту і протиаварійної автоматики. Самозапуск асинхронних електродвигунів відповідальних механізмів, особливо для підприємств із безперервним технологічним процесом являється актуальною задачею в умовах неминучих на практиці випадків короткочасних порушень режимів електропостачання.

Під короткочасною перервою живлення слід розуміти перерву електропостачання або глибоке зниження напруги, довготривалість яких визначається часом відновлення електропостачання за допомогою пристроїв релейного захисту і автоматики. Перерва живлення не перевищує декількох секунд і визначається можливостями технологічного процесу, електропривода і засобів захисту та автоматики.

Схема зображена на рис.1. містить джерело постійного струму – випрямляч VC з напругою на виході 5-6 В, накопичувач енергії конденсатор С, симістор VS, настроювальні резистори R1 і R3 та розряджувальний резистор R2, який призначений для розрядження конденсатора при ручному вимиканні двигуна із мережі.

Запропонована схема позбавлена недоліків, які характерні для електромагнітних апаратів. Самозапуск двигуна, з появою напруги живлення, забезпечується енергією зарядженого конденсатора, а безконтактна комутація блок контакту кнопки SB1 відбувається за рахунок малопотужного напівпровідникового приладу – симетричного тиристора VS.

В разі короткочасного зникнення напруги, котушка магнітного пускача КМ втрачає живлення і він відключається, знеструмлює приводний двигун, робочий механізм зупиняється.

Завдяки енергії накопиченій конденсатором в робочому режимі, на керуючому електроді симістора, протягом обраного часу в межах від 2 до 6 с, в залежності від величини ємності С, буде зберігатися потенціал, достатній для утримання симістора у відкритому стані і забезпечення чіткого блокування кнопки SB1 «Пуск».

З появою напруги живлення через відкритий симістор утворюється коло живлення котушки магнітного пускача КМ, який автоматично включається, повторно вмикає до мережі приводний двигун і нормальна робота робочого механізму продовжується.

Для вимикання приводного двигуна із мережі передбачена двоелементна кнопка SB2 із самоповерненням. При натисканні на кнопку, її розмикаючий контакт знеструмить котушку магнітного пускача КМ, а через замикаючий контакт і резистор R2 відбудеться розряд конденсатора С від залишкового заряду.

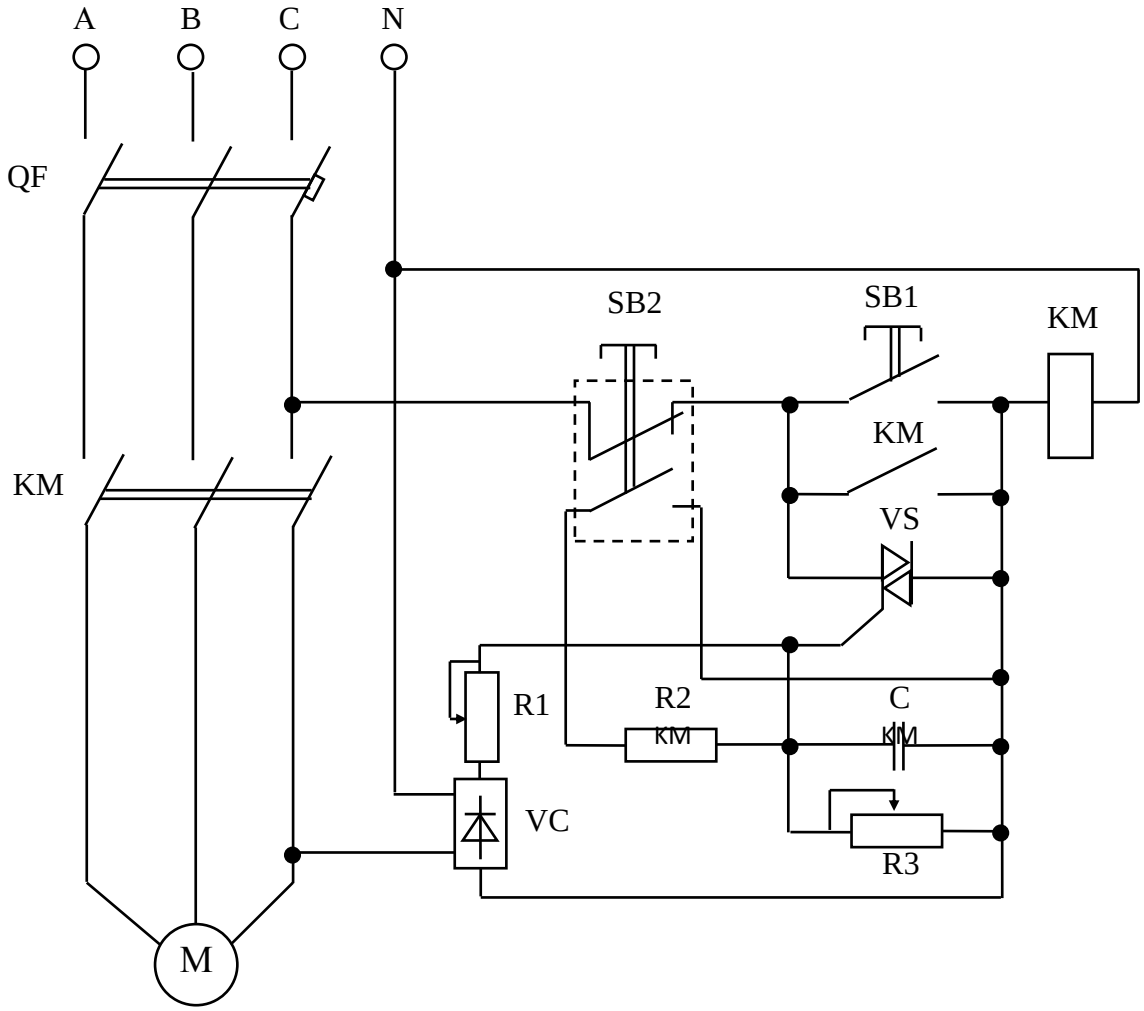


Рисунок 1 - Схема електрична принципова пристрою самозапуску асинхронного двигуна.

Одним із важливих параметрів схеми є довготривалість утримання симістора у відкритому стані на час зникнення електропостачання. Для розрахунку часу перебування симістора у відкритому стані скористуємося наступними співвідношеннями:

1. Енергія W_C, яку накопичує конденсатор в робочому режимі за відомою напругою живлення $U_Ж$:

$$W_C = \frac{1}{2} C U_Ж^2, \quad (1)$$

де Q – величина заряду конденсатора,Кл;

C – ємність конденсатора, Ф.

2. Енергія W_G, що витрачається на утримання симістора у відкритому стані, протягом певного часу

$$W_G = U_G I_G \tau, \quad (2)$$

де U_G – напруга на управляючому електроді симістора, В;

I_G – сила струму на ділянці кола з управляючим електродом симістора, А;

τ – час утримання симістора у відкритому стані, с.

Із співвідношень (1) і (2) можна визначити залишкову енергію конденсатора під час розрядження в будь - який момент часу τ:

$$\Delta W = W_C - W_G = \frac{1}{2} C U_Ж^2 - U_G I_G \tau. \quad (3)$$

Слід зазначити, що протягом часу розряджання напруга на затискачах конденсатора не залишається сталою. При відмиканні конденсатора від джерела живлення напруга і сила струму почнуть зменшуватися за експоненціальним законом:

$$U_G = U_Ж e^{-\frac{\tau}{R_G C}}, \quad (4)$$

$$I_G = I_Ж e^{-\frac{\tau}{R_G C}}. \quad (5)$$

З іншого боку симістор переходить в закритий стан при зниженні напруги до певного мінімального значення U_{Gmin}. Такий стан наступить при зменшенні енергії конденсатора W_C до певної величини W_{Gmin}:

$$W_{G\min} = \frac{1}{2} C U_{G\min}^2. \quad (6)$$

Із залежностей (3) та (6) з урахуванням (4) та (5) можна зробити висновок, що

$$\frac{1}{2} C U_{G\min}^2 = \frac{1}{2} C U_Ж^2 - U_Ж I_Ж \tau e^{-2\frac{\tau}{R_G C}}. \quad (7)$$

Оскільки нас цікавить час знаходження симістора у відкритому стані, який рахуємо від моменту вимкнення джерела живлення до зниження напруги до значення U_{Gmin} з рівняння (4) отримаємо:

$$e^{-\frac{\tau}{R_G C}} = \frac{U_{G\min}}{U_Ж}. \quad (8)$$

Із співвідношень (7) і (8) здійснивши ряд перетворень визначимо час перебування симістора у відкритому стані:

$$\tau = C\frac{U_Ж\left(U_Ж^2 - U_T^2\right)}{2U_T{}^2 I_Ж}. \qquad (9)$$

В процесі налагодження і дослідження схеми в якості блок - контакту кнопки SB1 «Пуск», на час короткочасного зникнення живлення, був ввімкнений в схему симетричний тиристор типу ТС 10-9. Параметри управлюючих напруг і струмів наведені на рисунку 2.

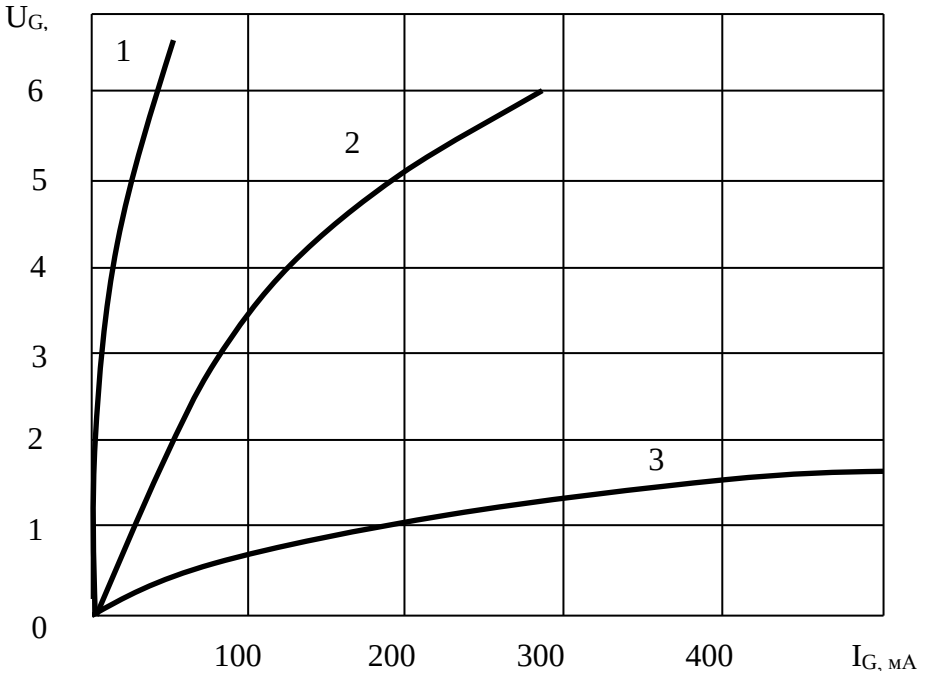


Рисунок 2 – залежність сили стуму від управляючої напруги симетричного тиристору типу ТС 10-9. 1,3- максимально та мінімально можливі значенння для симісторів даного типу, 2 – значення для симістора, що використовувався в експерименті.

Скориставшись формулою (9) були отримані розрахункові залежності, які приведені на рис.3.

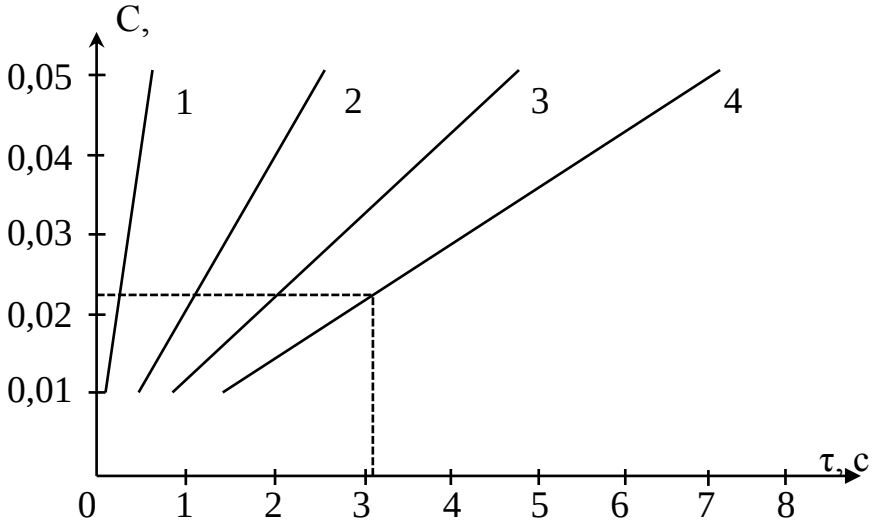


Рисунок 3 - Графік розрахункових залежностей часу перебування симістора ТС 10-9 у відкритому стані для різних напруг живлення в залежності від ємності конденсатора. 1-напруга живлення 2 В; 2 - напруга живлення 3 В; 3-напруга живлення 4 В; 4-напруга живлення 5 В.

Практичним вимірюванням було встановлено, що при напрузі живлення симістора $U_Ж$ = 5 В, ємності конденсатора С=$22 \cdot 10^{-3}$ мкФ, напрузі запирання симістора U_{Gmin} = 1,52 В [7] магнітний пускач спрацьовував при відсутності напруги до 3с включно. Розрахунок за формулою (9) показав величину 3,12 с. (див. рис.3). Доведено, практично виміряна і теоретично одержана величина часу спрацювання магнітного пускача відрізняються на 0,12 с.

Висновки. Проведені дослідження на працюючому макеті довели працездатність схеми та чіткість автоматичного включення магнітного пускача. В залежності від величини ємності конденсатора та напруги живлення випрямляча спостерігалось чітке спрацювання магнітного пускача в обраному проміжку від 2 до 6 с з часу відновлення електропостачання. Отже, розроблена схема може бути рекомендована для практичного використання самозапуску асинхронних двигунів приводу пожежних насосів та інших відповідальних механізмів в разі короткочасного зникнення напруги в силовій мережі живлення.

Працююча схема та одержані результати будуть використані при проведенні практичних занять з дисциплін: електротехніка, основи електроприводу, пожежна і виробнича автоматика.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сыромятников И. А. Режимы работы асинхронных электродвигателей. / И. А. Сыромятников. // М.: Госэнергоиздат, 1955. - 300 с.

2. Сыромятников И. А. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей /И. А. Сыромятников// М.: Госэнергоиздат, 1963. - 528 с.

3. Голоднов Ю. М. Самозапуск электродвигателей /Ю. М. Голоднов// М.:Энергоатомиздат, 1985 - 136 с.

4. Сушко В. И. Кратковременное пропадание напряжения в сети и защита от него /В. И. Сушко// Міжнародний електротехнічний журнал «Электрик» - К.:Радіоаматор - №3 – 2007. - 48 с.

5. Галеев Л. И. Пуск и самозапуск асинхронных электродвигателей - Режим доступу: //http:esis-kgeu.ru/articles/638-article

6. Эрнст А. Д. Самозапуск асинхронных электродвигателей. - Режим доступу: http://bib.convdocs.org/v26585 /?download=1

7. Замятин В.Я. и др. Мощные полупроводниковые приборы. Тиристоры: Справочник/В.Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, В.М. Петухов// М.: Радио и связь, 1987.-576 с.

УДК 614.841

Т.В. Магльована, к.х.н., доц.,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДНИХ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН НА ОСНОВІ ПОЛІГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНІДИНУ

Зменшення кількості вогнегасної речовини може бути досягнуто за рахунок введення до складу води невеликих кількостей поверхнево-активних речовин та водорозчинних полімерів. Заслуговує на увагу використання в якості добавки для поліпшення вогнегасних властивостей води, полімерної речовини, полігексаметиленгуанідин хлориду, що відноситься до IV класу токсичності.

Ключові слова: вода, полігексаметиленгуанідин хлорид, полігексаметиленгуанідин фосфат, змочувальна здатність, в'язкість, поліелектроліти.

Постановка проблеми. Кожна з вогнегасних речовин має певні, притаманні їй, фізико-хімічні властивості, які обумовлюють той або інший механізм припинення горіння певного горючого матеріалу, а отже, сферу застосування. При цьому кінцевий результат застосування вогнегасної речовини визначають такі фактори: охолодження, інгібування реакцій горіння, ізолювання, розведення окислювального газового середовища або їх комбінація [1-2]. Знання фізико-хімічних властивостей вогнегасних речовин, показників їх якості, механізму дії на речовини (матеріали), які перебувають у процесі горіння, надає змогу здійснювати їх вибір з урахуванням певних критеріїв ефективності [3].

Для гасіння переважної більшості пожеж найчастіше використовують воду. Вода у порівнянні з іншими вогнегасними речовинами має високу теплоємність. Один літр води при нагріванні від 0 до 100^0С поглинає 120кДж теплоти, а при випаровуванні — 2260 кДж, що дає добрий охолоджуючий ефект [1].

Вода має високу термічну стійкість, розкладання її на водень та кисень відбувається при температурі понад 1700^0С, що є безпечним для гасіння більшості пожеж, стандартна температура яких не перевищує 1200-1440^0С. Вода внаслідок контакту з високотемпературним осередком перетворюючись на пару, збільшується в об'ємі у 1700 разів, витісняючи кисень повітря до концентрації, що не підтримує процес горіння [1-3].

Але вода має високу температуру замерзання, суттєвим недоліком води є її низька змочувальна здатність, що заважає гасінню волокнистих, пилоподібних та — особливо — тліючих матеріалів, які мають велику питому поверхню в шарах яких є повітря, що підтримує процес горіння. Для більшого проникнення в пори тліючих матеріалів у воду вводять добавки поверхнево-активних речовин, що підвищують її змочувальну здатність [1-5].

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Значна частина води, що подається в зону горіння для гасіння пожежі, практично витрачається дарма і, більше того, у процесі гасіння зайві протоки води наносять додатковий матеріальний збиток. Частково ці недоліки води компенсують додаванням розчинів спеціальних добавок [6-8].

Авторами [9] досліджено вплив хімічних добавок на дисперсність розпилення краплин водних вогнегасних речовин, що подаються тонкорозпиленими струменями. Досліджені добавки мають значний вплив на розмір краплин за діаметром у водяних струменях за однакових умов розпилення водних вогнегасних речовин системами пожежогасіння. Введення до складу води 1% розчину поверхнево-активних речовини (ПАР) або 0,5% розчину гелеутворюючої речовини (яка теж містить ПАР), або 34% розчину неорганічних солей калію та 0,5 % розчину ПАР типу AFFF призводить до зменшення розмірів краплин що найменше в 1,5 рази. Найбільший ефект, зменшення розмірів краплин води в 4 рази, досягається при введенні до складу води 31,5% розчину вогнебіозахисної речовини ФСГ -2 (який в своєму складі містить катіонну поверхнево-активну речовину полігексаметиленгуанідин фосфат (ПГМГФ).

Діючою речовиною антисептика ФСГ-2 є сіль полігексаметиленгуанідину (ПГМГ). При досягненні температури більшої за 360^0С відбувається його термодеструкція з утворенням коксового залишку та виділенням молекулярного азоту [9-10] .

Термомеханічним методом встановлено [11], що розм'якшення зразка ПГМГ починається при температурі 145°С. Інтервал розм'якшення складає 145−168°С. Самозагоряння зразка полімеру відбувається при досягненні температури 425°С. Термографічні дослідження показали [11], що в інтервалі температур 25 – 350^{0}С ПГМГ є термостійким полімером. Але вище за 350^{0}С з нього виділяються леткі речовини. Для оцінки екологічної безпеки його використання, в якості водної вогнегасної речовини, досліджено сполуки термодеструкції (ідентифікація за мас-спектром): вода, метан, етан, пропан, етилен, пропілен, аміак, ізобутан, 1-бутен, н-бутен, 2-бутен (транс-), 2-бутен (цис-), ацетонітрил, 2-метилбутан, 1-пентен, 2-метил-1-бутен, н-пентан, 2-пентен (транс-), 2-пентен (цис-), 2-метил-2-бутен. З переліку видно, що високотоксичні органічні сполуки при термодеструкції ПГМГ не утворюються [11].

Кількісне визначення основних продуктів термодеструкції ПГМГ показало (таблиця 1), що основним продуктом термодеструкціїї ПГМГ є оксид вуглецю (IV).

Таблиця 1 – Основні продукти термодеструкціїї ПГМГ

№ п/п	Продукти термодеструкції ПГМГ	Маса продукту, що утворюється при згоранні 1 кг ПГМГ, г/кг
1	Оксид вуглецю (II)	1,5
2	Оксид вуглецю (IV)	118
3	Аміак	0,015
4	Ціанід водню	0,0
5	Хлорид водню	0,72
6	Формальдегід	0,0
7	Оксиди азоту	0,42
8	Спирти, кислоти та інші сполуки, що мають ОН-групи	0,24

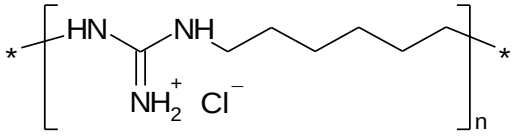
Характерно, що в переліку продуктів деструкції ПГМГ відсутні гази кислої природи (CO_2, NO_2, HCl та інш.). Це пояснюється тим, що при газохроматографічному розділенні гази кислої природи «сідають» на нерухому фазу і не беруть участі в мас-спектроскопічному аналізі. Значно менше (на 2-3 порядки) утворюється оксиду вуглецю (II), хлориду водню, оксидів азоту та ОН-вмісних сполук. Відсутні ціанід водню та формальдегід, в процесі його піролізу високотоксичні органічні сполуки не утворюються [11].

Постановка задачі та її розв'язання. Використання водних вогнегасних речовин потребує знання їх фізико-хімічних властивостей по таких показниках: водневий показник , біологічна здатність до розкладання, клас небезпеки, змочувальна здатність, в'язкість, поверхневий натяг робочого розчину водної вогнегасної речовини та гарантований термін зберігання розчинів. Тому метою роботи було дослідити основні показники якості водних вогнегасних речовин на основі полігексаметиленгуанідину.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Змінити властивості води, наприклад, підвищити змочувальну здатність та в'язкість, і тим самим підвищити вогнегасну ефективність води, можна шляхом введення розведених розчинів поліелектролітів [8].

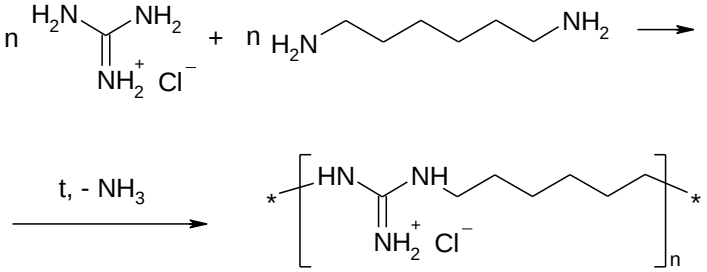
Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. ПГМГ- зовнішній вигляд – тверда скловидна напівпрозора речовина жовтуватого забарвлення; розчинна у воді; pH 5%-ного водного розчину – 9,0; температура розм'якшення - 152°С; приведена в'язкість, см^3/г – 0,071 [11].

Структурна формула елементарної ланки макромолекули ПГМГ містить одну гуанідинову групу та шість метиленових:



де n = 5 ÷ 120.

Використаний ПГМГ синтезований фахівцями НТЦ «Укрводбезпека» за методикою шляхом поліконденсації гуанідин гідрохлориду (ГГХ) та гексаметилендиаміну (ГМДА) в розтопі за схемою [12]:



Концентрацію залишкового мономеру ГМДА визначали хроматографічним методом. Температурний інтервал синтезу складав 110 - 200ºС. Нижче 110ºС реакція поліконденсації не відбувається, а вище 200ºС - утворюється зшитий нерозчинний полімер. Причиною цього може бути активація та вступ в реакцію поліконденсації третього атому азоту в гуанідиновій групі ГГХ [11].

Збільшення вмісту біфункціонального мономеру - ГМДА в реакційній суміші при високих температурах синтезу призводить до утворення нерозчинного полімеру та до високої залишкової його концентрації в синтезованому полімері [11].

Вище за 120ºС реакційна маса сильно піниться внаслідок виділення амоніаку. Для зняття цього ефекту обрано триступеневий режим нагрівання з витримкою протягом 1-4 годин. Час витримки визначався часом досягнення рівноважних умов синтезу [11].

Водні розчини ПГМГ хлориду (ПГМГХ) одержували розчиненням відповідних точних наважок в дистильованій воді. Для цього 20г сухого ПГМГХ вносили в мірний стакан на 200см^3. Додавали 100 см^3 дистильованої води, залишали стояти протягом 24 годин, перемішували і додавали 180 см^3 дистильованої води. Залишали розчин стояти протягом годин при температурі 25$\pm$5^{0}С, після цього розчин готовий до використання. Робочі розчини з меншою концентрацією ПГМГХ одержували розведенням основного розчину дистильованою водою в день проведення експерименту.

Маючи сильну біоцидну дію по відношенню до багатьох мікроорганізмів, гуанідинові полімери відносяться до IV класу (малонебезпечні речовини) при попаданні в організм через шкіру та до III класу (помірно небезпечні речовини) при попаданні через шлунок (відповідно до ГОСТ 12.1.007-76) [13]. Токсична дія солей ПГМГ знижується із збільшенням молярної маси від 1000 до 10000; фосфат і глюконат ПГМГ менш токсичні, ніж хлорид ПГМГ. При потраплянні в організм крізь шкіру солі ПГМГ менш токсичні, ніж хлоргексин біглюконат. Поліалкіленгуанідини є речовинами, що нормально біорозкладаються. 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 ПГМГ не може представляти загрозу для гідробіонтів [14].

Визначення показника змочувальної здатності проводили згідно ДСТУ 3789 [1], що полягає у визначенні проміжку змочування гідрофобної тканини водним розчином ПГМГХ. Для досліджень використовували секундомір з границею вимірювання. Циліндр 2-100 згідно ГОСТ 1770 з ціною поділки 1мл, мензурка 50 згідно а ГОСТ 1770. Піпетка 2-2-10 згідно ГОСТ 29169. Тканина сурова згідно з ГОСТ 29298 з повеневою густиною до 250 г/м^2. кількість ниточок на 10 см: по основі - від 218 до 226, по утку – від 136 до 144: розривним навантаженням смужки тканини розміром 50 мм × 200 мм, Н(кгс) по основі від 282 до 346 і по утку - від 158 до 194. Вода дистильована згідно з ГОСТ 6709 [1].

Пристрій для визначення показника змочувальної здатності водних вогнегасних речовин складається з пустотілого циліндра і стоку з конічним дном, що з'єднані між собою гвинтами, фільтра, лабораторного штатива, стаканчика на 100см^3. Між циліндричною частиною стоком встановлюють фільтр - один шар тканини, вирізаний у вигляді круга діаметром не менше 38 мм. У циліндрі готували водний розчин полігексаметиленгуанідин хлориду заданої концентрації. Температура розчину становила (20±2) ^{0}С [1].

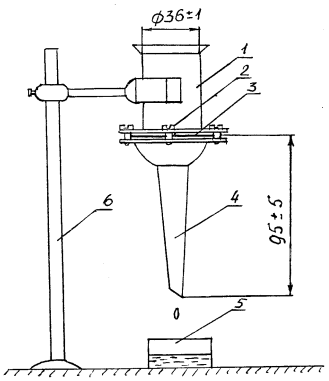


Рисунок 1 – Схема пристрою для визначення показника змочувальної здатності водного розчину ПГМГХ .

Піпеткою відбирали 10см^3 приготовленого розчину і заливали його у мензурку. Потім виливали розчин у циліндр пристрою, одночасно вмикали секундомір і визначали проміжок часу до падіння першої краплини розчину у стаканчик. За результат визначення брали середнє арифметичне двох випробувань. Допустима розбіжність між результатами повторних випробувань, за постійних умов з довірчою ймовірністю 0,95, не повинна перевищувати 1с. Повторне використання фільтрів і розчину піноутворювача не допускається [1].

На підставі результатів досліджень з визначення показника змочувальної здатності та дослідження з визначення ефективності гасіння модельних вогнищ пожежі класу А (підклас А1) водними розчинами ПГМГХ, рекомендовано застосовувати для приготування змочувальних розчинів ПГМГХ у концентраціях не менше 5%. Встановлено тривалість гасіння модельних вогнищ і показник вогнегасної здатності у разі гасіння водними розчинами ПГМГХ. Додавання до води розчину ПГМГХ у кількості 5% зменшує на 15% її витрату на гасіння деревини.

В'язкість є характеристикою сил взаємодії між молекулами рідини: чим вона більша, тим сильніша взаємодія. Підвищення в'язкості підсилює взаємодію між молекулами рідини і твердої речовини, з якою вона контактує, що зумовлює зменшення швидкості стікання води, і як наслідок, збільшення її вогнегасної ефективності. Визначення в'язкості водних розчинів ПГМГХ проводили візкозиметричним методом, який полягає у вимірюванні тривалості протікання крізь капіляр віскозиметра ВПЖ - 1 певного об'єму проби з вимірювального резервуару візкозиметра під впливом сили тяжіння. За результат дослідження приймали середнє арифметичне результатів не менш ніж трьох паралельних визначень, розбіжність між якими не перевищувала 0,2 %. Температура водних розчинів полігексаметиленгуанідин хлориду під час визначення показника в'язкості дорівнювала (22,0 ± 0,2) ºС [15]. Для розведених розчинів ПГМГХ спостерігається реологічний (поліелектролітний) ефект. Він проявляється в зростанні в'язкості розчину по мірі його розведення. Причиною появи поліелектролітного ефекту є те, що при зменшенні концентрації поліелектроліту знижується йонна сила розчину, яка обумовлена незв'язаними з ланцюгом протийонами. При розведенні розчину звільняється частина протийонів, які були до цього зв'язані з макройоном, ефективний зарад ланцюга підвищується і сили електростатичного відштовхування розгортають макромолекулярний клубок. Наслідком цього є розбухання макроклубків та збільшення гідродинамічних розмірів поліонів, що і приводить до зростання приведеної в'язкості розчинів поліелектроліту. Але цей ефект може подавлятися введенням в розчин ПГМГХ певної концентрації (0,5 моль/дм^3) індиферентного електроліту- натрій хлориду [16].

Водний розчин ПГМГ складається з речовин, молекули яких різняться інтенсивністю силових полів міжмолекулярної взаємодії (полярністю), тому величина вільної поверхневої енергії знижується через перерозподіл молекул в розчині, що веде до зміни складу поверхневого шару в порівнянні з об'ємом. Менш полярний компонент водного розчину (поліелектроліт) переходить з об'єму в поверхневий шар. Збільшення концентрації поліелектроліту в поверхневому шарі в порівнянні з об'ємом є позитивною адсорбцією [15].

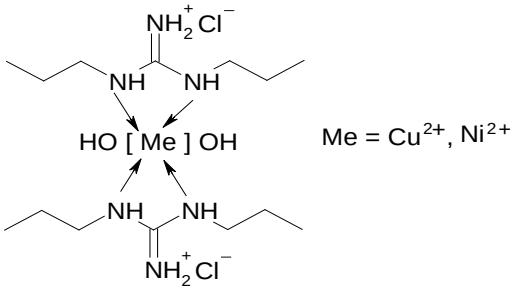
ПГМГ ефективно знижує поверхневий натяг води вже при невисоких концентраціях полімеру. На зниження поверхневого натягу впливає наявність або відсутність заряду на макромолекулі, який і визначає

конформацію макромолекули. Наявність заряду обумовлює розгорнуту конформацію макромолекул, відсутність – навпаки, приводить до згортання макромолекул. Тому максимальне зниження поверхневого натягу водних розчинів ПГМГ буде спостерігатись у випадку розгорнутої конформації макромолекул. Відповідно змінюється спорідненість макромолекул до води - вона більша для заряджених макромолекул. Крім того, заряд ще й змінює конформацію макромолекули: наявність заряду розгортає макромолекули і цим досягається більше зниження поверхневого натягу води [16].

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. Введення інгібіторів зводять до мінімуму агресивність продуктів розкладу по відношенню до гідросистем пожежно-технічного обладнання. Останніми роками при розробці інгібіторів корозії значна увага приділяється пошуку і застосуванню сполук, що містять перехідні метали або комплекси на їх основі, які здатні при введенні в агресивне середовище утворювати подібні комплекси при взаємодії з перехідними металами, які є присутні в електроліті або на поверхні металу що захищається. Це обумовлено тим, що такі сполуки і комплекси мають підвищену здатність до взаємодії з металевою поверхнею і активними частками корозійних середовищ, внаслідок чого при правильному підборі рецептури інгібітору може бути забезпечена його висока адсорбційна активність і схильність до зниження або блокування тих функцій часток середовища, які викликають корозію металу [17]. Формування добре адгезивних до металу плівок, забезпечується наявністю полярних груп. Наявність таких груп як $-NO_2$, $-NH_2$, $-N(CH_3)_2$ і піридинового азоту сприяє посиленню інгібуючих властивостей [18].

Взаємодія іонів в розчині відбувається з функціональними групами макромолекул, які не здатні до дисоціації, але спроможні утворювати донорно-акцепторні зв'язки, тобто з >NH - групами макромолекул ПГМГ. В результаті утворюються комплексні сполуки типу хелатів з координаційною ємністю 2. Комплекси подібні до аміакатів з координаційним числом 4. В них зв'язок між центральним атомом та лігандом має ковалентний характер [19].

Структурна формула комплексів має вигляд[19]:



З ростом середньостатичної молекулярної маси спостерігаються зростання адсорбції макромолекул, пов'язане з посиленням взаємодії гідрофобної частини поліелектроліту з розчинником і їх витісненням на межу розділу фаз. Середньостатичні константи адсорбційної рівноваги олігомерів поліалкіленгуанідин хлориду слабко змінюється з температурою, що пов'язано з можливою зміною конформації макромолекул через зміну термодинамічної якості розчинника і рухливості ланцюга макромолекули [18].

Ефект синергізму спостерігається на різних межах розділу фаз, що характеризує загальну природу цього явища, пов'язану з асоціацією поліелектроліту з низькомолекулярними органічними сполуками в об'ємі розчину. Здатність ПГМГ утворювати малорозчинні комплексні сполуки з катіонами металів, зокрема з катіонами заліза, дає підстави для припущення про можливе застосування його, як інгібітора корозії для захисту пожежно-технічного обладнання, та систем пожежної автоматики від корозії.

Висновки. Додавання невеликих кількостей солей полігексаметиленгуанідину до води приводить до зміни її реологічних властивостей, а саме, до збільшення в'язкості, 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. Аналізуючи результати гасіння пожеж із використанням розчинів ПГМГХ, можна зазначити, що у всіх випадках скорочується час гасіння, інтенсивність подачі вогнегасного засобу,

крім того солі ПГМГ відносяться до четвертого класу небезпеки, що дозволяє вирішити екологічну задачу, і відмовитися від шкідливих полімерних речовин, які застосовувалися раніше.

Перспективи подальших досліджень. Проблема біодеструкції матеріалів та біозаростання обладнання, яке працює в постійному контакті з водою, залишається актуальною, не дивлячись на досить велику кількість запропонованих для цієї мети препаратів. Тому, метою подальших досліджень є підбір відповідних концентрацій ПГМГХ в межах яких даний поліелектроліт можна використовувати як водну вогнегасну речовину і як препарат для боротьби з мікроорганізмами, які викликають біодеструкцію та біозаростання пожежно – технічного обладнання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонов А.В. Вогнегасні речовини А.В. Антонов, В.О. Боровиков, В.П. Орел, В.М. Жартовський, В.В Ковалишин. – Київ: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.
2. Тарахно О.В. Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки О.В. Тарахно Харків: АЦЗУ, 2006. – 395с.
3. Тарахно О.В. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі О.В.Тарахно, А.Я. Шаршанов Навчальний посібник. Харків, 2004. – 254 с.
4. Козяр Н.М. Шляхи підвищення ефективності застосування водних та водопінних вогнегасних речовин Н.М. Козяр // Науковий вісник УкрНДІПБ – 2009. - №2 (20). – С.13-18.
5. Ковалишин В.В. Пінне гасіння В.В Ковалишин, О.К Васильева., И.М Козяр -Львів, СПОЛОМ. -2007. 168 с.
6. Жартовський С.В. Дослідження фізико – хімічних властивостей водної вогнегасної речовини ФСГ-2 і механізму її вогнегасної дії під час гасіння пожеж класу А/ С.В. Жартовський // Науковий вісник УкрНДІ ПБ. — 2011. —№1 (23). — С. 132-142.
7. Жартовський С.В. Дослідження реологічних властивостей водної вогнегасної речовини ФСГ-2 / С.В. Жартовський, О.Д. Коваль І.Г. Маладика, В.М. Кришталь // Пожежна безпека: теорія і практика. — 2011. —№9. — С. 53-60.
8. Жартовський В.М. Застосування полімерної поверхнево-активної речовини гуанідинового ряду з метою підвищення вогнегасних властивостей води / В.М. Жартовський, Т.В. Магльована, С.В. Жартовський // Пожежна безпека: теорія і практика. — 2012. — №12.- С. 35-40.
9. Ніжник В.В. Обгрунтування застосування деяких водних вогнегасних речовин для систем пожежогасіння під купольних деревяних конструкцій культових споруд / В.В. Ніжник, С.В. Жартовський, О.М. Тимошенко та ін. // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2010.- №2 (22). – С.131-134.
10. Жартовський В.М. Активний і пасивний протипожежний захист об'єктів з пожежним навантаженням із целюлозовмісних матеріалів / Жартовський В.М., Жартовський С.В. // Пожежна безпека: теорія і практика. — 2011. —№9. — С. 44-60.
11. Нижник Т.Ю. Вилучення іонів важких металів із водних розчинів з використанням азотвмісного полімерного реагенту. Автореф. дис. ...к.т.н.: 05.17.21 / КПІ- К., 2007.-20с.
12. Сазонов Г.А. Получение полигексаметиленгуанидинов / Г.А.Сазонов, П.А. Гембицкий, Т.А.Калинина и др. // Химическая промышленность. - 1989. - №12. – С.903-905.
13. Гембицкий П.А., Воинцева И.И. Полимерный биоцидный препарат полигексаметиленгуанидин // Запорожье, 1998. 44с.
14. Мариевский В.Ф Методические и эколого-гигиенические аспекты анализа безопасности воды при использовании некоторых реагентов для ее обеззараживания / В.Ф.Мариевский, А.И.Баранова, Ю.В.Нижник и др..// Вода: химия и экология. — 2011. — № 4. — с. 58-65.
15. Магльована Т.В. Дослідження показника в'язкості водних розчинів полімерної речовини полігексаметиленгуанідин хлориду / Т.В. Магльована, В.М Кришталь, Т.Ю. Нижник // Пожежна безпека: теорія і практика. — 2010. —№6. — С. 77-81.
16. Нижник В.В. Фізична хімія полімерів В.В.Нижник, Т.Ю. Нижник Підручник.- К.: Фітосоціоцентр, 2009.-424с
17. Вишневська Ю.П. Вплив полігексаметиленгуанідину на електрохімічну та корозійну поведінку заліза в сірчанокислих електролітах /Ю.П. Вишневська, Т.Ю. Нижник, Д.А. Ткаленко, І.М. Астрелін // Доповіді Національної академії наук України. – 2008.- №8. – С.121-125.
18. Образцов В.Б. Інгібіторні властивості похідних полігексаметиленгуанідину / В.Б. Образцов, Є.Д.Рубльова, Н.В. Аміруллоєва // Вісник Східноукраїнського національного у-ту – 2013.- №13. – С.18-25.
19. Нижник В.В. Асоцація іонів металів з водорозчинним полігексаметиленгуанідином солянокислим / В.В. Нижник, Т.Ю.Нижник, М.Л Малишева та ін..// Реагенты комплексного действия на основе гуанидиновых полимеров. - Вып.3. –К.: 2006.-С. 52-59.

УДК 614.8

О.М. Мирошник, к.т.н., О.М. Землянський, к.т.н.,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ ЗНЕСТРУМЛЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

У статті здійснений аналіз способів і засобів знеструмлення житлових будівель. Проаналізовані способи виконання вводів електричних мереж у житлових будівлях. Розглянуті особливості аварійного знеструмлення при пожежі в житловому секторі шляхом перерізання струмоведучих жил проводів та кабелів. Висвітлено умови застосування ручного механізованого та немеханізованого інструменту, який використовується пожежно-рятувальними підрозділами для аварійного знеструмлення, вказано на переваги на недоліки. Зроблені висновки щодо ефективності використання діелектричного інструменту для перерізання багатожильних проводів та вказано на перспективні шляхи подальшого дослідження.

Ключові слова: знеструмлення, ріжучий інструмент

Постановка проблеми. Гасіння пожежі струмо-провідними речовинами на будь-якому об'єкті розпочинається після його знеструмлення. З метою мінімізації часу у житловому секторі знеструмлення проводиться шляхом перерізання вводу електричної мережі будинку біля стовпа лінії електропередач. Для даного виду робіт використовують спеціальний діелектричний інструмент [1]. Основними недоліками діелектричного інструменту є можливість знеструмлення електричної мережі з фазною напругою до 220 В та необхідності перерізання кожної жили окремо одна від одної, що не можливо при використанні ізольованих проводів та кабелів.

Актуальність аварійного знеструмлення житлових будівель підтверджується аналізом статистичних даних пожеж. Якщо 90% пожеж гаситься водою то від часу знеструмлення залежить час локалізації пожежі, що в свою чергу впливає на матеріальні збитки. На рис.1 наведено залежність збитку завданого вогнем в залежності від часу розвитку пожежі.

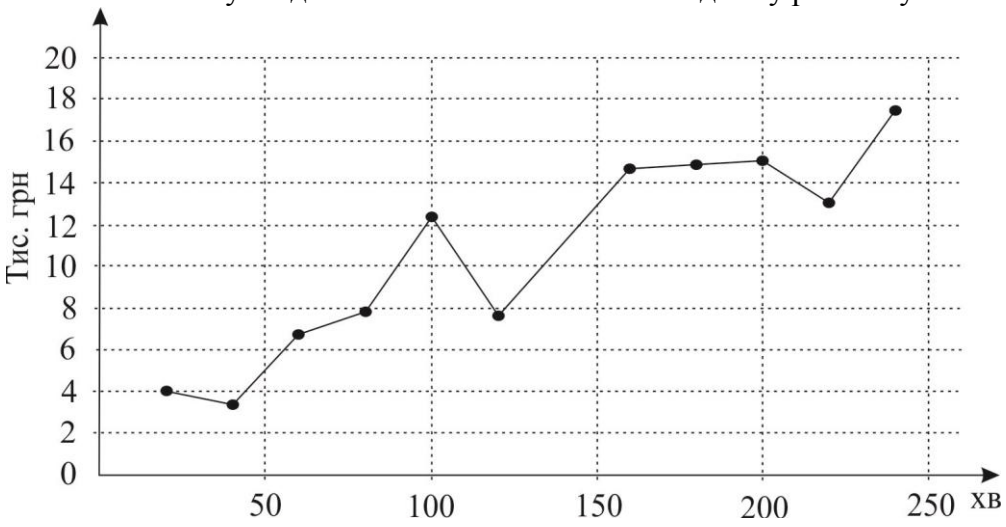


Рисунок 1 – Усереднене значення збитків від пожеж у Черкаській області в залежності від часу розвитку пожежі (від моменту виникнення до локалізації) за 2013р.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Проведений нами аналіз існуючих інструментальних засобів та способів аварійного знеструмлення житлових будівель показує, що для цілей перерізання проводів і кабелів рятувальники використовують ручний та механізований інструмент з металевими лезами. Застосування такого інструменту можливе у випадку підключення житлової будівлі одножильними проводами, а при перерізанні багатожильного проводу виникне аварійний режим роботи електричної мережі.

Аварійне знеструмлення при пожежогасінні використовується фахівцями країн Європи, СНД, США та ін. Значну увагу проблемі перерізання багатожильних ізольованих кабелів приділив угорський дослідник Джозеф Тобі, який досліджував можливість перерізання кабелів під напругою 400 В, 6 кВ та 15 кВ спеціальними гідравлічними ножицями з довгим шлангом (не менше 8м) та гідронасосом. Дослідник визначив безпечні відстані перерізання проводів під напругою та довів, що застосування ріжучого інструменту можливе лише у крайньому випадку, оскільки існує висока ймовірність виникнення аварійної ситуації внаслідок короткого замикання [2].

Виходячи з вище викладеного можна зробити висновок, що питання проведення аварійного знеструмлення житлових будівель, ввід до яких виконаний багатожильним проводом, потребує подальших досліджень у напрямку забезпечення безпеки рятувальників та мінімізації виникнення аварійних режимів в електромережах.

Постановка задачі та її розв'язання. Основна мета дослідження полягає у аналізі існуючих способів і засобів знеструмлення житлових будівель шляхом перерізання струмоведучих жил. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- проаналізувати способи виконання вводів електричних мереж у житлових будівлях;
- провести аналіз методів аварійного знеструмлення житлових будівель при пожежі;
- систематизувати існуючі засоби та способи перерізання проводів та кабелів.

Результати дослідження дозволять визначити перспективні шляхи оптимізації проведення оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів під час ліквідації пожежі на житловій будівлі, що знаходиться під напругою.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Способи виконання вводів електричних мереж у приватних домоволодіннях.

На сьогоднішній день використовують два способи виконання вводів у приватний будинок: підземний і повітряний. Підземний спосіб полягає в тому, що опорою стовпа виконується спуск, а кабель прокладають в трубі.

При повітряному вводі використовують троси на яких підвішують кабелі, або самонесучі ізольовані та неізольовані проводи, при цьому висота від землі повинна бути не менше 6 м над проїздами, не менше 3,5 м над пішохідними дорогами, а точка кріплення на будинку не нижче 2,75 м.

До 2011 року для прокладки повітряної лінії вводу використовували провід без ізоляції марки АС [3]. Згідно [3] в теперішній час використовують провід марки СІП (рис 2), який буває 2-х та 4-х жильний. Для підземного введення використовуються броньовані та небронь овані кабелі.

Ввід електропостачання приватних домоволодінь здійснюють від повітряних ліній 0,4 кВ місцевих мереж. Обов'язково здійснюється занулення, яке згідно з [3] може мати два варіанти реалізації:

- заземлена через певні відстані (100…200 м) нейтраль мережі виконує функції нульового робочого і нульового захисного провідника одночасно – система TN-C;
- для заземлення обладнання прокладається окремий провідник, який виконує функції тільки захисного провідника – система TN-S [3].

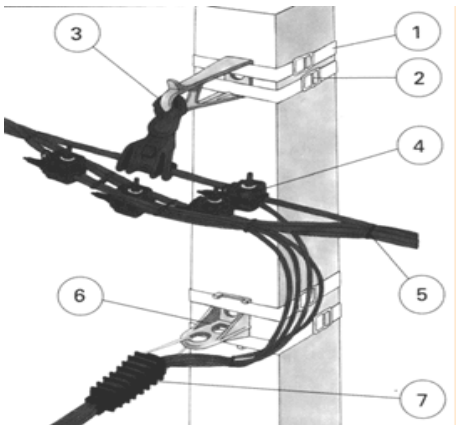
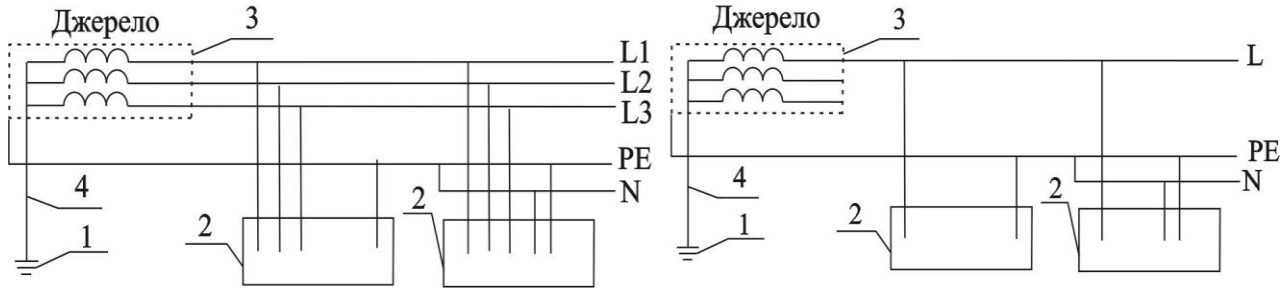


Рисунок 2 – Розгалуження до споживача лінії електропередач виконаної проводом марки СІП, де: 1– стрічка стальна нержавіюча, 2 – з'єднання стрічки, 3 – проміжний затискач з кронштейном, 4 – проколюючий затискач, 5 – кабельний ремінь, 6 – анкерний кронштейн, 7 – анкерний затискач.

Другий варіант є обов'язковим для житлових, адміністративно-побутових приміщень, приміщень з масовим перебуванням людей та їм подібним, що будуються. У цьому випадку в приміщеннях з однофазною мережею, внутрішню мережу виконують трипровідною – фазний, нейтральний і захисний провідники. На об'єктах з трифазними споживачами внутрішню мережу виконуєть 5-ти провідною – 3 фазних, нейтральний і захисний (рис. 3).



Трифазна мережа Однофазна мережа

Рисунок 3 – Схеми заземлення систем у трифазних та однофазних електроустановках змінного струму напругою до 1кВ, де: L1, L2, L3 – лінійні (фазні) провідники; 1 – заземлювач джерела живлення; 2 – відкриті провідні частини; 3 – заземлювач відкритих провідних частин; 4 – захисний заземлювальний провідник (заземлення системи позначено потовщеними лініями); N – нейтральний провідник, електрично з'єднаний з нейтральною точкою джерела живлення; L – лінійний (фазовий) провідник, PE – захисний провідник.

Незалежно від розглянутих варіантів при застосуванні в приміщенні окремого захисного провідника останній відгалужується від нейтралі мережі на щитку вводу в приміщення до роз'єднувальних контактів, а для забезпечення його цілісності і надійності захисту в мережі цього провідника не повинно бути будь-яких роз'єднувачів, запобіжників тощо. Тому трифазний ввід виконують чотирипровідною лінією, а однофазний – двопровідною лінією до вводного комутаційного захисного апарату. В обох випадках може додаватися захисний провід PE.

Аналіз особливостей функціонування трифазних електричних мереж показує, що при різанні проводів пожильно існує загроза утворення трифазного або двофазного кола без нейтрального проводу. Особливістю цього режиму, є те що при несиметричному навантаженні у фазах з меншим навантаженням напруга різко зростає, а у фазах з більшим

навантаженням різко зменшується (рис.4). Такий режим роботи призведе до виходу з ладу як електронних приладів, так і електричних двигунів холодильників, пральних машин, систем вентиляції. При відсутності чи несправності апаратів захисту зазначені прилади можуть стати новим джерелом запалення.

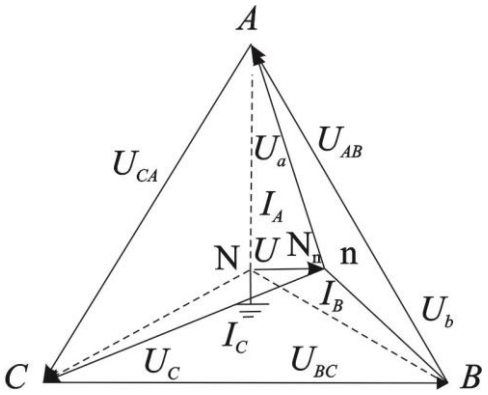


Рисунок 4 – Векторна діаграма струмів і напруг при з'єднанні несиметричного навантаження без нейтрального проводу.

Методи знеструмлення приватних домоволодінь

Одним із етапів оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів є встановлення місця і способу відключення електроенергії. Існує два способи відключення електричної мережі: механічне знеструмлення або аварійне відключення. Аварійне знеструмлення електричної мережі шляхом перерізу жил проводиться якщо електромережа пошкоджена й існує загроза ураження електричним струмом рятувальників що задіяні у гасінні пожежі, існує небезпека виникнення нових осередків пожежі у разі попадання на них води або виникають умови, що перешкоджають роботам з гасіння пожежі і розбирання конструкцій.

Вимогами [1] регламентовано, що електричні мережі і установки під фазною напругою вище 220 В відключають представники енергослужби. Відключення електрообладнання при фазній напрузі в мережі не вище 220 В може виконуватися особовим складом пожежно-рятувального підрозділу за вказівкою керівника гасіння пожежі або начальника оперативної діяльності [4].

При знеструмленні рятувальник повинен керуватися вимогами безпеки, а саме: роботу проводити в діелектричних засобах захисту; обрізати живильні зовнішні проводи тільки біля ізоляторів, з боку споживання електроенергії із розрахунком, щоб проводи які падають або обвисають, не залишились під напругою та обрізати кожний провід (жилу) окремо від інших; у разі якщо дроти підвішені на стовпах або на стійках, потрібно піднятися по висувній драбині, встановленої близько стовпа; покласти килимок на сходинку сходів, встати на нього і закріпитися карабіном за сходинку сходів (при роботі з металевих сходів між карабіном і сходами повинна знаходитися ізолююча прокладка); перерізання слід починати з нижніх проводів, щоб проводи, що знаходяться під напругою, залишилися закріпленими на ізоляторах і не могли з'єднуватися між собою або з якимись предметами, для такої роботи залучається, що найменше дві особи оперативного розрахунку.

Інструментальні засоби перерізання проводів

Різання проводів здійснюють за допомогою спеціального інструменту, який за принципом роботи, розділяють на три основні типи: механічний, гідравлічний та електричний. Для полегшення зусиль, використовують конструкції з шарнірними елементами, у ножиць з подовжувальною штангою зусилля до ріжучої головки передається за допомогою тросу (мотузки) або стержня. Спільним елементом всіх типів інструменту є ріжуче металеве лезо.

Виробники інструменту не допускають одночасне перерізання декількох провідних жил під напругою, оскільки внаслідок короткого замикання ріжуча головка інструменту

виходить з ладу. Винятком є інструмент «Гідравлічний пристрій безпечної різки кабелів Технорез^{TM}», який має спеціальний заземлюючий стержень та ножі виготовлені з високоякісної сталі товщиною 14 мм, які навіть після короткого замикання зберігають свою працездатність. Безпека рятувальника, при роботі з гідравлічним пристроєм, досягається за рахунок обладнання пристрою дистанційним керуванням ріжучої головки на безпечній відстані та використання гідравлічного рукава високого тиску. Основними недоліками даного інструменту є неможливість проведення віддалених робіт на висоті та обмеження відстані до місця перерізання, зумовлене довжиною рукава.

Для здійснення аварійного знеструмлення на відстані використовують моделі інструментів з подовжувальною штангою. Інструмент РЕП-2 призначений для пожильного різання повітряних ліній електропередач, а також внутрішньої електропроводки під напругою до 1000 В. На відміну від звичайних ножиць для різання електропроводів даним інструментом можна перерізати повітряні лінії електропередачі під напругою на висоті до 6,1 м безпосередньо з землі без застосування пожежних драбин, що дозволяє виконати знеструмлення одному працівникові.

Висновки. Проведений аналіз способів виконання вводів електричних мереж у житлових будівлях вказує на існування підземного та повітряного вводу. Повітряний ввід до 2000 року виконували проводом марки АС, а з 2011 року – самонесучим проводом марки СІП.

Для аварійного знеструмлення житлових будівель при пожежі використовують діелектричний інструмент. Не залежно від виду існуючі інструменти можуть бути використані для пожильного різання проводів з дотриманням вимог безпеки праці. Наявність металевого леза в ріжучому інструменті при перерізанні багатожильних кабелів та проводів під напругою призводить до аварійного режиму роботи електромережі.

З метою оптимізації процесу аварійного знеструмлення житлових будівель доцільно використовувати інструменти з подовжувальними штангами. В порівняні із діелектричними ножицями, інструмент з подовжувальної штангою безпечніший та сприяє мінімізації кількості залучених рятувальників до проведення робіт із знеструмлення.

Перспективи подальших досліджень. Таким чином перспективним питанням для подальших досліджень є розробка інструментальних засобів аварійного знеструмлення житлових будівель при пожежі ввід до яких виконаний багатожильним проводом чи кабелем. Розробка таких засобів повинна забезпечити виконання ряду основних вимог, серед яких: оперативність проведення дій щодо знеструмлення житлової будівлі, безпеку рятувальникам під час використання, а також виключити можливість виникнення аварійного режиму роботи в електромережі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Наказ МНС від 07.05.07 №312 «Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України».
2. http://www.vedelem.hu/letoltes/ujsag/v200701.pdf
3. Правила улаштування електроустановок. 4-те вид., перероб. й доп. – Х.: Вид-во «Форт», 2011.-736 с.
4. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. Затверджено наказом МНС України від 13.03.12 р. №575

УДК 614.843(075.32)

І.В. Паснак, к.т.н., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТУ СЛІДУВАННЯ ПОЖЕЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ДО МІСЦЯ ВИКЛИКУ З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ

Встановлено, що сьогодні недостатньо вичерпно вивчене питання вибору оптимального маршруту руху пожежного автомобіля із урахуванням параметрів вулично-дорожньої мережі. Запропоновано залежності для прогнозування тривалості слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику та витрат на цей проїзд із урахуванням особливостей улаштування вулично-дорожньої мережі. Для оптимізації маршрутів руху пожежного автомобіля розроблена імітаційна модель вибору оптимальних маршрутів за критеріями найменшої тривалості та мінімальних витрат на слідування до місця виклику.

Ключові слова: вільний розвиток пожежі, тривалість слідування, вулично-дорожня мережа, маршрут слідування, оптимізаційна модель.

Постановка проблеми. Бурхливе зростання автомобілізації, зокрема в Україні, призводить до перенасичення вулично-дорожньої мережі (ВДМ) транспортними засобами. Зокрема, за останні 7 років кількість автомобілів у Львові зросла вдвічі.

Це, в свою чергу, значно впливає на основні показники, які характеризують транспортний потік: швидкість та інтенсивність руху, щільність транспортного потоку тощо. Відомо, що однією із найважливіших проблем із царини пожежної безпеки є зменшення тривалості вільного розвитку пожежі. Одним із напрямків її вирішення є зменшення тривалості слідування пожежно-рятувальних підрозділів до місця пожежі, на що перенасичення ВДМ транспортними засобами впливає вкрай негативно. Тому, в умовах сьогодення необхідно здійснювати пошук напрямів оптимізації тривалості слідування пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику для зменшення тривалості вільного розвитку пожежі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням зменшення тривалості вільного розвитку пожежі (зокрема, шляхом оптимізації тривалості слідування пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику) займалася низка вчених. Зокрема, варто відзначити роботи [1-4]. Однак, зазначені роботи мало уваги приділяють впливу особливостей улаштування ВДМ, її характеристик та інших чинників на тривалість слідування пожежників до місця виклику.

Варто відзначити, що транспортно-експлуатаційні характеристики пожежних автомобілів у процесі слідування до місця виклику можна досліджувати з використанням праць, які стосуються динаміки автомобільного транспорту. Тут варто відзначити роботи [5-7].

При розгляді питання оптимізації маршрутів слідування з точки зору організації дорожнього руху варто взяти до уваги праці [8, 9].

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи є розроблення методики вибору оптимального варіанту маршруту слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику з урахуванням особливостей ВДМ. Вирішення поставленої задачі відбувалося шляхом застосування імітаційного моделювання із розробленням алгоритмічної блок-схеми вибору оптимального маршруту слідування пожежно-рятувального підрозділу за обраними критеріями з використанням отриманих залежностей.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Для оптимізації маршруту слідування пожежно-рятувального підрозділу необхідно також враховувати особливості ВДМ, по якій, власне, пожежний автомобіль рухається до місця виклику. Її параметри безпосередньо впливають на головні показники дорожнього руху, зокрема на швидкість та інтенсивність руху.

З точки зору зменшення тривалості вільного розвитку пожежі відомі наукові праці вкрай рідко спрямовують свою увагу на вплив характеристик ВДМ на параметри руху пожежного автомобіля, який слідує до місця виклику. Тому, ця робота спрямована на вирішення актуального науково-технічного завдання, яке передбачає розроблення методики вибору оптимального варіанту маршруту слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику з урахуванням особливостей ВДМ.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. В роботах [1, 10] доведено, що в більшості випадків на тривалість вільного розвитку пожежі найбільше впливає тривалість слідування пожежно-рятувальних підрозділів до місця її виникнення. Керуючись рекомендаціями [11, 12] за залежністю (1), побудовано теоретичні залежності значення площі пожежі від тривалості вільного розвитку пожежі з урахуванням середньої лінійної швидкості розповсюдження пожежі (кутової).

$$S_n = k \cdot \pi \cdot (0{,}5 \cdot V_л \cdot \tau_1 + V_л \cdot \tau_2)^2, \text{ м}^2, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт, що враховує кут розвитку пожежі (k=0,5 при куті 180°, k=0,25 при куті 90°); $V_л$ – лінійна швидкість розповсюдження пожежі, м/хв. [11, 12]; τ_1 – перші 10 хв. вільного розвитку пожежі (const); τ_2 – тривалість вільного розвитку пожежі на момент локалізування без урахування τ_1.

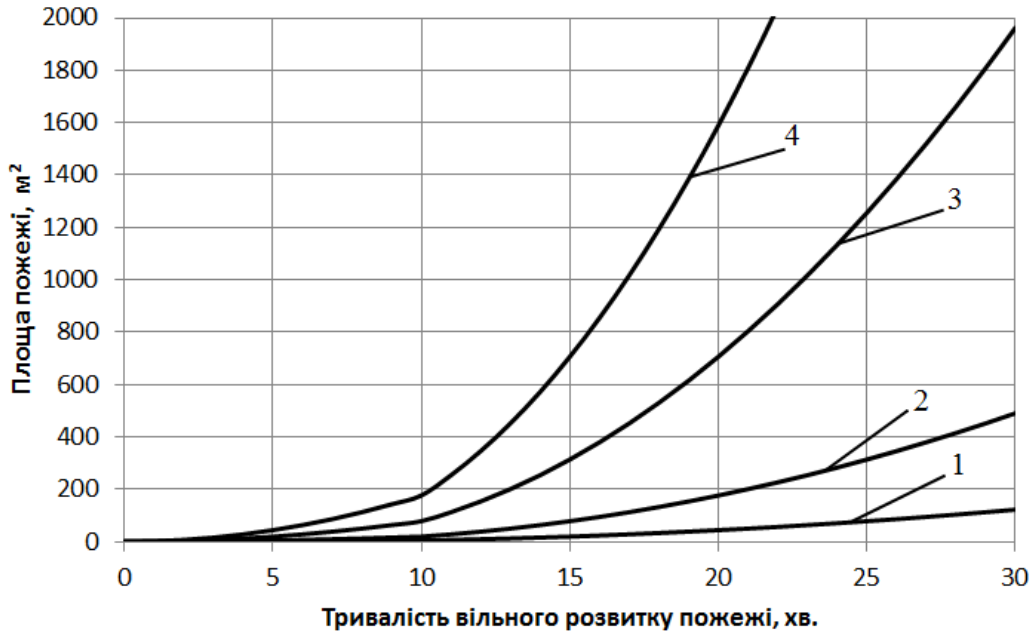
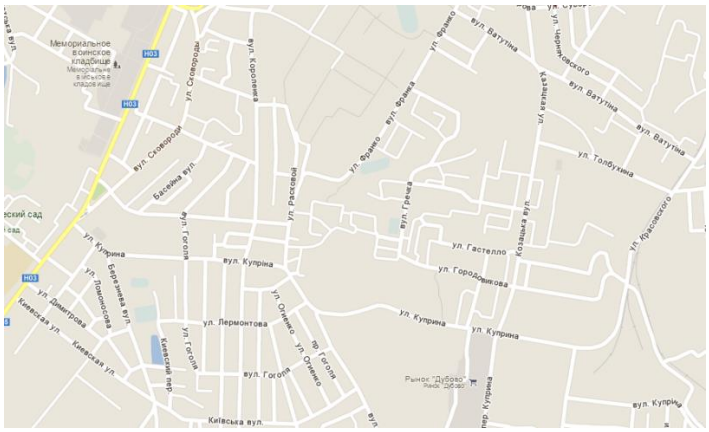


Рисунок 1 – Теоретична залежність площі пожежі (кутова, 90°) від тривалості її вільного розвитку з урахуванням середньої лінійної швидкості розповсюдження пожежі $V_л$, де:

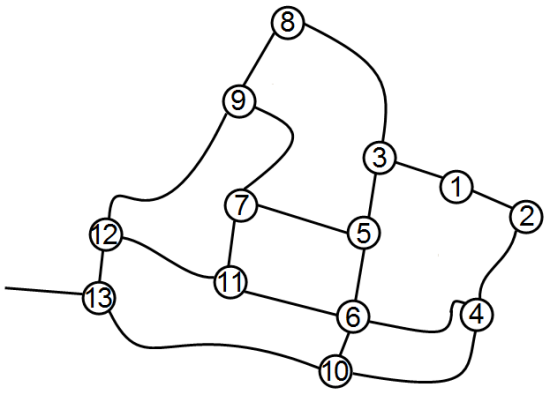
1 – $V_л$=0,5 м/хв.;
2 – $V_л$=1,0 м/хв.;
3 – $V_л$=2,0 м/хв.;
4 – $V_л$=3,0 м/хв.

З рис. 1 видно, що навіть незначне зменшення тривалості вільного розвитку пожежі, особливо за умов великого значення лінійної швидкості розповсюдження пожежі, дозволить значно зменшити площу пожежі та, відповідно, обсяг завданих нею матеріальних збитків.

Якщо розглянути карту ВДМ міста, по якій пожежний автомобіль рухається до місця виклику, то можна виокремити основні її елементи – перехрестя (транспортні вузли) та відрізки дороги (дуги), що їх з'єднують. Виходячи з цього, ВДМ із використанням її карти можна зобразити схематично, позначивши вищеописані основні елементи (рис. 2).



а)



б)

Рисунок 2 – Картографічне та схематичне зображення ВДМ для проведення досліджень, де:
а – карта досліджуваного району (зображення Google maps);
б – схема ВДМ досліджуваного району.

Як уже йшлося, в умовах сьогодення, необхідно здійснювати пошук напрямів оптимізації маршрутів руху пожежних автомобілів із урахуванням параметрів ВДМ для вирішення першочергової задачі – зменшення тривалості слідування до місця виклику із урахуванням зменшення витрат слідування до місця виклику. В такому випадку функція мети матиме вигляд

$$\tau_{сл.} \rightarrow \min. \quad (2)$$

$$C \rightarrow \min. \quad (3)$$

де C – витрати на слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику.

Що стосується витрат на проїзд ділянки ВДМ, то вони визначаються великою кількістю чинників. Найзначніше на ці витрати впливають такі показники, як довжина дуги, швидкість автомобіля, відносна аварійність на ділянці. Витрати на проїзд ділянки ВДМ визначають за залежністю [8, 9]:

$$C_{I-J} = C_{зм.} l_{I-j} + C_{пост.} \frac{l_{I-J}}{V_{I-J}} + C_{aI-J} l_{I-J}, \quad (4)$$

де $C_{зм.}$ – змінні витрати автомобіля, грн./км; $l_{I\text{-}J}$ – довжина дуги I-J, км; $C_{пост.}$ – постійні витрати автомобіля, грн./год; $V_{I\text{-}J}$ – середня швидкість автомобіля на ділянці I-J, км/год.

Визначення середньої швидкості руху $V_{I\text{-}J}$ може здійснюватися таким способом. При визначенні необхідних дуг ВДМ для встановлення середньої швидкості можна скористатися одним із інтернет-сервісів. Наприклад, сервіс «Яндекс пробки» показує середню швидкість на дорогах міст України (рис. 3).

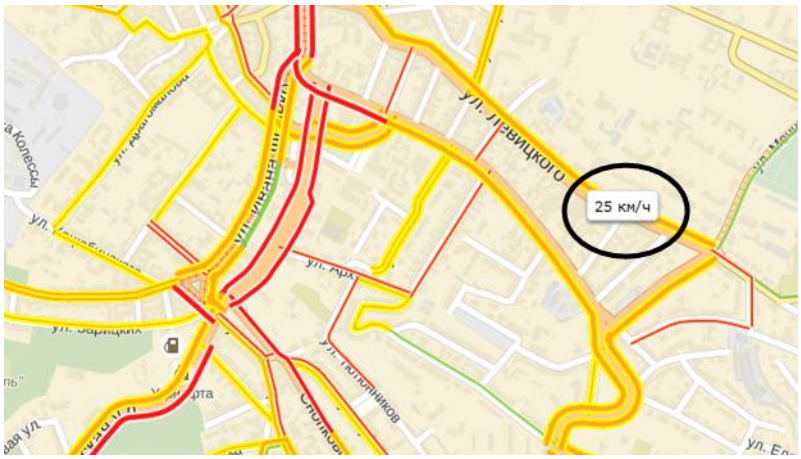


Рисунок 3 – Приклад визначення середньої швидкості транспортного потоку на вул. Левицького у м. Львові (сервіс Яндекс пробки).

Скориставшись вказаним сервісом, виписуємо середню швидкість у будні в ранковий (8.00) і вечірній (18.00) пікові періоди, а також обідню пору (13.30). З отриманих даних визначаємо середнє арифметичне й отримуємо необхідну для розрахунків середню швидкість.

Звичайно, зазначена методика визначення середньої швидкості руху транспортного потоку дозволяє отримати узагальнені значення, проте їх достатньо для подальшої оптимізації маршруту руху транспортних засобів.

Собівартість проїзду 1 км дороги з урахуванням аварійності $C_{aI\text{-}J}$ визначається за залежністю [9]

$$C_{aI-J} = \frac{k'_{aI-J}}{365 N_{I-J}} C_{ДТП}, \tag{5}$$

де $C_{ДТП}$ – середній народногосподарський збиток від одного ДТП, грн.

$$k_{aI-J} = \frac{n_{ДТП_{I-J}}}{l_{I-J}}. \tag{6}$$

Для розрахунку кількості ДТП за рік на певній дузі беремо до уваги добову інтенсивність руху транспортних потоків на кожній дузі та перехресті, з якого дуга бере початок, $N_{I\text{-}J}$. Безпосередньо визначення кількості ДТП здійснюємо за залежністю [8]:

$$n_{ДТПi} = 0,38 + 1,6 \cdot 10^{-4} N_{I-J}. \tag{7}$$

Беручи до уваги (6) та (7), запишемо залежність для визначення $C_{aI\text{-}J}$ у вигляді:

$$C_{aI-J} = \frac{0,38 + 1,6 \cdot 10^{-4} N_{I-J}}{365 N_{I-J} l_{I-J}} C_{ДТП}. \tag{8}$$

В такому випадку залежність для визначення витрат на проїзд ділянки ВДМ набуде вигляду:

$$C_{I-J} = C_{зм.} l_{I-j} + C_{пост.} \frac{l_{I-J}}{V_{I-J}} + \frac{0,38 + 1,6 \cdot 10^{-4} N_{I-J}}{365 N_{I-J}} C_{ДТП}. \quad (9)$$

Як уже йшлося, слідування спеціальних транспортних засобів до місця виклику здійснюється по ВДМ, яка складається з транспортних вузлів та дуг, що їх з'єднують.

Автором у роботі [10] запропонована залежність для визначення тривалості слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику з урахуванням особливостей улаштування ВДМ:

$$\tau_{сл.} = \sum_{i=1}^{m} \frac{L_{\partial i}}{V_{0i} \cdot \ln\left(\frac{\overline{d_i} + \overline{L_{1i}}}{\overline{B_i} + \overline{L_{1i}}} \right)} + \sum_{i=1}^{n} \tau_{н.р.п.i} + \sum_{i=1}^{k} \tau_{р.п.i} + \sum_{i=1}^{z} \tau_{п.р.р.i}, \quad (10)$$

де m – кількість дуг вулично-дорожньої мережі на маршруті слідування пожежно-рятувального підрозділу; $L_{\partial i}$ – довжина i-ої дуги; де V_{0i} – швидкість, що відповідає пропускній здатності дуги вулично-дорожньої мережі; $\overline{d_i}$ – середня дистанція між автомобілями в потоці; $\overline{L_i}$ – середня довжина автомобіля в потоці; $\overline{B_i}$ – середня величина відстані між автомобілями при заторі; n – кількість нерегульованих перехресть на маршруті слідування; $\tau_{н.р.п.i}$ – витрати часу на проїзд i-го нерегульованого перехрестя, визначається за методикою [8]; k – кількість регульованих перехресть на маршруті слідування; $\tau_{р.п.i}$ – витрати часу на проїзд i-го регульованого перехрестя, визначається за методиками [1, 8]; z – кількість розв'язок у різних рівнях на маршруті слідування; $\tau_{п.р.р.i}$ – витрати часу на проїзд i-ої розв'язки в різних рівнях, визначається за методикою [8].

Для вибору оптимального маршруту руху пожежного автомобіля за критеріями (2), (3) на основі залежностей (9), (10) була розроблена імітаційна модель (рис. 4).

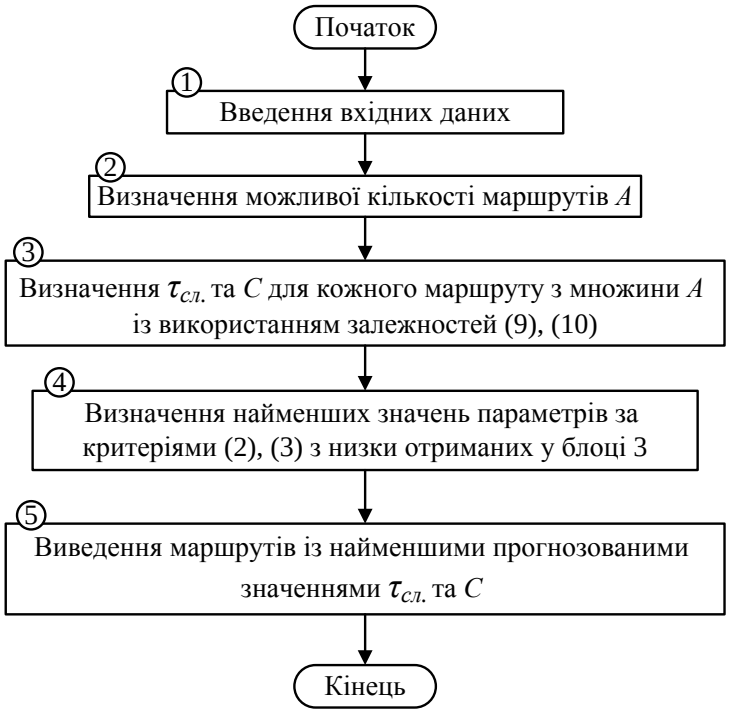


Рисунок 4 – Структурна схема імітаційної моделі вибору оптимальних маршрутів руху пожежного автомобіля за критеріями (2), (3).

Користуючись рис. 4, розглянемо послідовність виконання операцій запропонованої імітаційної моделі. Спочатку в блок 1 необхідно ввести вхідні дані, що являють собою координати місця виклику та координати розташування пожежно-рятувального підрозділу. Далі в блоці 2 з використанням ПК здійснюється визначення можливої кількості маршрутів A. Це може відбуватися із використанням електронних карт місцевості та каскадного графа варіантів проїзду транспортних засобів [1] із виокремленням транспортних вузлів та дуг ВДМ. В блоці 3 відбувається визначення значень $\tau_{сл.}$ та C для кожного з отриманих маршрутів із множини A за допомогою залежностей (9), (10). Після цього у блоці 4 здійснюється визначення найменших значень параметрів за критеріями (2), (3) з низки отриманих у блоці 3. Далі в блоці 5 відбувається виведення на карту ВДМ маршруту слідування пожежного автомобіля до місця виклику з найменшими значеннями параметрів за критеріями (2), (3), приклад таких маршрутів показано на рис. 5.

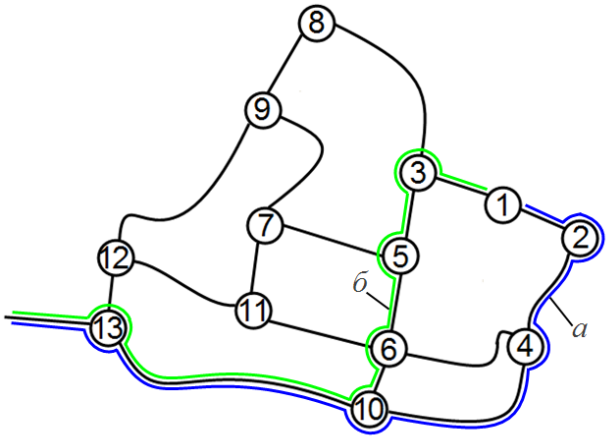


Рисунок 5 – Приклад одержаних маршрутів руху за схемою, наведеною на рис. 1, де:
а – маршрут із найменшим значенням $\tau_{сл.}$ (критерій (2));
б – маршрут із найменшим значенням C (критерій (2)).

Отриманий за критерієм (2) маршрут руху пожежного автомобіля є оптимальним у разі слідування до місця пожежі, оскільки в цьому випадку одним із визначальним чинників є тривалість вільного розвитку пожежі, що напряму залежить від тривалості слідування пожежних до місця виклику. Якщо ж пожежний автомобіль рухається по завданню надання послуг чи забезпечення пожежної безпеки (футбольний матч, концерт тощо), то тут доцільно обрати маршрут за критерієм (3), бо в такому випадку витрати на проїзд будуть найменшими.

В подальшому на основі імітаційної моделі (рис. 4) необхідно створити програму для ПК із метою автоматизації визначення оптимальних маршрутів руху пожежного автомобіля до місця виклику за критеріями (2), (3). Це також дозволить заздалегідь отримувати оптимальні маршрути руху в різних напрямках та до конкретних об'єктів.

Висновки. Запропоновано залежності для прогнозування тривалості слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику та витрат на цей проїзд із урахуванням особливостей улаштування ВДМ. Для оптимізації маршрутів руху пожежного автомобіля розроблена імітаційна модель вибору оптимальних маршрутів за критеріями найменшої тривалості та мінімальних витрат на слідування до місця виклику. Доцільно в оперативних планах пожежогасіння вказувати оптимальний маршрут слідування пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику з урахуванням особливостей улаштування ВДМ.

Перспективи подальших досліджень. Доцільно розробляти та вдосконалювати існуючі математичні моделі руху пожежного автомобіля шляхом урахування параметрів транспортних потоків та безпеки дорожнього руху.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуліда Е. М. Зменшення тривалості вільного розвитку пожежі на основі оптимізації шляху слідування пожежних до місця її виникнення / Е.М. Гуліда // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛДУБЖД, 2013. – №23. – С. 64-70.

2. Моргун О. М. Комп'ютерна система оптимізації вибору маршрутів слідування аварійно-рятувальної техніки / О.М. Моргун, Л.О. Моргун // Пожежна безпека: теорія і практика. Збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ, 2008. – № 1.

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

4. Кузик А.Д. Оцінювання часу слідування пожежно-рятувальних підрозділів до місця пожежі / А.Д. Кузик, С.О. Ємельяненко // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛДУБЖД, 2013. – №23. – С. 86-92.

5. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.

6. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. – М.: Мир, 1966. – 286 с.

7. Гащук П.М., Дубно М.В., Нефьодов О.Ф. Ідентифікація й нормування потенціалу автомобіля: Монографія. – Львів: Тріада ПЛЮС, 2007. – 240 с.

8. Організація дорожнього руху / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін. – 452 с. Бібліогр.: с. 447-448.

9. Лобашов О. О. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб. / О. О. Лобашов, О. В. Прасоленко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 221 с.

10. Паснак І.В. Розкриття особливостей впливу організаційних чинників на тривалість вільного розвитку пожежі / І.В. Паснак // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.3. – С. 372-377.

11. Иванников В.П., Клюс П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.: ил.

12. Теребнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. – М.: Пожкнига, 2004 г. – 256 с.

УДК 624.012

С.В. Поздєєв, д.т.н., доц.,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ СТІНИ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

У статті наведені відомості щодо параметрів напружено-деформованого стану та механізму руйнування залізобетонної стіни в умовах впливу пожежі із стандартним температурним режимом.

Ключові слова: вогнестійкість, «стандартна пожежа», залізобетонна стіна, метод кінцевих елементів.

Постановка проблеми. Для зменшення ризику значних соціально-економічних втрат під час пожеж в будівлях і спорудах існує необхідність забезпечення надійної роботи залізобетонних стін за умов теплової дії 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]. Метод вогневих випробувань полягає в нагріві натурного 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 пожеж, з прикладенням відповідного механічного навантаження. Випробування залізобетонних несучих стін на вогнестійкість відбувається у відповідності до чинних стандартів України [2, 3]. Згідно із цими стандартами стіна повинна бути піддана вогневій дії в умовах її навантаження і спирання у відповідності до розрахункової схеми конструкції будівлі. При реалізації таких умов виникають певні технічні складності, які полягають у невідповідності умов закріплення і навантаження стіни у конструкції, невідповідності габаритних розмірів зразка для випробувань і реальної стіни і т.д. Крім цього метод вогневих випробувань є затратним і трудомістким.

Альтернативою експериментальним методам є застосування розрахункових методів. На даний час теоретична та методична база щодо такого підходу міститься у серії нормативних документів [4], чинних в Україні. Дані методи є гнучкими, дозволяють врахувати все розмаїття граничних умов, матеріалів, геометричних розмірів та ін. параметрів стін, а також вони є набагато менш трудомісткими та вартісними.

Багато цих методів засновані на гіпотезах опору матеріалів і добре працюють тоді, коли є чітке уявлення про поведінку елементу конструкції в умовах пожежі. Відсутність такої інформації накладає обмеження на застосування розрахункових методів, адже її отримання пов'язане з проведенням масштабних експериментів. Для рішення цих задач ефективним є застосування математичного моделювання зі залученням важких комп'ютерних інженерних систем, заснованих на методі кінцевих елементів, оскільки дозволяє отримати великий обсяг даних щодо поведінки несучих стін під час пожежі. З огляду на викладене можна зазначити важливість та актуальність задач вивчення поведінки несучих залізобетонних стін під час пожежі.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. В роботі [5] запропонований підхід вивчення поведінки залізобетонних конструкцій під час пожежі, що полягає у проведенні математичного моделювання за методом кінцевих елементів (далі – МКЕ), доповненим математичними моделями пластичного деформування, теорії міцності, моделі зміни механічних властивостей матеріалу за наявності тріщини у точці інтегрування і т.п. Даний підхід відноситься до уточнених розрахункових методів і дозволяє дуже точно описати поведінку елементів залізобетонних конструкцій в умовах пожежі. В даній роботі було

багато уваги приділено поведінці залізобетонних балок і плит. Щодо стиснутих елементів - колон і стін така увага не приділялася. Робота колон за таким підходом досліджувалася у роботі [6]. Існують ціла низка робіт , присвячених поведінці несучих стін в умовах пожежі, детальний аналіз яких поданий у дисертації [7]. Але досі залишаються відкритими питання розподілень параметрів напружено-деформованого стану (далі – НДС) у перерізі, деформаційні схеми, розподілення дефектів, а також відомості щодо механізму та причин руйнування несучих залізобетонних стін під час пожежі.

У зв'язку з цим сформульована мета дослідження.

Постановка задачі та її розв'язання. Мета роботи полягає у визначенні основних параметрів напружено-деформованого стану, схем деформування, розподілення дефектів, а також відомості щодо механізму та причин руйнування несучих залізобетонних стін під час пожежі при застосуванні методу кінцевих елементів.

На рис. 1 подана схема армування залізобетонної стіни, що розглядається.

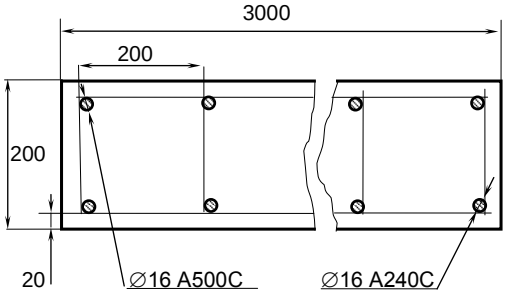


Рисунок 1 – Схема армування залізобетонної стіни.

Для вивчення поведінки залізобетонних несучих стін була розглянута залізобетонна стіна, основні технічні параметри якої наведені у табл. 1.

Таблиця 1 - Основні параметри залізобетонної стіни.

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця виміру
Геометричні розміри • ширина • ширина захисного шару • довжина стіни • висота стіни	 s w l h	 0,2 0,02 3,2 3	 м
Тип бетону	Важкий на гранітному заповнювачі	Клас C 30/35 (B30)	
Густина бетону	ρ_B	2300	кг/м^3
Гранична вологість	u	< 3	%
Робоча арматура внутрішня: • діаметр	 d_1	Клас A500C 0,016	 м
Робоча арматура зовнішня: • діаметр	 d_2	Клас A240C 0,016	 м
Каркасна арматура: • діаметр	 d_3	Клас A240C 0,008	 м

Для описання поведінки залізобетонної стіни під час пожежі були проаналізовані підходи до розв'язку подібних задач [4, 5]. Аналіз підходів у даних джерелах дозволив сформулювати основні передумови й допущення, які можна сформулювати в такому загальному вигляді:

1. Математична модель температурної й механічної реакції на тепловий вплив пожежі описується за допомогою рівняння теплопровідності й системи диференціальних рівнянь НДС твердого тіла при їхній чисельній реалізації на базі МКЕ.

2. Для розв'язку теплотехнічної задачі використовується нестаціонарне двовимірне квазілінійне рівняння теплопровідності з ефективними теплофізичними характеристиками (ТФХ) бетону згідно з нормативними документами [4] у допущенні, що НДС на них не впливає.

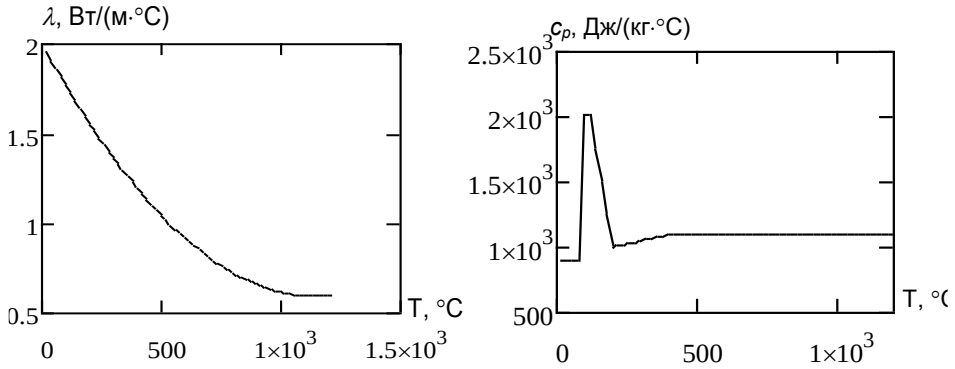
3. Враховується можливість тріщиноутворення в матеріалі стіни при розтяганні, а при стиску поведінка кам'яної кладки має нелінійний характер з урахуванням спадаючої гілки діаграми деформування, параметри якої залежать від температури.

4. Тріщиноутворення в бетоні визначається відповідною теорією міцності бетону.

5. Пластична деформація матеріалу визначається асоціативною теорією пластичності.

6. Стан тотального руйнування стіни визначається критичними деформаціями, пов'язаними з утворенням зони локального пластичного деформування.

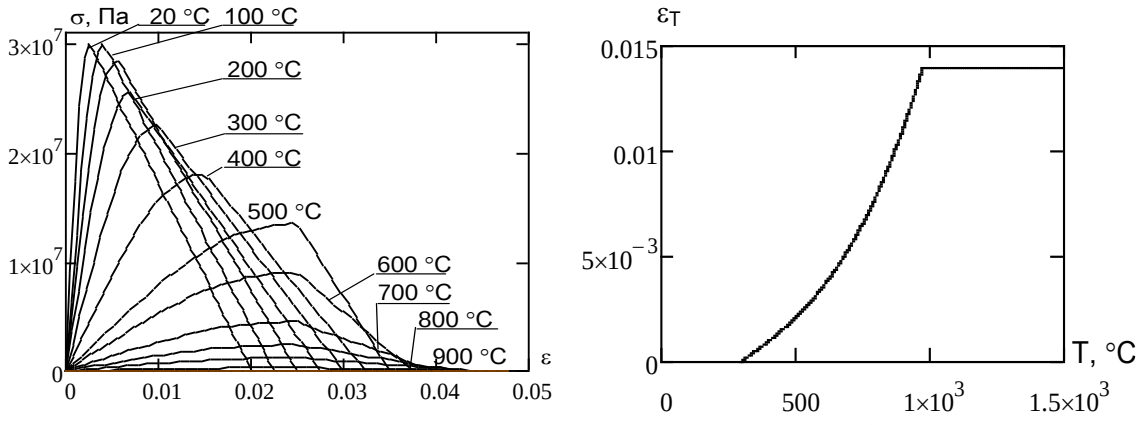
Для розв'язку поставленої задачі необхідне завдання комплексу початкових даних, до яких відносяться властивості матеріалу стіни, та параметри граничних умов, що враховують прикладенні навантаження, та теплову дію. На рис. 2 наведені теплофізичні характеристики бетону, з якого виготовлена стіна, що описані у чинному стандарті України [4] щодо розрахунку залізобетонних конструкцій на вогнестійкість. Дані характеристики являють собою температурні залежності ефективних характеристик, які описують матеріал як однорідний та ізотропний, що є допустимим при таких розрахунках [4, 5].



а. *б*.

Рисунок 2 – Теплофізичні характеристики кладки з блоків із легкого бетону: коефіцієнт теплопровідності (*а*), питома теплоємність (*б*).

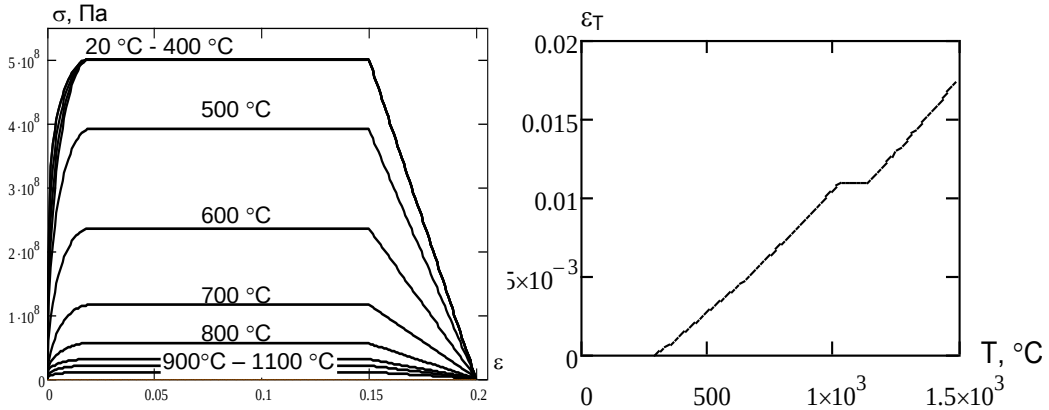
На рис.3 подані термомеханічні властивості бетону, що були використані для розрахунку.



а. *б*.

Рисунок 3 – Термомеханічні характеристики бетону: діаграми деформування (*а*), температурні деформації (*б*).

На рис.4 подані термомеханічні властивості арматурної сталі



а. *б.*

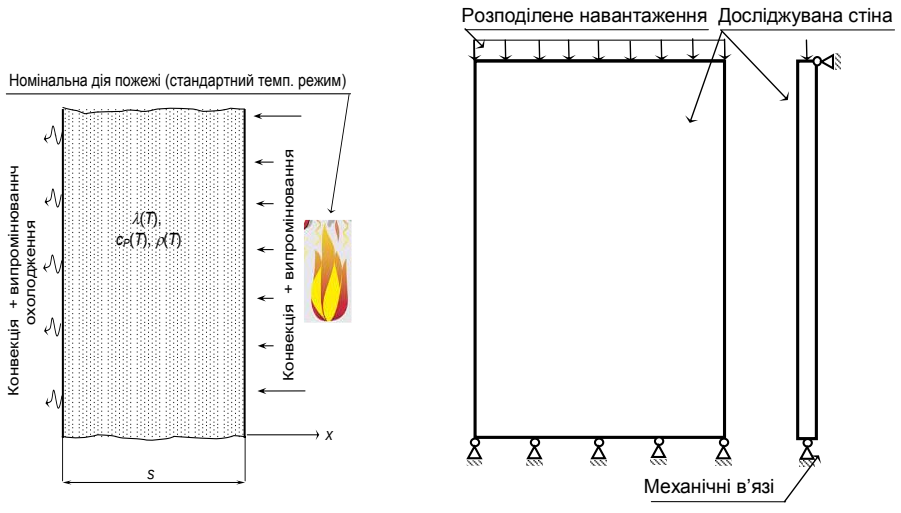
Рисунок 4 – Термомеханічні характеристики арматурної сталі: діаграми деформування (*а*), температурні деформації (*б*).

Для проведення розрахунку були використані математичні моделі, параметри яких подані у табл. 2.

Таблиця 2 - Основні математичні моделі для розрахунків стіни на вогнестійкість.

Особливість поведінки матеріалу стіни	Використана математична модель (метод)	Дж-ло
Теплотехнічна задача		
Теплопровідність	Рівняння нестаціонарної теплопровідності разом з МКЕ	[5]
Граничні умови	III роду	
Фізична нелінійність	Ітеративний метод Ньютона-Рафсона	[5]
Статична задача		
НДС	МКЕ	[5]
Пластичне деформування	Асоціативна теорія пластичного деформування Бесселінга	[5]
Тріщиноутворення	Складений критерій міцності бетону Віллема і Варнке	[5]
Нелінійність	Ітеративний метод Ньютона-Рафсона	[5]

При проведенні розрахунку були прийняті розрахункові схеми до теплотехнічної та статичної задач, що наведені на рис. 5.



а. *б.*

Рисунок 5 – Розрахункові схеми: до теплотехнічної задачі (*а*); до статичної задачі (*б*).

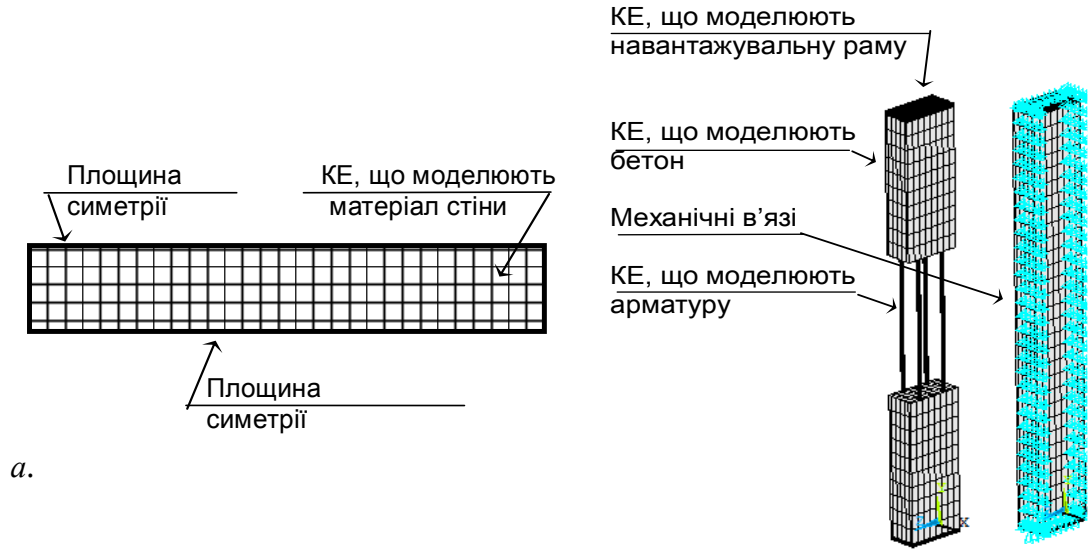
Використані характеристики відповідають вимогам стандарту України [5]. Міцнісні характеристики являють собою набір діаграм «напруження-деформація» із спадними гілками для певних значень температури нагріву матеріалу. Також на цьому рисунку подані температурні деформації бетону і арматурної сталі.

Для завдання граничних умов були використані параметри, спираючись на чинні стандарти України щодо розрахунку будівельних конструкцій на вогнестійкість. Величини вибраних параметрів наведені у табл. 3.

Таблиця 3 – Параметри граничних умов

Характеристика	Одиниці виміру	Величина	Джерело
Параметри граничних умов теплотехнічної задачі			
Номінальний тепловий вплив	Стандартний температурний режим пожежі		
Коефіцієнт конвекційного теплообміну на поверхні, що обігрівається	Вт/(м^2·К)	25	[4]
Коефіцієнт конвекційного теплообмін на поверхні, що не обігрівається	Вт/(м^2·К)	6	[4]
Ступінь чорноти	-	0.85	[4]
Постійна Стефана-Больцмана	Вт/(м^2·К^4)	$5.67\cdot10^{-8}$	[6]
Параметри граничних умов статичної задачі			
Діюче навантаження	т/м^2	150	-
Коефіцієнт Пуасона	-	0,2	[4]

Для проведення розрахунку були побудовані сіткові моделі стіни, вигляд яких поданий на рис. 6.



а. *б*.

Рисунок 6 – Сіткові моделі: до теплотехнічної задачі (*а*); до статичної задачі (*б*).

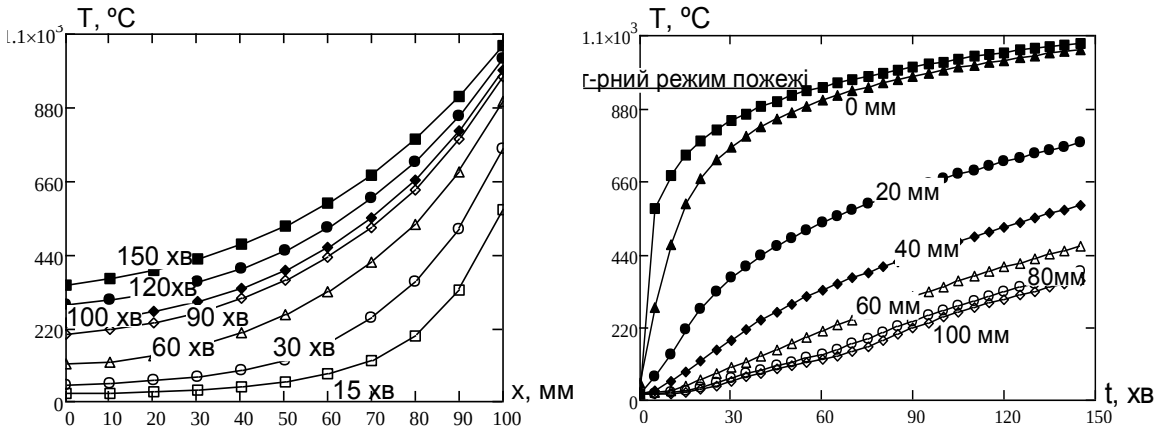
При побудуванні сіткових моделей було враховано, що сітка для вирішення теплової задачі відповідно до розрахункової схеми (див. рис. 3) є одномірною і повинна бути набагато густішою. Сітка для статичної задачі повинна бути більш грубою і враховувати місцеву особливість більшого нагрівання внутрішніх шарів, прилеглих до обігрівної поверхні. Тому в даних шарах вона також повинна бути густішою.

З метою зменшення обсягу розрахунків розглядається малий фрагмент стіни, оскільки напружено-деформований стан вздовж стіни майже не змінюється. Робота фрагменту у цілій

стіні враховується за допомогою встановлення граничних умов симетрії по її бокам. Такі умови забезпечуються встановленням відповідних односторонніх механічних в'язів. Накладання температур у вузлові точки відбувається шляхом лінійної інтерполяції.

З метою зменшення обсягу розрахунків розглядається малий фрагмент стіни, оскільки напружено-деформований стан вздовж стіни майже не змінюється. Робота фрагменту у цілій стіні враховується за допомогою встановлення граничних умов симетрії по її бокам. Такі умови забезпечуються встановленням відповідних односторонніх механічних в'язів. Накладання температур у вузлові точки відбувається шляхом лінійної інтерполяції.

В результаті вирішення теплотехнічної задачі були отримані температурні розподілення, які наведені на рис. 7.

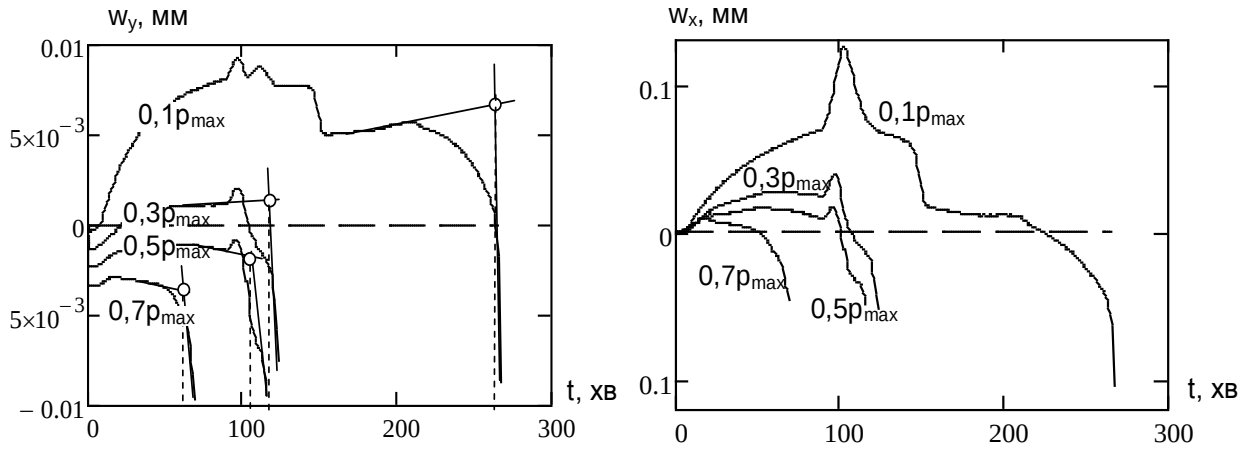


а. *б*.

Рисунок 7 – Результати вирішення теплотехнічної задачі: температурні розподілення у перерізі стіни (*а*); температурні режими прогрівання внутрішніх шарів стіни (*б*).

Для вирішення статичної задачі були розглянуті різні рівні механічного навантаження. Розрахунковим шляхом було визначена величина руйнуючого тиску на стіну, що складає 2100 т/м^2. Для вивчення впливу величини навантаження були прикладені значення навантаження з ряду $0{,}1 \cdot p_{max}$, $0{,}3 \cdot p_{max}$, $0{,}5 \cdot p_{max}$, $0{,}7 \cdot p_{max}$.

Після вирішення статичної задачі були отримані графіки вертикальних переміщень верхнього краю стіни, а також горизонтальних переміщень її середини. Отримані графіки наведені на рис. 8.



а. *б*.

Рисунок 8 – Результати вирішення статичної задачі: вертикальні переміщення верхнього краю стіни (*а*) горизонтальне переміщення середини стіни (*б*).

Згідно з отриманими графіками видно що стіна спочатку згинається у бік вогневої дії пожежі з одночасним переміщенням вверх верхнього краю стіни. На кінцевому етапі стіна вирівнюється і прогин майже зникає. На етапі руйнації згин відбувається у бік, протилежний вогневій дії пожежі. При цьому для навантажень з величиною $0{,}1 \cdot p_{max}$, $0{,}3 \cdot p_{max}$ верхній край спочатку рухається вверх і на певному етапі переміщення стають позитивними, тобто маємо збільшення висоти стіни. При руйнуванні стіни її висота знову зменшується при наростанні прогину у бік, протилежній вогневій дії. При більших навантаженнях збільшення висоти стіни не спостерігається. Така картина пояснюється тим, що спочатку шари з боку вогневої дії пожежі розширюються і за рахунок цього відбувається згин стіни і поздовжнє переміщення її верхнього краю вверх. При подальшому поступовому прогріванню стіни її більш глибинні шари розширяються, тоді як після досягнення певної температури більш прогріті шари більше не розширяються (див. рис. 3), і тому прогин стіни зменшується. За рахунок того, що більш прогріті шари більш легко деформуються на кінцевому етапі відбувається прогин у бік, протилежний дії вогню. Результатом такої картини відбувається втрата стійкості стіни і вона руйнується.

Отримані графіки дозволяють отримати дані про настання граничного стану втрати несучої здатності шляхом порівняння поточних значень переміщень і швидкостей з гранично допустимими, що визначаються за формулами [2, 3]:

$$D = 0.01h = 32 \text{ мм}; \ \mathrm{d}D/\mathrm{d}t = 3h/1000 = 9{,}6 \text{ мм/хв}. \qquad (1)$$

Аналіз отриманих графіків показує, що за критеріями (1) граничний стан втрати несучої здатності не настає. Але вигляд графіків на рис. 8 показує, що на кінцевій їх ділянці відбувається різке нарощування деформацій, що вказує на утворення локальної зони пластичних деформацій, що є свідченням настання граничного стану втрати несучої здатності. Для визначення межі вогнестійкості був використаний спосіб дотичних, описаний в [6]. За дотичними на ділянках кривих вертикальних переміщень, показаних на рис. 8 визначаємо межі вогнестійкості стіни, підданої механічним навантаженням із різними значеннями. Залежність межі вогнестійкості за несучою здатністю від величини прикладеного навантаження подана на рис. 9.

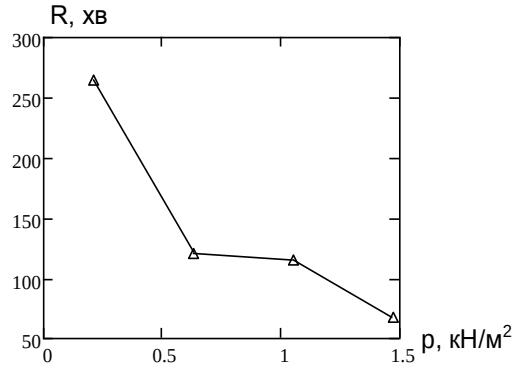


Рисунок 9 – Залежність межі вогнестійкості стіни від прикладеного до неї тиску.

Висновки. З огляду на проведені дослідження можна зробити такі висновки:

1. Виконане чисельне дослідження поведінки залізобетонної стіни під час дії пожежі із стандартним температурним режимом.

2. Показано, що стіна під час випробування спочатку прогинається у бік вогневої пожежі а потім змінює напрямок поздовжнього згину проходячи початкове положення її нейтральної вісі.

3. Показано, що граничний стан втрати стійкості стіни відбувається з причини утворення зони пластичних деформацій з причини поздовжнього згину після проходження початкового положення нейтральної вісі.

4. Виявлена залежність межі вогнестійкості від величини прикладеного тиску до стіни. При цьому в діапазоні навантажень $0{,}3 \cdot p_{max} \ldots 0{,}5 \cdot p_{max}$ межа вогнестійкості практично не залежить від прикладеного навантаження

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. 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).

3. ДСТУ Б В.1.1-19: 2007. Захист від пожежі. Несучі стіни. Метод випробування на вогнестійкість. – К.: Укрархбудінформ, 2008. 37 с – (Національний стандарт України).

4. EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures Part 1-2: General rules - Structural fire design, Brussels, 2004.

5. Поздєєв С.В. Розробка уточненого розрахункового методу для визначення межі вогнестійкості несучих залізобетонних конструкцій. / Поздєєв С.В., Левченко А.Д. // Науковий вісник національного технічного університету «Львівська політехніка». – Львів: НТУ «Львівська політехніка». - 2011. – С. 264 – 269.

6. Милованов А.Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций / Милованов А.Ф. – М.: Стройиздат, 1986. – 224 с.

7. Ruvalcaba Ayala F.R. Mechanical properties and structural behaviour of masonry at elevated temperatures. A thesis submitted to The University of Manchester for the degree of Doctor of Philosophy. – 2010. – 294 p.

УДК 614.841

В.Д. Халиков, УГНТУ, В.В. Кокорин, к.т.н., УрИ ГПС МЧС России,
Е.А. Контобойцев, к.пед.н., доц., УрИ ГПС МЧС России

ВЛИЯНИЕ ПЛОЩАДИ ПРОЛИВА ЖИДКОСТИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Определена в случае разрушения аппарата площадь пролива бензина АИ-92 экспериментальным и расчетным методами. Установлено, что площадь напрямую зависит от коэффициента разлития. Представлена интенсивность теплового излучения, позволяющая определить пороговые значения безопасные для человека. Приведены основные аварии технологических трубопроводов.

Ключевые слова: интенсивность теплового излучения, площадь пролива, коэффициент разлития, причины аварий, подготовленный грунт, степень поражения.

Постановка проблемы. За время развития нефтедобывающей промышленности нашей страны совершенствовались и технические способы добычи нефти. Однако этот процесс был значительно замедлен из-за экстенсивного пути, пути истощения природных ресурсов, по которому пошла нефтяная промышленность, когда увеличение объемов добычи достигалась в основном не автоматизацией производства и внедрением современных эффективных методов, а разработкой новых месторождений [1]. Такое развитие обусловило старение технологий, что является общей причиной аварий технологических трубопроводов. Результаты статистического анализа аварий технологических трубопроводов в период с 2004 по 2013 гг. приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Процентное отношение объёмов разлитой нефти

Наименование причин	% от общего числа аварий									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Разрыв нефтепровода	9	0	1	53	83	71	4	14	66	82
Проведения ремонтных работ	37	49	1	13	9	25	93	22	22	4
Срабатывания взрывных устройств	18	10	0	8	4	1	1	28	5	6
Коррозия	16	4	98	26	4	3	2	36	9	8

Из таблицы 1 видно, что основными причинами аварий являются: проведение ремонтных работ и коррозия.

Проведение ремонтных работ – это комплекс технических мероприятий связанных с проведением пневматических испытаний давлением, выявления дефектов (микротрещин, протечки и так далее), техническое освидетельствование, восстановление целостности, врезка дополнительной арматуры, обезжиривание, а коррозия – разрушение металла под действием химического, электрохимического и механического воздействий внешней среды. Как правило, одна причина всегда способствует появлению другой.

Это наглядно видно на примере аварии крупнейшего в Азиатско-Тихоокеанском регионе технологического трубопровода, произошедшей 16 июля 2010 г. Трубопровод находился в порту Далянь, на севере Китая [2].

Рисунок 1 – Разлив нефти в Китайском порту Далянь.

Постановка задачи. Для уменьшения количества чрезвычайных ситуаций связанных с разливом нефти и нефтепродуктов проводиться оценка их пожарной опасности, которая позволяет определить интенсивность теплового излучения в случаях пожаров проливов ЛВЖ и ГЖ [3]. Степень поражения человека в зависимости от интенсивности теплового излучения представлена в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Предельно допустимая интенсивность теплового излучения пожаров приливов ЛВЖ и ГЖ

Степень поражения	Интенсивность теплового излучения, кВт/м^2
Без негативных последствий в течение длительного времени Безопасно для человека в брезентовой одежде	1,4 4,2
Непереносимая боль через 20–30 с Ожог 1-й степени через 15–20 с Ожог 2-й степени через 30–40 с Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин	7,0
Непереносимая боль через 3–5 с Ожог 1-й степени через 6–8 с Ожог 2-й степени через 12–16 с	10,5
Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12 %) при длительности облучения 15 мин	12,9
Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганой поверхности; воспламенение фанеры	17,0

При определении интенсивности теплового излучения в расчете используется такой показатель как площадь пролива, который в свою очередь может быть найден как расчетными, так и экспериментальными методами.

Изложение основного материала исследования с полным описанием полученных результатов. На кафедре «Пожарной безопасности технологических процессов» Уральского института ГПС МЧС России проведен ряд экспериментов, по определению площади пролива

жидкости [5]. В качестве модельной жидкости использовали бензин марки АИ-92, а в качестве исследуемой поверхности – подготовленный грунт.

Эксперимент проводился в следующей последовательности [6]:

1) регулировка всех элементов экспериментальной установки (выравнивается испытательный стол, определяется угол наклона разделительного стекла);

2) подготовка поверхности и модельной жидкости;

3) подготовка журнала для описания результатов эксперимента;

4) проведение исследований;

5) описание результатов и выводов.

Для более достоверного результата все исследования проводились не менее трех раз с определением среднего значения. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Данные, полученные экспериментальным путем

Параметры аварийного разлива жидкости	Номера экспериментов				
	1	2	3	4	5
Объем жидкости, $м^3$	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Площадь растекания, $м^2$	0,00052	0,00063	0,00075	0,00093	0,00115

Расчетным методом площадь пролива жидкости определяется по формуле:

$$F_{ПР} = f_Р \, V_Ж \qquad (1)$$

где $f_Р$ – коэффициент разлития, $м^{-1}$; $V_ж$ – объем жидкости, поступившей в окружающее пространство при разгерметизации аппарата, $м^3$.

Коэффициент разлития приводится в следующих источниках:

1) Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» – при проливе жидкости на спланированную грунтовую поверхность – 5 $м^{-1}$, при проливе на спланированное грунтовое покрытие – 20 $м^{-1}$, при проливе на бетонное или асфальтовое покрытие – 150 $м^{-1}$ [7].

2) ГОСТ Р 12.3.047–2012 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» – при содержании в жидкости 70% и менее (по массе) растворителей 1 л смесей и растворов разливается на площади – 0,1 $м^2$, а жидкость содержащая более 70% – на 0,15 $м^2$ [4].

Результаты площади пролива жидкости, полученные расчетным путём, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные, полученные расчетным путём

№ п/п	Площадь пролива, $м^2$	Объём жидкости (бензин АИ-92), $м^3$				
		$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$
1.	По Приказу №404	0,00002	0,00004	0,00006	0,00008	0,0001
2.	По ГОСТ Р 12.3.047–2012	0,00015	0,0003	0,00045	0,0006	0,00075

В качестве сравнения на рисунке 2 представлены данные о площади пролива, полученные экспериментальным и расчетным методами.

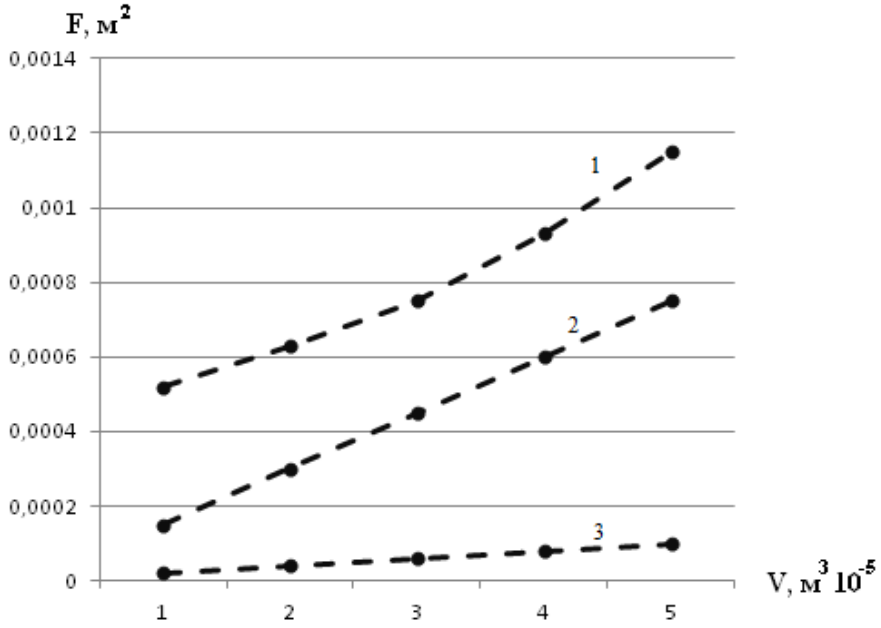


Рисунок 2 – Площадь пролива бензина по экспериментальным и расчетным методам:
1 – по экспериментальным данным;
2 – по ГОСТ Р 12.3.047–2012;
3 – по Приказу МЧС РФ № 404.

Как видно из графика, экспериментальные результаты значительно превосходят расчетные. Это связано с тем, что коэффициент разлития, приведенный в Приказе МЧС РФ № 404 и ГОСТ Р 12.3.047–2012, не учитывает одновременно и свойства поверхности и свойства жидкости. Тем самым при прогнозировании аварий возможно ошибочное определение размеров разлившейся жидкости, т.е. пороговые значения безопасные для человека могут быть достигнуты намного раньше. А это является не допустимым.

Данные результаты наиболее наглядно можно продемонстрировать, определив интенсивность теплового излучения. Предположим, что произошла авария технологического трубопровода, где суммарный объём вылившегося бензина АИ-92 составит 1000 л. Результаты расчета представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты расчета интенсивности теплового излучения в зависимости от метода определения площади пролива

Методика	Данные для расчета интенсивности			Результаты
	объём жидкости, V, м^3	площадь пролива, F, м^2	расстояние от геометрического центра пролива, r, м	интенсивность теплового излучения, q, квт/м^2
По эксперименту	1	192	10	19,8
			20	9,5
			30	5,4
			40	3,4
			50	2,4
			60	1,7

Продолжение таблицы 5

Методика	Данные для расчета интенсивности			Результаты
	объём жидкости, V, м^3	площадь пролива, F, м^2	расстояние от геометрического центра пролива, r, м	интенсивность теплового излучения, q, квт/м^2
По ГОСТ Р 12.3.047–2012	1	150	10	17,5
			20	8,2
			30	4,6
			40	2,9
			50	2
			60	1,5
По Приказу №404	1	20	10	6,2
			20	2,25
			30	1,2
			40	0,75
			50	0,53
			60	0,4

– не безопасно для человека;

– безопасно для человека в брезентовой одежде;

– безопасно для человека;

На основании выше изложенного, результаты, полученные экспериментальным путем, можно считать наиболее достоверными.

Выводы. В ходе проведенных расчетов площади пролива, а так же определения площади пролива экспериментальным методом можно сделать вывод, что имеющиеся методики расчета не учитывают свойства жидкости и свойства поверхности одновременно.

Перспективы дальнейших исследований.

На данный момент проблема снижения количества аварий технологических трубопроводов, а так же их последствий до конца не решена. Причиной может послужить расхождение методик определения площади пролива жидкости, при аварии. Одним из направлений решения данной проблемы является дальнейшее изучение взаимодействия жидкости и поверхности разлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кокорин В.В. Проблемы сбора информации о пожарах и авариях на производственных объектах: пути их решения / В.В. Кокорин, В. Д. Халиков, И. Я. Удилова, С. А. Шевцов // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – Воронеж: Выпуск 1 (10), 2014. С.21-25 URL: http://www.ntp-vigps.ru/arkhiv-vypuskov/vypusk-1-10-2014/

2. В Китае взорвался нефтепровод. Фото. // Великая Эпоха (The Epoch Times) – URL: http://www.epochtimes.com.ua/ru/china/incidents/v-kytae-vzorvalsja-nefteprovod-foto-93506.html

3. Кокорин В.В. Актуальные вопросы обеспечения безопасности процессов транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов / В.В. Кокорин, Е.А. Контобойцев, М.Г. Контобойцева, Ф.Ш. Хафизов // Безопасность жизнедеятельности. – Москва: №4, 2013. С.13-16 – URL: http://www.novtex.ru/bjd/bgd2013/number04.html

4. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» – М.: 2012. – 66 с.

5. Сучков В.П. Пособие по применению методов оценки пожарной опасности технологических систем, используемых при анализе пожарных рисков – М.: АГПС МЧС РФ. – 2009. – 89 с.

6. Халиков В.Д. Экспериментальное исследование пожара пролива нефтепродукта при разгерметизации технологических трубопроводов / Халиков В.Д., Хафизов Ф.Ш., Халикова О.Д. // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Международной конференции молодых ученых. Минск: УП «Промбытсервис». – 2013. – 230 с.

7. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» – М.: 2009. – 39 с.

УДК 624.012

С.Д. Щіпець, О.В. Некора, к.т.н., с.н.с., М.О. Кропива, А.М. Омельченко,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

ІДЕНТИФІКАЦІЯ КОЕФІЦІЄНТІВ РОБОТИ БЕТОНУ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ СТІНИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЇЇ ВИПРОБУВАНЬ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ

В статті наведені відомості щодо результатів ідентифікації коефіцієнту роботи бетону залізобетонної стіни за результатами її стандартних випробувань на вогнестійкість, що є частиною початкових даних для реалізації експериментально-розрахункового методу оцінки вогнестійкості несучих стін.

Ключові слова: вогнестійкість, «стандартна пожежа», залізобетонна стіна, коефіцієнт роботи бетону.

Випробування несучих стін на вогнестійкість відбувається у відповідності до чинних стандартів України [1, 2]. Згідно із цими стандартами фрагмент несучої стіни повинен бути підданий вогневій дії в умовах механічного навантаження, що має повністю відповідати діючому навантаженню у стіні згідно із розрахунковою схемою конструкції будівлі. Такі чинники створюються відповідними вузлами випробувальних установок, які поєднують вогневу піч із опорно-навантажувальною рамою, де встановлені гідравлічні домкрати. Наявні в Україні установки мають суттєве обмеження на величину механічного навантаження, яке має бути прикладене під час експерименту, – може бути забезпечений тиск не більше за 200 т/м^2. Це значення може бути суттєво меншим за величину навантаження, які потрібно прикласти у відповідності до діючих навантажень. Тому випробування проводяться в умовах коли прикладаються суттєво менші навантаження, або взагалі не прикладається. Стандартами, чинними в Україні при випробуванні несучих стін на вогнестійкість [2, 3] дозволяються випробування з прикладанням значно менших навантажень або без їх прикладання, але в той же час означений стандарт не містить обгрунтованих методик визначення класу вогнестійкості несучих стін на основі таких випробувань.

Аналіз публікацій щодо розрахункових методів проектування несучих стін за умовою їх пожежної безпеки [1 – 3 показує що означені методи дають змогу комплексно врахувати всі перелічені особливості, якщо використати результати вимірювань при реалізації стандартних методик випробувань на вогнестійкість у якості початкових даних для розрахунку. Такими вихідними даними можуть бути розподілення температур у внутрішніх шарах несучих стін при їх нагріванні за стандартним температурним режимом пожежі, визначених за допомогою інтерполяції дискретних даних щодо температури, виміряних у відповідних контрольних точках.

У зв'язку з цим сформульована мета дослідження.

Постановка задачі та її розв'язання. Мета роботи полягає у ідентифікації залежності коефіцієнту роботи бетону залізобетонних несучих стін, за результатами вимірювань температури та переміщень стіни у контрольних точках, отриманих під час проведення стандартних випробувань на вогнестійкість, для подальшого використання в якості початкових даних розрахункової оцінки вогнестійкості шляхом вирішення міцнісної задачі.

Нами запропонований метод [4] визначення фактичної межі (ФМВ) вогнестійкості несучих будівельних конструкцій, що базується на розрахунковій інтерпретації їх вогневих випробувань без прикладання механічного навантаження. На рис. 1. подана схема реалізації даного методу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити задачу відновлення температурних полів у перерізі стінового фрагменту-зразку, підданого випробуванням на вогнестійкість та ідентифікації коефіцієнту роботи бетону як основного матеріалу стіни, за результатами локального вимірювання температури та переміщень у контрольних точках стіни згідно із відповідними стандартами.

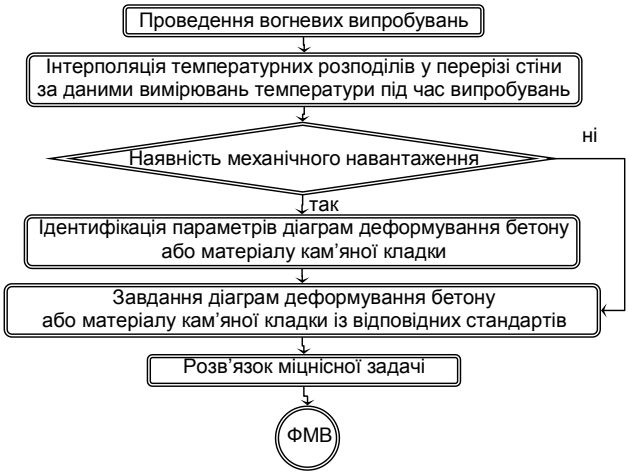


Рисунок. 1 – Схема здійснення оцінки вогнестійкості за допомогою інтерпретації результатів вогневих випробувань залізобетонних несучих стін.

При розробці метода ідентифікації коефіцієнтів роботи бетону в умовах його нагрівання була розглянута серійна залізобетонна стіна, що є поширеною для зведення ліфтових та вентиляційних шахт, тамбур-шлюзів. Для проведення випробувань схема вимірювання, яка подана на рис. 2.

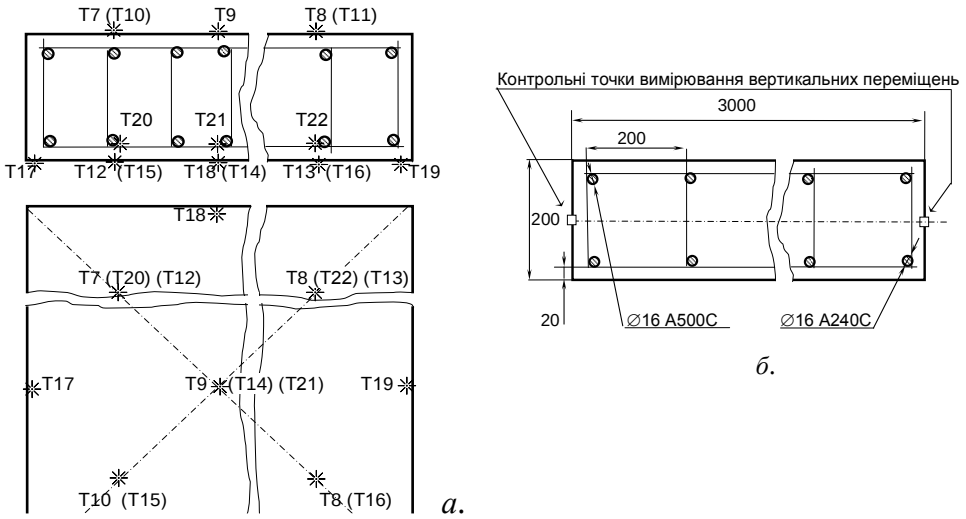


Рисунок. 2 – Положення термопар при випробуваннях залізобетонної стіни для реалізації розробленого метода оцінки вогнестійкості (*а*) та схема армування і розташування контрольних точок для вимірювання вертикальних переміщень верхнього краю стіни (*б*).

Для відпрацювання процедур методів оцінки вогнестійкості за допомогою інтерпретації результатів вогневих випробувань були проведені вогневі випробування з використанням. випробувальної установки, схема якої наведена на рис. 3.

Випробуванням були піддані два зразки-фрагменти залізобетонної стіни, що мали розміри 3200×3000×200 мм. Характеристики зразків подані у табл. 1.

На рис. 4 подані результати вимірювань температури у внутрішніх шарах, колон підданих вогневим випробуванням.

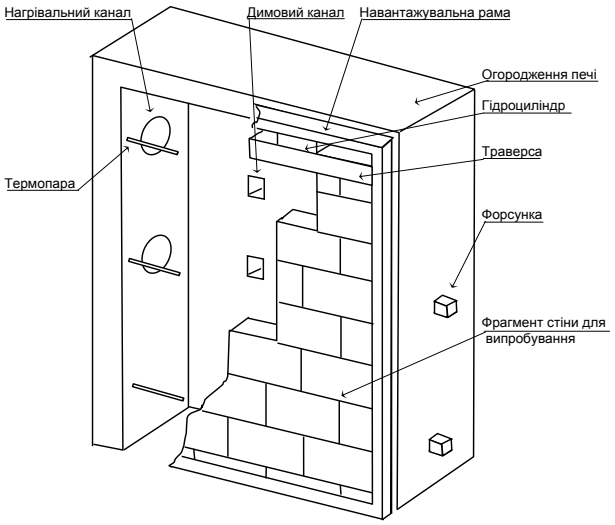
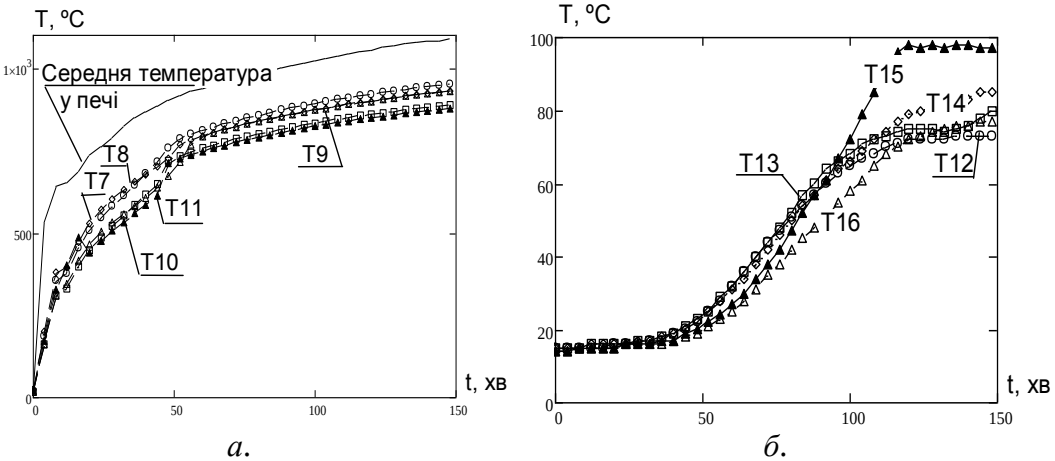


Рисунок 3 – Схема випробувальної установки.

Таблиця1 – Основні параметри залізобетонних стін-зразків для випробувань

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця виміру
Геометричні розміри • ширина • ширина захисного шару • довжина стіни • висота стіни	 *s* *w* *l* *h*	 0,2 0,02 3,2 3	 м
Тип бетону	Важкий на гранітному заповнювачі	Клас С 30/35 (В30)	
Густина бетону	ρ_B	2300	кг/м^3
Водоцементне відношення	В/Ц	0,36	
Гранична вологість	*u*	< 3	%
Робоча арматура внутрішня: • діаметр	 d_1	Клас А500С 0,016	 м
Робоча арматура зовнішня: • діаметр	 d_2	Клас А240С 0,016	 м
Каркасна арматура: • діаметр	 d_3	Клас А240С 0,008	 м



а. *б*.

Рисунок 4 – Результати вимірювань температур у зразку №1: на обігрівній поверхні (*а*) та на необігрівній поверхні (*б*).

Для інтерполяції температур у перерізі зразків була використана формула:

$$T_{k,i} = T_{w2k} + (T_{w1k} - T_{w2k})\chi^{a_h \exp(b_h \cdot (k_{\max} - k) + c_h}, \quad (1)$$

де $T_{w1\ k}$, $T_{w2\ k}$ – відповідно середні температури обігрівної та необігрівної поверхонь стіни, підданій випробуванням, у k-тий момент часу експонування;
a_h, b_h, c_h – коефіцієнти регресії, відповідні певній товщині для стіни із даного матеріалу, які визначаються з табл. 2;
k, k_{max} – поточний та максимальний дискретний час випробування, що визначаються через інтервал 1 хв;
χ - узагальнена координат вузлової точки у перерізі стінового фрагменту.

Таблиця 2 – Значення параметрів апроксимуючого поліному для стін із залізобетону

Товщина стіни, мм	Параметр a, $\times 10^{-5}$	Параметр b	Параметр c
70	0,0056	0,124	1,9
90	0,0021	0,135	2,381
100	0,0089	0,125	3,378
140	2,97	0,087	2,850
170	0,57	0,1	3,456
190	4,22	0,087	3,741
200	9,25	0,082	3,880
240	11,91	0,082	4,814
300	91,51	0,007	5,850
365	470,51	0,059	6,829

У результаті інтерполяції було отримані розподілення температури у перерізі залізобетонної стіни, підданої випробуванням, які наведені на рис. 5.

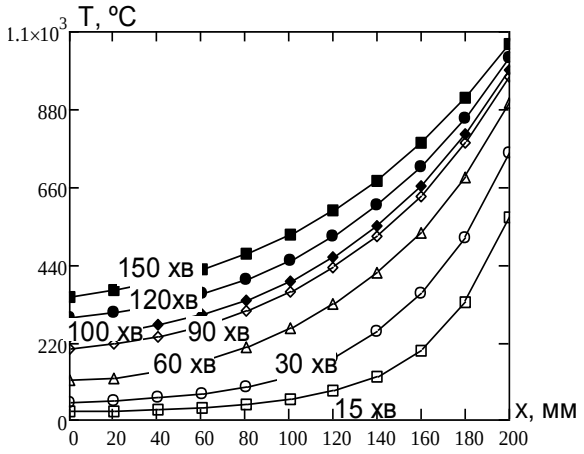


Рисунок 5 – Результати інтерполяції температурних розподілів у стіновому фрагменті-зразку №2, підданому випробуванням на вогнестійкість.

При математичному описанні діаграм деформування бетону або матеріалу кладки з огляду на стандарти [5] можна використати такий вираз:

$$\sigma(\varepsilon) = k_{c,T} F(\varepsilon, T), \quad (2)$$

де $F(\varepsilon)$ – певна функція, залежна тільки від деформації при даній температурі нагріву визначеного шару для бетону та багатьох матеріалів кладки визначається за формулами:

$$\text{при } 0 < \varepsilon \le \varepsilon_{c1,T},\ F(\varepsilon,T) = \frac{3\varepsilon \cdot f_c}{\varepsilon_{c1,T}\left(2 + \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{c1,T}}\right)^3\right)},$$
$$\text{при } \varepsilon_{c1,T} < \varepsilon < \varepsilon_{cu1,T},\ F(\varepsilon,T) = f_c - \frac{f_c \cdot (\varepsilon - \varepsilon_{c1,T})}{\varepsilon_{cu1,T} - \varepsilon_{c1,T}}, \quad (3)$$

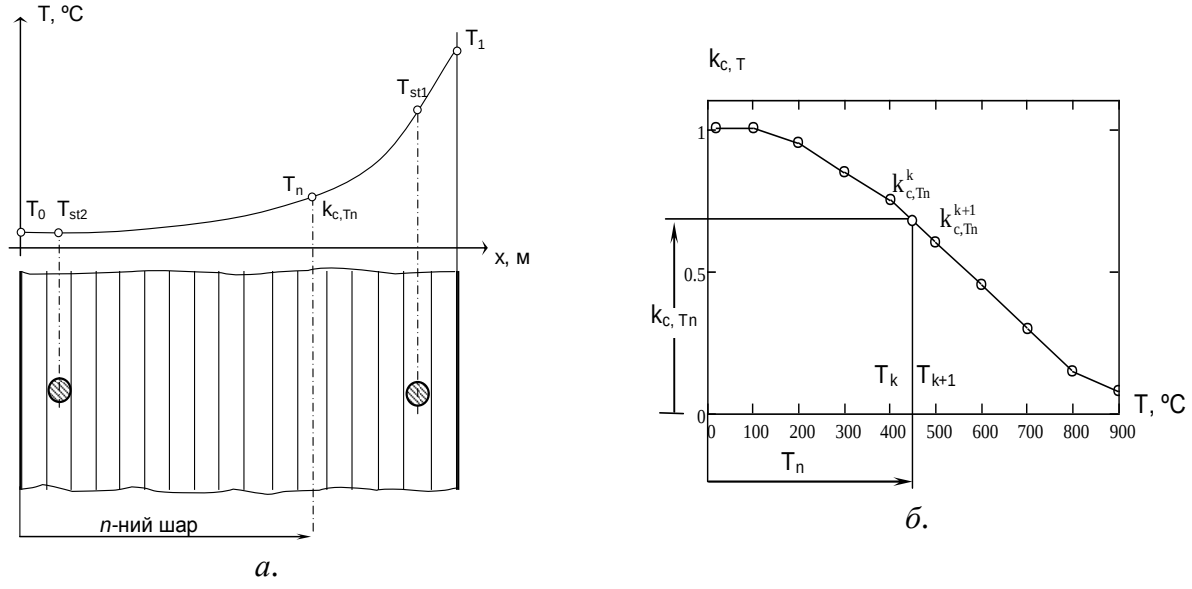
де $\varepsilon_{c1,T}$ – залежне від температури значення відносної деформації, до якої діаграма деформування матеріалу має зростаючу гілку;

$\varepsilon_{cu,T}$ – залежне від температури максимальне значення відносної деформації, до настання якого матеріал у змозі чинити опір;

f_c – межа міцності матеріалу на стискання, Па.

Згідно з стандартами [5] коефіцієнт роботи бетону має залежність від температури, що подається у табличному вигляді з 13 значень. Проміжкові значення визначаються за допомогою лінійної інтерполяції.

Схема визначення коефіцієнту роботи матеріалів стін подана на рис. 6. Згідно з цією схемою необхідно записати систему рівноваги у формі, що є зручною для визначення уточнених табличних значень коефіцієнту роботи. Вигляд виразів (2) та (3) дозволяє записати систему рівнянь рівноваги у вигляді системи лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР).



а. *б.*

Рисунок 6 – Визначення коефіцієнту роботи матеріалу стіни за температурою у внутрішньому шарі: а – схема розбиття на шари перерізу стіни; б – схема інтерполяції за табличними даними.

В якості невідомих записуються табличні значення коефіцієнтів роботи бетону. Описана СЛАР має такий кінцевий вигляд:

$$[\mathbf{F}]\{\mathbf{k}\} + \{\mathbf{S}\} = 0, \quad (4)$$

де $\{\mathbf{k}\} = (k_{c1}\ k_{c2}\ \ldots\ k_{cm})^T$ – вектор табличних значень коефіцієнту роботи матеріалу стіни відповідні табличним температурам $\{\mathbf{T}_m\} = (0\ 100\ 200\ \ldots\ T_m)^T$, що виступають у якості невідомих;

[**F**] – матриця, яка записується у вигляді:

$$[\mathbf{F}]=\begin{pmatrix} Z_{11} & \dots & Z_{1j} & \dots & Z_{1m} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Z_{i1} & & Z_{ij} & & Z_{im} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Z_{m1} & \dots & Z_{mj} & \dots & Z_{mm} \end{pmatrix}, \tag{5}$$

де члени матриці визначаються за формулами:

$$Z_{i1}=\sum_n\left[1-0.01(T_{ni}-T_1)\right]F_n(\varepsilon,T_{ni})\left(1-\frac{x_n}{w_x}\right),\ Z_{im}=\sum_n 0.01(T_{ni}-T_{m-1})F_n(\varepsilon,T_{ni})\left(1-\frac{x_n}{w_x}\right)$$
$$Z_{ij}=\sum_n\left[1-0.01(T_{ni}-T_j)\right]F_n(\varepsilon,T_{ni})\left(1-\frac{x_n}{w_x}\right)+\sum_n 0.01(T_{ni}-T_{j-1})F_n(\varepsilon,T_{ni})\left(1-\frac{x_n}{w_x}\right). \tag{6}$$

Величина $m = \lceil T_{\max}\cdot 0.01\rceil$ є кількістю рівнянь та перемінних у системі (4), що визначається максимальною температурою нагрівання стіни під час випробувань. При складанні рівнянь конкретні моменти часу визначаються рівномірно між першим і останнім моментом часу випробувань.

Тут w_x – поперечний прогин стіни під час випробувань.

{**S**} – вектор зусиль у арматурних стержнях, який визначається за виразом:

$$\{\mathbf{S}\}=(S_1\ \dots\ S_i\ \dots\ S_m)^T, \tag{7}$$

де $S_i = F_{st1}(\varepsilon, T_{st1}) + F_{st2}(\varepsilon, T_{st2})$. Зусилля у арматурі в i-тий момент часу визначаються за виразами наведеними у стандартах щодо розрахунку залізобетонних конструкцій [40]:

при $0 < \varepsilon < \varepsilon_{s0}$	$F_{st}(\varepsilon, T) = E_{s,T}\varepsilon$
при $\varepsilon_{s0} < \varepsilon \le \varepsilon_{sy}$	$F_{st}(\varepsilon, T) = f_{sp,T} - c+(b/a)[a^2 - (\varepsilon_{sy} - \varepsilon_s)^2]^{0,5}$,
при $\varepsilon_{sy} \le \varepsilon \le \varepsilon_{st}$	$\sigma_s = f_{sy,T}$,
при $\varepsilon_{st} \le \varepsilon \le \varepsilon_{s2}$	$F_{st}(\varepsilon, T) = f_{sy,T}\,[1 - (\varepsilon_s - \varepsilon_{st})/(\varepsilon_{s0} - \varepsilon_{st})]$,
при $\varepsilon_{s2} < \varepsilon$	$\sigma_s = 0$

(8)

де a, b, c –параметры, що визначаються за формулами:

$$a^2 = (\varepsilon_{sy} - \varepsilon_{sp})(\varepsilon_{sy} - \varepsilon_{sp} + c/E_{s,T}),\ b^2 = c(\varepsilon_{sy} - \varepsilon_{sp})E_{s,T} + c^2$$
$$c = \frac{\left(f_{sy,T} - f_{sp,T}\right)^2}{\left(\varepsilon_{sy} - \varepsilon_{sp}\right)E_{s,T} - 2\left(f_{sy,T} - f_{sp,T}\right)}. \tag{9}$$

У формули (8), (9) входять такі величини:

ε_{sy} – деформація, при якій настає межа текучості,

ε_{st} – деформація, при якій починається спадна гілка діаграми,

$f_{sp,T}$ – межа пропорційності сталі,

$f_{sy,T}$ – межа міцності сталі,

$E_{s,T}$ – модуль пружності сталі, залежний від температури нагріву

Деформація при обчисленні компонентів системи рівнянь (4) визначається за виразами [6]:

$$\varepsilon_{n,i} = \xi_i + \chi_i x_n - \varepsilon_{Tn}\ , \tag{10}$$

де ξ_i, χ_i – поздовжнє видовження та кривизна вісі стіни у i-тий момент часу;

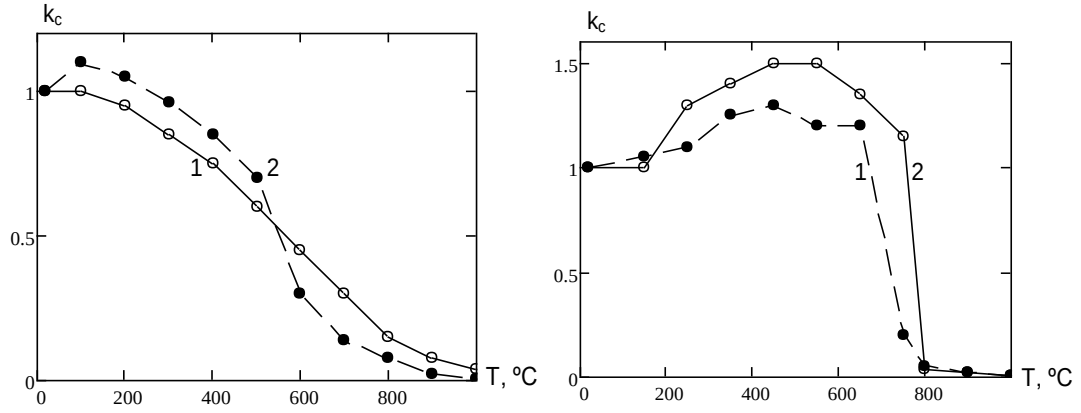
ε_{Tn} – температурна деформація, що визначається за таблицями у стандартах [5];
x_n – координата n-го внутрішнього шару перерізу стіни, що вимірюється від серединної точки перерізу.

Поздовжнє видовження та кривизна вісі стіни пов'язані з її переміщеннями, які вимірюються під час випробувань за виразами.

$$\xi = 1 - \frac{h + w_y}{3h}\sqrt{1 + \left(\frac{w_x \pi}{h + w_y}\right)^2}\ ;\ \chi = \pi^2 w_x (h + w_y)^{-2}. \qquad (11)$$

де w_y – поздовжнє переміщення верхнього краю стіни під час випробувань

Таким чином, маючі вимірювання температури та переміщенеь, отримані під час випробувань можна провести уточнення коефіцієнту роботи матеріалу стіни і на основі цих даних провести оцінку вогнестійкості несучих та кам'яних стін. Для цього застосуємо математичний апарат (2) – (11) та вимірювання отримані у попередньому розділі дійсної роботи. На рис. 7 подані залежності коефіцієнту роботи бетону та кладки із блоків з легкого бетону, що отримані для випробуваних стінових фрагментів.



а. *б.*

Рисунок 7 – Залежності коефіцієнту роботи бетону (а) та кладки із блоків з легкого бетону (б): 1 – стандартна залежність, 2 – уточнена залежність.

Висновки. З огляду на проведені дослідження можна зробити такі висновки:

1. Був розроблений метод ідентифікації коефіцієнтів роботи бетону при високих температурах нагріву залізобетонних несучих стін при їх стандартних випробуваннях на вогнестійкість.

2. Була проведена ідентифікація коефіцієнтів роботи при високих температурах нагріву за результатами проведених вогневих випробувань.

3. Показана висока ефективність розробленого метода.

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. 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).

3. ДСТУ Б В.1.1-19: 2007. Захист від пожежі. Несучі стіни. Метод випробування на вогнестійкість. – К.: Укрархбудінформ, 2008. 37 с – (Національний стандарт України).

4. Поздєєв С.В. Експериментально-розрахунковий метод оцінки вогнестійкості залізобетонних стін на основі їх вогневих випробувань / С.В. Поздєєв, С.Д. Щіпець, В.К. Словінський, О.В. Некора // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. – Черкаси: АПБ, 2013. – С. 224–226.

УДК 614.841

Д.С. Федоренко, к.і.н., С.С. Федоренко, А.П. Марченко, Є.О. Тищенко, к.т.н., доц.,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

СИСТЕМНА МОДЕЛЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДГОТОВКИ ГАЗОДИМОЗАХИСНИКІВ

Обговорюються моделі тренувального процесу газодимозахисників, використання яких дозволяє формалізувати критерій його ефективності та сформулювати задачу управління процесом тренування.

Ключові слова: системна модель, газодимозахисники, тренувальний процес, ефективність підготовки.

Постановка проблеми. Професійно-службова діяльність особового складу газодимозахисної служби ДСНС України є однією з найбільш складних та напружених. Газодимозахисникам доводиться виконувати оперативні завдання в умовах протидії цілому ряду небезпечних чинників пожежі при постійній загрозі для життя і здоров'я. Досі переважна більшість робіт на пожежі здійснюється вручну, тому під час виконання оперативних завдань на організм газодимозахисників діють значні за величиною та тривалістю фізичні навантаження, які вимагають максимальної мобілізації можливостей організму та висувають високі вимоги до їх підготовленості.

Розвиток функціональних можливостей організму газодимозахисника відбувається в процесі тренувань в системі професійної підготовки, що представляє собою складну систему, кінцевою метою якої є досягнення певного рівня стану організму газодимозахисника, який дозволяє йому ефективно виконувати оперативні завдання у загазованих і задимлених середовищах. Принципи організації тренувального процесу газодимозахисників, як будь-якого спортивного тренування, опираються на закономірності адаптації організму до напруженої м'язової діяльності в штучно створених умовах.

Незважаючи на широкий спектр напрямків дослідження аспектів підготовки особового складу газодимозахисної служби, дотепер не розробленою залишалася проблема індивідуалізації тренувального процесу.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. На підставі аналізу програмно-нормативних документів з організації підготовки газодимозахисників [1, 2] та практичного досвіду [3] встановлено, що для підвищення ефективності тренувального процесу необхідно вирішити одне із головних протирічь, яке полягає у необхідності визначення припустимих величин обсягу та інтенсивності тренувальних навантажень відповідно до функціональних можливостей газодимозахисника, обліку їх фактичного виконання та відсутності засобів контролю функціонального стану, які відповідають сучасному рівню розвитку інформаційних технологій. Розв'язання зазначеної проблеми полягає у розробці засобів тренування із застосуванням сучасних інформаційних технологій дистанційного контролю функціонального стану газодимозахисників, що, у свою чергу, передбачає розробку моделей для дослідження ефективності процесу їх підготовки.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи є дослідження ефективності процесу підготовки газодимозахисників.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для дослідження ефективності процесу підготовки газодимозахисника побудовано системну модель [4] та використано елементи системного аналізу та системного підходу [5] як науково-практичних методологій дослідження складних систем та вирішення складних проблем, відповідно. Системна модель (S) зображена на рис.1.

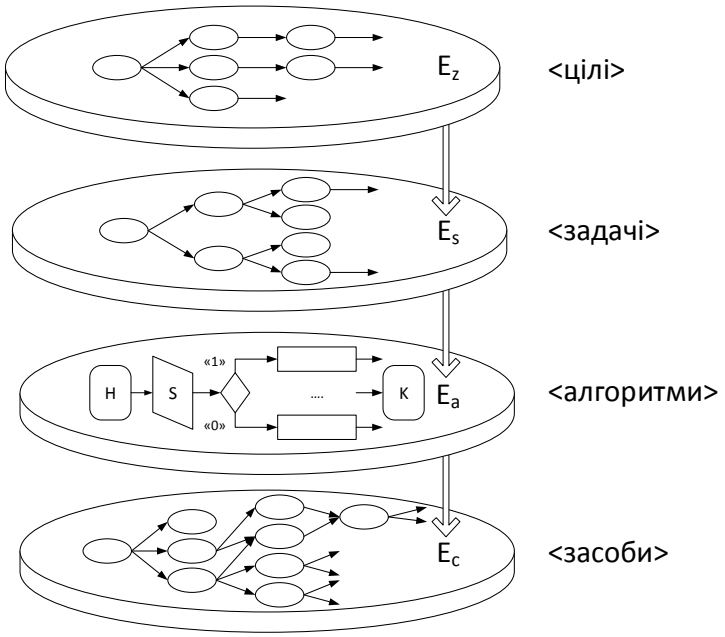


Рисунок 1 – Багаторівнева системна модель підготовки газодимозахисників.

Основною ціллю процесу підготовки газодимозахисників є формування їх готовності до роботи у непридатному для дихання середовищі. Дана ціль декомпозується на ряд цілей, для досягнення кожної з яких необхідно розв'язати ряд задач, які знаходяться на нижньому рівні ієрархії та відрізняються конкретно заданим часом і ресурсами. Розв'язання цієї сукупності задач передбачає реалізацію певної сукупності дій або методів чи алгоритмів, сутність яких складає третій рівень системної моделі. В свою чергу, практична реалізація методів і алгоритмів неможлива без засобів підготовки газодимозахисників.

Елементи системної моделі вказують на необхідність формалізації критерію ефективності процесу підготовки газодимозахисників до роботи в непридатному для дихання середовищі ($E_{\text{П}}$), який кількісно оцінюється показниками ефективності $\{E_1, E_2, \dots, E_n\}$ виконання окремих функцій (вироблення високого рівня витривалості, рухливості, фізичної працездатності й теплової адаптації (F_1); освоєння прийомів і способів гасіння пожеж і проведення аварійно-рятувальних робіт у непридатному для дихання середовищі (F_2); розвиток злагодженості роботи в складі ланки ГДЗС у різних обставинах (F_3); формування високої психологічної стійкості, розвиток спостережливості й уваги (F_4), тощо):

$$E_{\text{П}} = F(E_1, E_2, \dots E_n) = \left(E_1(F_1), E_2(F_2), \dots, E_n(F_n)\right) \quad (1)$$

Після формалізації та нормалізації показників ефективності, критерій ефективності можна представити як модель лінійної багатофакторної регресії:

$$E_{\text{П}} = \alpha_0 + \alpha_1 E_1 + \alpha_2 E_2 + \dots + \alpha_n E_n, \quad (2)$$

де коефіцієнти $\alpha_i, i = \overline{0,n}$ вказуватимуть на важливість виконання тієї чи іншої функції та її внесок у загальну ефективність підготовки газодимозахисника.

Для дослідження системи управління тренувальним процесом газодимозахисників побудовано її структуру, представлену на рис. 2.

Під управлінням розуміється процес забезпечення цілеспрямованої поведінки системи при мінливих зовнішніх умовах. У нашому випадку об'єктом дослідження є система, яка складається із двох підсистем – керівник занять (управляюча) і газодимозахисник (керована).

Суть управління полягає в оптимальному використанні ресурсів для досягнення поставлених цілей підготовки газодимозахисників.

Трудова діяльність керівника занять зводиться до вирішення управлінських проблем. Засобами його діяльності виступають різні методи, техніка прийняття рішень. Предметом і продуктом управлінської діяльності є інформація, тобто рішення, що визначають величину управляючих впливів на об'єкт управління (газодимозахисника). Застосування в тренувальному процесі неправильних управлінських рішень граничить зі злочином, тому є актуальним використання надійної системи контролю, яка дозволить спрогнозувати небезпечні стани та вчасно прийняти управлінські рішення для регулювання чинників впливу.

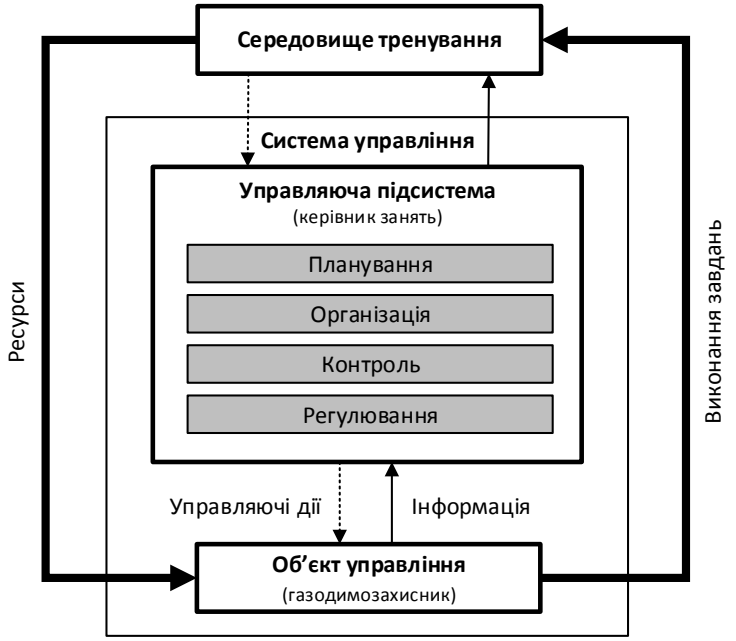


Рисунок 2 – Структура системи управління тренувальним процесом газодимозахисників.

Для визначення основних управляючих параметрів побудовано схему управління процесом підготовки газодимозахисників, що представляє собою взаємодію головних дидактичних відносин газодимозахисника, керівника заняття, змісту підготовки, та містить у своїй структурі засоби контролю функціонального стану (рис. 3).

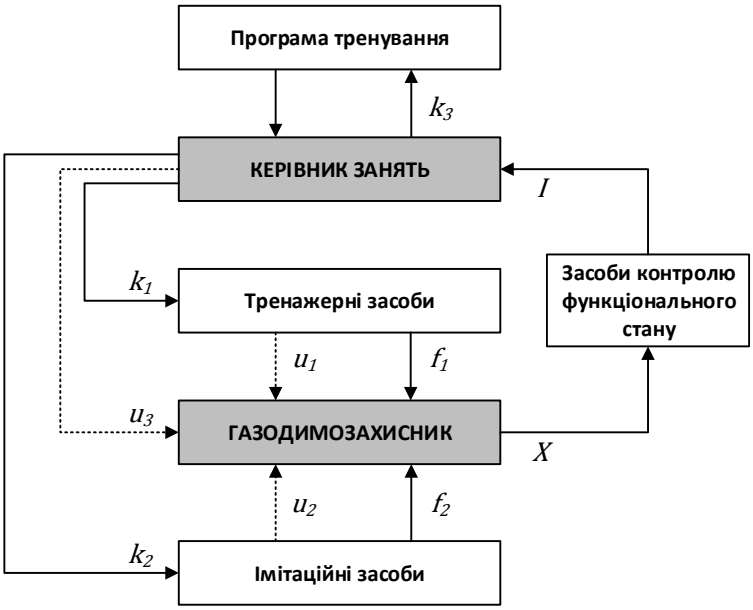


Рисунок 3 – Схема управління процесом підготовки газодимозахисників.

Основними параметрами схеми управління процесом підготовки газодимозахисників є:

- поточні показники функціональних параметрів газодимозахисника в процесі тренування X;

- управляючі впливи U;

- вплив середовища та тренажерних засобів F;

- коригуючі впливи K;

- показники процесу тренування I.

Дані параметри є агрегованими й можуть розпадатися на сукупність показників:

1) $X = [x_1, x_2 \dots x_n]$ – поточні показники функціональних параметрів організму газодимозахисника як об'єкта управління в процесі тренування, до яких можна віднести:

- x_1 – частоту серцевих скорочень;

- x_2 – ударний і хвилинний обсяги крові;

- x_3 – вміст молочної кислоти в крові;

- x_4 – обсяг легеневої вентиляції і споживання кисню;

- x_5 – температуру тіла, тощо.

2) $U(u_1, u_2, u_3)$ – управляючі впливи, які продукуються засобами тренування, керівником занять або самостійно газодимозахисником з метою управління процесом підготовки:

- u_1 – управляючі впливи, які продукуються тренажерними засобами для формування вектору функціональних параметрів організму газодимозахисника;

- u_2 – управляючі впливи, які продукуються імітаційними засобами для створення штучних умов навколишнього середовища та впливу на функціональні параметри організму газодимозахисника;

- u_3 – управляючі впливи, які продукуються інструктором, та реалізуються шляхом оперативного перепланування програми тренування на основі отриманих висновків про статус функціонального стану газодимозахисника.

- u_4 – управляючі впливи, які виробляються самим газодимозахисником в залежності від індивідуальних чинників (вік, стан здоров'я, фізична та психологічна готовність, мотивація, тощо).

3) $F(f_1, f_2)$ – зовнішні чинники впливу на організм газодимозахисника:

- f_1 – вплив тренажерних засобів;

- f_2 – вплив імітаційних засобів.

4) $K(k_1, k_2, k_3)$ – коригуючі впливи:

- k_1 – корегування роботи тренажерних засобів (збільшення або зменшення навантаження, складності виконання завдань, тощо);
- k_2 – корегування роботи імітаційних засобів (зміна штучно створених умов навколишнього середовища та психологічних чинників);
- k_3 – корегування програми тренувань.

5) I – показники процесу тренування, до яких відносяться: статус функціонального

стану газодимозахисника під час тренувань, кількісні характеристики тренування (тривалість тренування, облік тренувального навантаження, тощо).

Для визначення залежності ефективності виконання програми тренування від параметрів управління підготовкою газодимозахисників введено критерій ефективності виконання програми тренування ($E_{\text{Т}}$).

Відповідно до програми тренувань газодимозахисник виконує M незалежних завдань O на тренажерах. При цьому, імовірність виконання їм l-й завдання рівна $P(O_1)$, а важливість завдання рівна $B(O_1)$. Тоді ефективність виконання програми тренування може бути визначена виразом

$$E_{\text{Т}} = \sum_{i=1}^{M} R_i P(O_i) P(O_i), \tag{3}$$

де R_i – коефіцієнт, враховуючий зниження базової надійності газодимозахисника при виконанні i-завдання в умовах реальної оперативної діяльності.

Кількість ресурсів (c) витрачених на підготовку газодимозахисника з використанням тренажних засобів дорівнює

$$c = \sum_{i=1}^{M} c_i, \tag{4}$$

де c_i – частина ресурсів, витрачених на підготовку газодимозахисника до виконання i-завдання.

Нормування результату функціонування системи управління процесом підготовки (W) визначається по формулі

$$W = \frac{E_{\text{Т}}}{c}. \tag{5}$$

Якщо критерій ефективності виконання програми тренування представити в залежності від параметрів управління підготовкою, отримаємо

$$E_{\text{Т}} = \Phi[X, U, F, K, I] \geq E_{\text{Т}}^*, \tag{6}$$

де $E_{\text{Т}}^*$, – необхідне значення ефективності виконання програми тренування, тоді

$$W = \frac{\Phi[X, U, F, K, I]}{c} \geq W^*, \tag{7}$$

де W^* – необхідне значення якості функціонування системи управління процесом підготовки газодимозахисників.

Таким чином, якщо відомий вираз

$$\frac{dX}{dt} = L[X, U, F, K, I], \tag{8}$$

то може бути сформульована задача управління процесом тренування як знаходження управляючих параметрів U^*, що забезпечують задану ефективність виконання програми тренування газодимозахисниками.

Висновки. В ході проведених досліджень отримані наступні результати:

- розроблено системну модель тренувального процесу газодимозахисників, використання якої дозволяє формалізувати критерій його ефективності та здійснити структурну і параметричну ідентифікацію критеріальної функції;
- побудовано структурну схему управління процесом підготовки на основі застосування засобів контролю функціонального стану та сформульовано задачу управління процесом тренування як знаходження управляючих параметрів, що забезпечують задану ефективність виконання програми тренування газодимозахисниками, на основі визначення показників функціональних параметрів організму газодимозахисника.

Перспективи подальших досліджень. Розв'язання задачі управління процесом тренування газодимозахисників стає можливим при використання надійної і об'єктивної системи контролю функціонального стану організму, для побудови якої необхідно визначити найбільш інформативні показники функціональних параметрів організму, а також методи і засоби за допомогою яких вони можуть бути виміряні. Таким чином, наступний етап розробки засобу дистанційного контролю функціонального стану газодимозахисника передбачає формування комплексу методів контролю функціонального стану, які забезпечують об'єктивне оцінювання рівня фізичного навантаження та оперативне визначення небезпечних змін функціонального стану впродовж тренувань, визначення ефективності проведених тренувань та визначення функціональної готовності газодимозахисників.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Организация и проведение занятий с личным составом газодымозащитной службы пожарной охраны МВД СССР: Методические указания. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1990. – 80 с.
2. Про затвердження Настанови з організації газодимозахисної служби в підрозділах оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України: наказ МНС України від 16.12.2011 № 1342.
3. Лущ В. І. Аналіз підготовки газодимозахисників ДСНС України в теплодимокамері та димокамерах / В. І. Лущ, О. В. Лазаренко, М. А. Наливайко, Р. Ю. Сукач // Пожежна безпека . – 2013. – № 23. – С. 111–114.
4. Тимченко А. А. Основы информатики системного проектирования объектов новой техники / А. А. Тимченко, А. А. Родионов. – К.: Наукова думка, 1991. – 152 с.
5. Згуровский М. З. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения / М. З. Згуровский, Н. Д. Панкратова. − К.: Наук. думка, 2005. − 743 с.

УДК 614.48

Т.В.Магльована, к.х.н., доц.
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗУ

ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА СОРБЦІЙНЕ КОНЦЕНТРУВАННЯ СПОЛУК АРСЕНУ НА СИЛІКАГЕЛІ, МОДИФІКОВАНОМУ ПОЛІГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНДИНОМ

Шляхом модифікації силікагелю, реагентом «Акватон», діючою речовиною якого є біоцидний полімер комплексної дії полігексаметиленгуанідин гідрохлорид, розроблено макет мобільної установки для очищення води, в умовах підвищеного техногенного навантаження.

Ключові слова: полігексаметиленгуанідин гідрохлорид, силікагель, адсорбція, концентрація, сполуки арсену.

Постановка проблеми. Забруднення оточуючого середовища шкідливими хімічними речовинами є суттєвим фактором формування екологічної небезпеки практично всіх регіонів України [1]. Арсен посідає особливе місце серед токсичних елементів. Шляхи надходження арсену і його сполук у навколишнє середовище самі різноманітні, але серед них можна виділити такі, як: викиди в атмосферу при високотемпературних процесах на металургійних комбінатах, при спалюванні кам'яного вугілля; втрати при добуванні, транспортуванні, сортуванні на гірничо-збагачувальних фабриках, надходження зі стічними водами хімічного, деревообробного, текстильного, паперового, цементного виробництва. Тому на виробництвах, зв'язаних зі сполуками арсену, постійно контролюється його вміст у сировині, продукції і напівпродукції, відходах, а також в об'єктах навколишнього природного середовища [2].

У грунті, як складовій частині природного середовища, арсену в середньому міститься 5-6 мг/кг грунту з коливанням 1-140мг/кг. Підвищений фон вмісту цього елемента у грунтах обумовлений використанням арсеновмісних пестицидів і забруднення середовища підприємствами кольорової металургії і тепловими електростанціями, які спалюють вугілля, багате арсеном [3].

Підвищена увага до «металічних отрут», і зокрема, сполук арсену в природних та стічних водах, пояснюється високою токсичністю його сполук, що уражають усі системи організму та є канцерогенними. Визначення хімічних форм елементів в об'єктах навколишнього природного середовища для вивчення їх поведінки у природних екосистемах є більш важливішим фактором, ніж простий елементний аналіз, оскільки відомо, що різні форми одного й того ж хімічного елемента мають різну токсичність. Наприклад, відомий ряд токсичності для арсену: As(III)>AsO_4^{3-}>метильовані форми арсену. Саме хімічні форми визначають рухливість і шляхи міграції елементів, тому інформація про фон важлива для вивчення процесів транспорту хімічних елементів у природних екосистемах. Отже, токсичність арсену залежить від форми знаходження і від загального вмісту речовини в організмі. На сьогодні розроблені методи високоефективної рідинної хроматографії для визначення хімічних форм арсену у водах [2]. Для прісних вод характерна присутність арсенат (III)- (AsO_3^{3-}), арсенат (V)(AsO_4^{3-}), монометиларсенат- і диметиларсенат-йонів [3].

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Для визначення хімічних форм мікроелементів у природних водах та отримання інформації про рівень забруднення навколишнього середовища, пряме визначення елементів практично неможливе через недостатньої чутливості методів, заважаючий вплив основних компонентів вод, відсутність стандартних зразків вод. Тому необхідним є попереднє концентрування і відділення елементів, що визначаються, від макрокомпонентів вод [4]. Одним із найефективніших

методів концентрування неорганічних речовин є сорбція. Серед сорбентів на неорганічній основі особливий інтерес викликають хімічно модифіковані силікагелі (ХМС) з прищепленими лігандами, що здатні до комплексоутворення. Дослідження останніх років підтвердили широкі можливості їх використання в процесах експресного і ефективного концентрування неорганічних та органічних сполук, а також їхнього визначення безпосередньо в фазі сорбенту [5-8].

Дослідження процесів адсорбції арсену (V) на поверхні ХМС з привитими амінопропільними (NH_2-C) та етилендиамінними (en-C) групами вказує на те, що на другому із них адсорбція протікає при меншому значенні pH. Це пов'язано із тим, що етилендиамінні групи проявляють більш виражені основні властивості у порівнянні з амінопропільними силікагелями [4]. На NH_2-C сорбенті арсен (V) вилучається при pH 6,2-6,7 на 32%. На en-C сорбенті - на 68% при pH 4,9-5,3. Проте, метод хімічного модифікування поверхні є досить тривалим в часі та потребує дорогих реагентів. Суттєво спрощується метод отримання сорбентів за рахунок нековалентного зв'язування, коли як модифікатор поверхні вибирають сполуки, що досить міцно адсорбуються на силікагелі [6,9].

Постановка задачі та її розв'язання. Для забезпечення епідеміологічної безпеки постраждалих при надзвичайних ситуаціях важливим є організація якісного водопостачання. Ускладнюється вирішення цієї проблеми при пошкодженні або виходу з експлуатації системи централізованого водопостачання в населеному пункті, коли потрібні значні об'єми питної води [10]. 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. Тому основною задачею даного дослідження була розробка та впровадження технології знезараження води в пересувному варіанті в екстремальних ситуаціях та визначення придатності фільтруючого матеріалу мобільної установки, для очищення питної води від забруднень сполуками арсену.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Більшість сорбентів, що використовуються на сьогоднішній день мають високу вартість, складні технології отримання і регенерації. Отже, створення нових ефективних сорбентів і практичне їх використання в технологіях сорбційного очищення від забруднювачів оточуючого середовища є одним із пріоритетних завдань технологічного забезпечення екологічної безпеки [1]. Гранично допустима концентрація арсену у природній прісній воді становить 0,03 мг/дм^3 [2], тому важливо було дослідити можливість використання фільтруючого матеріалу мобільної установки для очищення води від арсенат йонів.

Реагенти й апаратура. Водні розчини полігексаметиленгуанідин гідрохлориду (ПГМГ-ГХ) з концентрацією 1г/л одержували розчиненням відповідних точних наважок в дистильованій воді. Для цього 1г сухого ПГМГ-ГХ вносили в колбу на 1000см^3. Додавали 500 см^3 дистильованої води, залишали стояти протягом 2-3 годин і доводили дистильованою водою до мітки. Залишали розчини стояти протягом 2 годин при температурі 25 ± 5^0C, після цього розчини готові до використання.

Для приготування робочих розчинів відбирали 100см^3 основного розчину, переносили у колбу на 1000см^3, доводили об'єм розчину до мітки дистильованою водою та залишали стояти протягом 3-4 годин при температурі 25 ± 5^0C. Робочі розчини ПГМГ-ГХ мали концентрацію 100 мкг/см^3.

В якості мофікуючого матеріалу використовували силікагель Silika 60 фірми "Merck", питома площа поверхні ~260 м^2/г, середнім діаметром пор 12 нм, фракція 0,06-0,16 мм. Сорбцію ПГМГ-ГХ проводили в статичному режимі. Для цього в колбу вносили наважку силікагелю, додавали розчин ПГМГ-ГХ, закривали пробкою, інтенсивно перемішували.

Методом декантації, отриманий модифікований матеріал, промивали 2-3 рази дистильованою водою [6].

Аналіз води на каламутність, кольоровість, загальну твердість, фотометричне визначення заліза (III) та арсену (V) проводили згідно [11]. Рівноважну концентрацію арсену (V) на аміносилікагелях визначали атомно-емісійним методом на оптичному емісійному спектрометрі з індуктивно-зв`язанною плазмою "Спектрофлейм Модула", призначеному для одночасного та послідовного багатоелементного аналізу. Оптимальні умови для визначення арсену (V) підбирались за допомогою одноплатного комп'ютера автоматично при використанні монохроматора (схема Пашен-Рунге), вихід на довжину хвилі здійснювався без стандартної програми пошуку піків, grating (штр.реш. лінії) г/нм, діапазон довжин хвиль 240-790 нм (аналітична лінія арсену 188,979 нм).

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Як модифікатор поверхні використовували високомолекулярні похідні специфічної основи гуанідину. Зручне просторове розташування атомів в гуанідиновій групі створює сприятливі умови для утворення багатоцентрових водневих зв'язків, тому солі полігексаметиленгуанідину (ПГМГ), які містять ще й гідрофобну поліметиленову ланку, можуть служити хорошими аніонообмінниками [9]. Найбільш доступним та вивченим серед солей ПГМГ є гідрохлорид (ПГМГ-ГХ) [12]. 30% розчин ПГМГ-ГХ випускається під торговою назвою «Акватон-10».

Спектр біоцидної дії ПГМГ-ГХ досить широкий – уже при невисоких концентраціях він активний проти грампозитивних і грамнегативних мікроорганізмів, різного роду грибків (пліснявих, дріжжеподібних, дерматофітів тощо). Визначним є те, що ПГМГ-ГХ одночасно впливає не тільки на аеробну, а й на анаеробну мікрофлору, а також знищує віруси. Встановлена антимікробна активність ПГМГ-ГХ по відношенню до збудників особливо небезпечних інфекцій (чума, холера, легіонельоз) [12].

У водному середовищі ПГМГ-ГХ ефективно пригнічує небажану мікрофлору та водорості [12]. Широкий спектр біоцидної дії ПГМГ-ГХ обумовлений наявністю в ланках макромолекул полімеру гуанідинових груп, які входять до складу активно діючих речовин багатьох природних та синтетичних лікарських засобів.

Біоцидна дія ПГМГ-ГХ обумовлена тим, що фосфоліпідні клітинні мембрани мікроорганізмів мають негативний сумарний електричний заряд, а тому ефективно сорбують біоцидний полікатіон, який руйнує клітинну мембрану, інгібує участь ферментів у обміні речовин, порушує відтворюючу здатність нуклеїнових кислот та білків, а також пригнічує дихальну систему клітини. Такі його дії, поряд з руйнуванням цілісності стінок клітин, призводить до загибелі мікроорганізмів [12].

Маючи сильну біоцидну дію по відношенню до мікроорганізмів, ПГМГ-ГХ одночасно є низькотоксичним для людей і тварин. Низька його токсичність пояснюється тим, що в організмі теплокровних, на відміну від одноклітинних, є ферментні системи, здатні викликати деградацію гуанідинвмісних сполук. Першою стадією метаболізму гуанідинового полімеру в живому організмі є заміна аніону неорганічної кислоти на аніон глюконату; в подальшому протікає гідроліз гуанідинових груп з перетворенням їх у мочевинні, деструкція полімерного ланцюга на окремі фрагменти [12].

Однак, необхідно підкреслити, що на токсичність ПГМГ-ГХ може сильно впливати метод його синтезу і чистота кінцевого продукту (вмісту в ньому залишкових кількостей мономерів, які є досить токсичними). Важливою особливістю біоцидних властивостей ПГМГ-ГХ є відсутність інгаляційної токсичності (не леткий), стабільність властивостей у присутності білкових забруднень, посилення біоцидної дії при підвищенні температури та збільшенні pH середовища. Не зареєстровано формування резистентності до патогенної мікрофлори [13].

Завдяки позитивному заряду макромолекули ПГМГ-ГХ добре адсорбуються на матеріалі, частинки якого, мають від'ємний заряд. Після такої модифікації частинки модифікованого матеріалу набувають позитивного заряду, що добре впливає на їх фільтруючу здатність, дозволяє адсорбувати більше істинно розчинних домішок, таких як водорозчинні органічні кислоти [9].

Кількісна адсорбція ПГМГ-ГХ на силікагелі проходить в інтервалі pH=0÷9 в результаті корпоративної взаємодії макромолекул ПГМГ-ГХ з активними групами поверхні силікагелю [6,9]. Час встановлення сорбційної рівноваги при цьому складає не більше трьох хвилин. Утворений модифікований матеріал дуже стійкий і не видаляється при промиванні водою в апараті Сокслета на протязі декількох діб. Модифікований матеріал придатний для використання протягом 12 місяців [9].

Знезараження води за допомогою ПГМГ-ГХ було реалізовано в установці очищення води в екстремальних умовах. Випробування проводились на річковій воді. Досліджувану воду пропускали через модифікований фільтруючий матеріал мобільної установки. Після 1 години контакту води із фільтруючим матеріалом мобільної установки проводили повторні дослідження. Результати аналізу якості води до і після пропускання через модифікований фільтруючий матеріал мобільної установки представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати аналізу води до і після пропускання через модифікований фільтруючий матеріал мобільної установки

Показники	Результати аналізу до пропускання через модифікований фільтруючий матеріал мобільної установки	Результати аналізу після пропускання через модифікований фільтруючий матеріал мобільної установки	ДСанПіН 2.2.4-171-10 від 12.05.2010
Кольоровість	110 Град	18 Град	20 Град
Каламутність	3,2 мг/дм^3	0,99 мг/дм^3	1,0 мг/дм^3
Твердість	8,2 мг/дм^3	5,2 мг/дм^3	7,0 мг/дм^3
Залізо (III)	0,43 мг/дм^3	0,04 мг/дм^3	0,2 мг/дм^3
Арсен (V)	0,27 мг/дм^3	0,02 мг/дм^3	0,03 мг/дм^3

Залишкову кількість ПГМГ-ГХ в досліджуваній воді контролювали по методиці описаній в [14]. Запропонована схема не лише забезпечує ефективне знезараження води, але й дозволяє покращити її фізико-хімічні показники у відповідності з діючими вимогами для питної води. Розрахунки очищення води з використанням ПГМГ-ГХ показали, що собівартість води, очищеної з використанням ПГМГ-ГХ, приблизно вдвічі менша ніж при використанні хлорних таблеток.

Проведені дослідження дали якісний результат, що вказує на наявність взаємодії йонів металів з макромолекулами полімеру. Здатність до зв'язування йонів металів фільтруючим матеріалом, модифікованим реагентом «Акватон-10», скоріше за все пов'язана з комплексоутворюючими властивостями реагенту – він має в своєму складі гуанідинову групу, що містить три атоми азоту, які здатні віддавати електрони на утворення донорно-акцепторних зв'язків [5].

Висновки. Запропонована схема очищення питної води, яка може бути реалізована в пересувному варіанті на відповідному транспортному засобі, та зможе забезпечити

організацію постачання питної води з використанням поверхневого джерела в умовах перевищення гранично допустимої концентрації (ГДК) арсену.

Перспективи подальших досліджень. Ще одна важлива властивість ПГМГ-ГХ комплексоутворення. Це значить, що полімер може видаляти із води важкі метали, гумінові, фульвінові сполуки, різні органічні речовини, пестициди, гербіциди. Тому, метою подальших досліджень буде розробка методів сорбційного концентрування та вилучення цих сполук, модифікованим фільтруючим матеріалом мобільної установки та дослідження впливу заважаючих йонів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Харламова Е.В. Управление экологической безопасностью на основе техногенно-социогенных факторов резкого генезиса /Е.В Харламова // Проблеми екології. -2014.-№1(33).-С.68-73.

2. Савченко М.А. Якісне екстракцйно-хроматографічне визначення арсену в біологічному матеріалі з концентруванням методом мокрої мінералізації / М.А. Савченко, А.С.Сегеда // Вісн. Черкаського університету.- Черкаси. - 2006. - Вип. 87. - С.104-112.

3. Беспамятов Г.П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде /Г.П Беспамятов, Ю.А.Кротов// Справочник.- Л.: Химия.-1985.-С.59

4. Лисичкин Г.В. Химия привитых поверхностных соединений /Г.В.,Лисичкин, А.Ю Фадеев, А.А.Сердан и др.// Под ред. Лисичкина Г.В. –М.: Физматлит. -2003. –592с.

5. Трофимчук А.К. Оптимизация условий сорбции молибдена (VI), вольфрама (VI) и ванадия (V) на модифицированных силикагелях с использованием бромпирогаллолового красного и поверхностно-активных веществ / А.К.Трофимчук, Т.В. Маглеваная и др. // Журн. прикл. химии –2008. – Т.81, вып. 2. - С.207-212.

6. Trofimchuk A.K Development of the analytik form of reagents on the basis of silica gel impregnated with polyhexamethyleneguanidine chloride / A.K Trofimchuk, T.V. Maglyovana, V.N. Leshechenko // Polish Chemistry Journal, 2008. – 82, P. 453-459.

7. Трофимчук А.К. Сорбционно-атомно- абсорбционное определение свинца в высокоминерализованных водах / А.К.Трофимчук, А.В. Латаева, А.В. Чуенко // Укр. хим. журнал –2009. – Т.75.-№102. - С.121-127.

8. Полищук Л.Н. Предконцентрирование и определение микроколичеств анионов Mo(VI), W(VI) и As(V) на силикагеле с иммобилизированным полионеном / Л.Н. Полищук, Э.С.Яновская и др. // Методы и обьекты химического анализа –2008. – Т.3, №1, - С.83-87.

9. Патент №81830 UA, МПК GO1N 21/78 (11.02.2008). Сорбат для одержання аналітичної форми реагенту, способи одержання сорбату та аналітичної форми реагенту. Трохимчук А.К, Магльована Т.В., Баранова Г.І.

10. Жартовский В.М. Опыт применения полимерного биоцидного реагента при чрезвычайных ситуациях / В.М Жартовский, Ю.В.Нижник, А.И.Баранова и др. // Реагенты комплексного действия на основе гуанидиновых полимеров. - Вып.3. –К.: 2006.-С.45.

11. Марченко З. Фотометрическое определение элементов / Под ред. Золотова Ю.А. М.: Мир.- 1971.- 503 с.

12. Гембицкий П.О., Воинцева И.И. Полимерный биоцидный препарат полигексаметиленгуанидин. – Запорожье "Полиграф", 1998. – 44с.

13. Мариевский В.Ф. Методические и эколого-гигиенические аспекты анализа безопасности воды при использовании некоторых реагентов для ее обеззараживания / Мариевский В.Ф., Баранова А.И., Нижник Ю.В. и др.// Вода: химия и экология. — 2011. — № 4. — с. 58-65.

14. Патент №17650 UA, МПК GO1N 21/78/(2006). Спосіб визначення концентрації полігексаметиленгуанідину у воді. Трохимчук А.К, Магльована Т.В., Баранова Г.І. та ін.

УДК 004.89:654.948

А.О. Биченко, к.т.н., Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ НА РОБОТУ СИСТЕМ РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Запропоновані моделі визначення впливу зовнішніх факторів на роботу систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій на основі експертних висновків.

Ключові слова: системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій, фактори зовнішнього впливу, експертні висновки.

Постановка проблеми. Розвиток технологій виробництва, транспорту, енергетичної сфери зумовлює існування та появу нових об'єктів, які можна віднести до об'єктів підвищеної небезпеки та відповідно до потенційно небезпечних об'єктів. [1, 2]. Це можуть бути в одному випадку об'єкти, збудовані порівняно недавно, і які відповідають сучасним уявленням та вимогам до об'єктів такого роду, так і об'єкти, що використовуються доволі давно і на яких може використовуватись застаріле обладнання, що в цілому збільшує рівень небезпеки такого об'єкту. Отже, логічним є існування потреби в обладнання об'єктів підвищеної небезпеки такими технічними системами та комплексами які б дозволили виявляти надзвичайні ситуації на таких об'єктах та оповіщати про них, як персонал об'єкту, так і при потребі населення, що проживає у прогнозованих зонах ураження небезпечними чинниками потенційно небезпечних об'єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Комплекс систем виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій, а також виявлення таких ситуацій та оповіщення працюючого персоналу й населення, яке проживає або знаходиться в прогнозованих зонах ураження небезпечними чинниками потенційно небезпечних об'єктів, складається з таких складових частин [3]:

- система раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій;
- система виявлення надзвичайних ситуацій;
- система оповіщення керівного складу та працюючого персоналу
- потенційно-небезпечних об'єктів про загрозу чи виникнення надзвичайних ситуацій;
- система оповіщення відповідальних посадових осіб територіальних органів ДСНС, органів виконавчої влади;
- пульти централізованого моніторингу;
- пульти централізованого спостереження;
- система оповіщення населення, що проживає або знаходиться в прогнозованих зонах ураження небезпечними чинниками потенційно небезпечних об'єктів.

Серед основних систем таких комплексів необхідно виділити систему раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та систему виявлення надзвичайних ситуацій які складаються з різних технологічних датчиків, сигналізаторів тощо, які контролюють небезпечні параметри обладнання і навколишнього середовища, та приймально-контрольних приладів. Слід звернути увагу на те, що технологічні датчики та сигналізатори указаних систем установлюються і використовуються окремо від аналогічних датчиків промислової автоматики [3].

Системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та виявлення надзвичайних ситуацій об'єднуються у єдиний комплекс за допомогою система централізованого моніторингу - це комплекс технічних засобів, розміщений у суб'єкта господарювання, котрий має відповідну ліцензію, призначений для приймання, обробки і видачі в заданому вигляді повідомлень про стан систем виявлення загрози надзвичайних

ситуацій, реєстрації цих повідомлень та передачі в автоматичному режимі на пульт централізованого спостереження сигналів про надзвичайні ситуації

На сучасному етапі розвитку систем такого типу нормативними документами регламентується для виявлення передаварійних ситуацій та небезпечних чинників об'єктів у системах, комплексах допускається застосовувати автоматичні датчики будь-якого принципу дії. Вибір конкретних датчиків здійснюють на етапах розробки завдання на проектування та при проектуванні систем і комплексів на підставі вивчення технологічних карт, регламентів тощо потенційно небезпечних об'єктів. Це можуть бути [3]:

- системи контролю гранично допустимих концентрацій хімічних вибухонебезпечних сумішей (газоаналізатори);
- системи контролю гранично допустимих концентрацій хімічнонебезпечних газоподібних речовин (хлор, аміак тощо);
- системи контролю гранично допустимих рівнів легкозаймистих рідин у резервуарах, апаратах тощо;
- системи контролю гранично допустимого тиску рідин і газоподібних сумішей у трубопроводах, апаратах тощо;
- системи контролю гранично допустимих температур рідин, речовин та газоподібних сумішей в апаратах, посудинах тощо;
- системи контролю гранично допустимих рівнів радіації.

З огляду на високий рівень автоматизації робота більшості датчиків, що використовуються при створенні таких систем базується на тих чи інших електричних принципах. З урахуванням галузей виробництва найбільш поширеними системами раннього виявлення надзвичайних ситуацій є системи, які використовують системи контролю гранично допустимих концентрацій хімічних вибухонебезпечних сумішей (газоаналізатори) та системи контролю гранично допустимих концентрацій хімічнонебезпечних газоподібних речовин (хлор, аміак тощо). Відомо, що на результат вимірювань впливають декілька факторів, кожен з яких викликає свою систематичну похибку. В цьому випадку виявлення аналітичного вигляду залежності значно ускладняється, тому доводиться проводити трудомісткі ґрунтовні дослідження, які іноді закінчуються невдачею. Тим не менш, систематична похибка, що не виявлена, є значно небезпечнішою за випадкову, так як остання може бути мінімізована відповідною методикою вимірювання, а систематична невиявлена похибка спотворить результат непередбачувано [4].

Серед декількох груп систематичних похибок, які відрізняються одна від одної причиною виникнення у нашому випадку варто виділити похибки зовнішніх впливів, серед яких найчастіше доводиться стикатись з впливом кліматичних умов [4], таких як тиск, температура, вологість, наявність чи відсутність атмосферних осадків, вплив електричних полів та зовнішніх випромінювань: рентгенівського, ультрафіолетового, іонізуючих випромінювань, гамма-випромінення.

В теперішній час нормується перелік зовнішніх факторів, до яких повинні бути стійкими запроектована система, комплекс та діапазон зміни цих факторів (температура, тиск, рівень перешкод тощо), повинен указуватися в технічному завданні на створення автоматизованої системи, комплексу. При цьому запроектована система, комплекс повинні:

- бути стійкими до можливих деградаційних впливів зовнішніх факторів при експлуатації: механічних ушкоджень, кліматичних умов, впливу агресивних середовищ тощо;
- ураховувати при функціонуванні можливий вплив перешкод виробничо-технологічних процесів, радіоелектронних, електронагрівальних і вентиляційних приладів, транспорту тощо.

Постановка задачі та її розв'язання. Але не дивлячись на розробку системи з урахуванням обраного діапазону зовнішніх факторів поза увагою залишаються ряд аспектів роботи датчиків безпосередньо під впливом зовнішніх факторів. Так, наприклад, для

визначення гранично допустимих концентрацій хімічних вибухонебезпечних сумішей та гранично допустимих концентрацій хімічнонебезпечних газоподібних речовин (хлор, аміак тощо) використовуються датчики-газоаналізатори, робота яких базується на електрохімічних принципах. Такі датчики проходять калібрування відповідно до [5] при визначеній температурі. Важливим є питання врахування впливу зовнішніх факторів на роботу систем раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та виявлення надзвичайних ситуацій. Доцільною є розробка системи централізованого моніторингу, як повноцінної інформаційно-аналітичної системи, однією з функцій якої було б врахування впливу зовнішніх факторів на роботу як окремих елементів системи, так і на роботу системи в цілому[6].

Системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та виявлення надзвичайних ситуацій, як правило, мають в своєму складі окрім системи контролю гранично допустимих концентрацій хімічних вибухонебезпечних сумішей (газоаналізатори) та систем контролю гранично допустимих концентрацій хімічнонебезпечних газоподібних речовин (хлор, аміак тощо) метеостанції, які здатні контролювати такі параметри, як температура повітря, вологість, тиск, швидкість та напрям вітру, наявність чи відсутність осадів тощо. Ці фактори можна віднести до факторів стану середовища об'єкта A. До факторів постійного впливу P відносяться параметри розташування об'єкту на місцевості, конфігурація об'єкту, вплив повторюваності напряму вітрів, рельєф місцевості. Також на достовірність відображення інформації про концентрацію хімічних речовин може впливати технічний стан обладнання, технологічність процесів, якість виконання профілактичних робіт, присутність ініціаторів запалювання та інші фактори технічного характеру T.

Таким чином, задача дослідження полягає у визначенні дійсної концентрації хімічної речовини C в залежності від показників датчиків-газоаналазаторів $C_{датч}$, факторів стану середовища A, факторів постійного впливу P, різноманітних технічних факторах T:

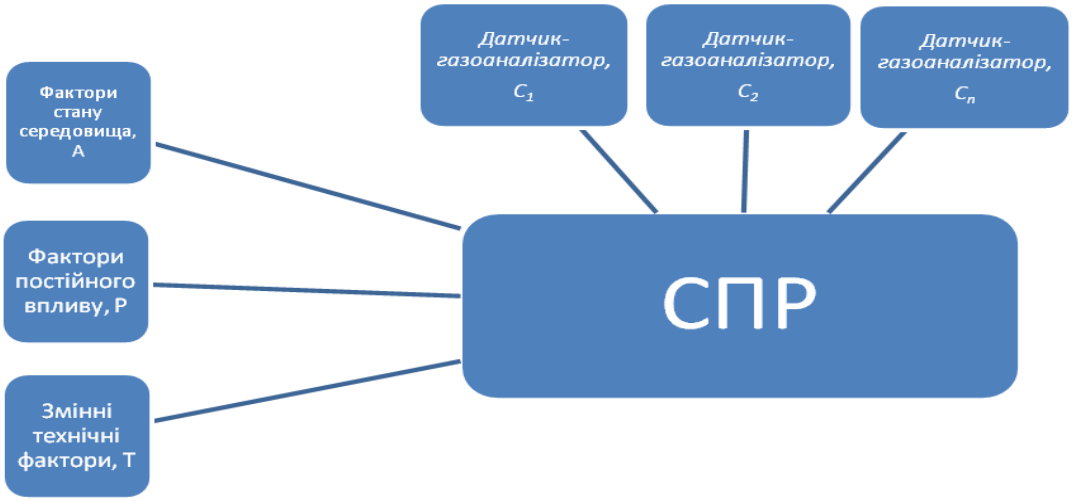
$$C = G\left(C_{датч}, A, P, T\right), \qquad 1.1$$

де:

$A = \left(a_1, a_1, a_1, \ldots, a_n\right)$ - фактори стану середовища;

$P = \left(p_1, p_1, p_1, \ldots, p_n\right)$ - фактори постійного впливу;

$T = \left(t_1, t_1, t_1, \ldots, t_n\right)$ - технічні фактори.



Процес розв'язання задачі ідентифікації (1.1) має декілька етапів. На першому з них необхідно визначити вид залежності (1.1) або розв'язати задачу структурної ідентифікації. Зважаючи на значну кількість аргументів шуканої залежності та їх представлення, розв'яжемо її з використанням нейронних мереж. Враховуючи той факт, що висновки експертів задаються нечітко, а також є суперечливими, необхідно здійснювати оптимізацію параметрів моделі, або, що те ж саме, розв'язувати задачу параметричної оптимізації. Традиційними є дві відповідні технології: визначення оптимальних значень за допомогою градієнтних методів навчання нейромереж і еволюційних методів оптимізації.

Ідентифікація залежності (1.1) не може бути практично здійсненою з достатньою точністю, оскільки на результуючу характеристику впливають крім перерахованих аргументів ще і значна кількість додаткових та випадкових факторів.

Продукційна модель, або модель, що базується на правилах, є однією з моделей представлення знань. Вона дозволяє представити знання у вигляді висновків типу: «Якщо (умова), То (дія)». Умовою (антецедентом) є деяке речення-зразок, за яким здійснюється пошук в базі знань, а дією (консеквентом) — дії, що виконуються при успішних результатах пошуку. Умови, що описують поточний стан бази знань, розміщуються в робочій пам'яті. Виконувані дії можуть бути проміжними і визначати умови для наступних дій, які утворюють конфліктну множину продукційної системи. Виведення в такій базі знань може бути прямим (від даних), або зворотним (від цілі до даних). Даними є вихідні факти, що надходять в робочу пам'ять (базу фактів), на основі яких запускається машина виводу, що здійснює цикл «розпізнавання-дія», перебираючи правила з продукційної бази знань.

База знань у продукційній моделі – це сукупність бази фактів і бази правил. Кожне продукційне правило в базі знань втілює автономну частину експертних знань, одержаних безпосередньо від експерта або з використанням методів автоматичного „видобування" знань. Окреме продукційне правило може бути розроблене та модифіковане незалежно від інших правил. При спільному застосуванні правил та використанні машини виведення (частині експертної системи, яка відповідає за виведення нових знань з існуючих) правила синергетично продукують нові знання, визначаючи кращий результат, ніж результати застосування окремих правил. У дійсності правила бази знань не є незалежними, але і швидко стають взаємозалежні. Так, додавання нового правила може конфліктувати з існуючими правилами і вимагатиме перегляду атрибутів або правил.

Продукційні моделі найчастіше використовуються в промислових експертних системах. У медичній експертній системі правила „if…then" можуть використовуватися для встановлення взаємозв'язків між симптомами і діагнозами. Під час виведення реальний симптом зіставляється з тим, які є в лівих частинах правил, і в разі збігу права частина відповідного правила вважається можливим діагнозом. Якщо є інші правила, що містять у лівих частинах отриманий можливий діагноз, то він розглядається як проміжний симптом. У цьому випадку здійснюється подальше виведення, яке триває доти, доки не буде отримано результат, з якого вже нічого не можна вивести. Якщо більше немає правил, на основі яких можна зробити виведення з отриманого можливого діагнозу, то він розглядається як «остаточний». На будь-якому кроці такого виведення може виявитися кілька застосовних правил і тоді породжується дерево виведення, що визначає множину діагнозів.

Перевагами продукційних моделей є відносна простота, наочність, висока модульність, легкість до внесення змін та доповнень, простота схеми логічного висновку. Ім'я продукції — унікальний ідентифікатор, що визначається сукупністю букв або дозволених мовою представлення знань символів, та єдиним способом визначає продукцію у системі. Найчастіше продукція задається за допомогою ідентифікаційного номеру.

Умовою застосування ядра продукції є логічний вираз (як правило, предикат), за допомогою якого активізується ядро продукції: якщо він істинний, ядро активізується, у протилежному випадку – ні.

Ядро продукції – центральний компонент продукції. Як правило, ядро продукції має вигляд речення-правила "Якщо A, то B ", де A і B – деякі логічні вирази. Знак логічної

секвенції має зміст логічного виведення із істинного. У базах знань інтелектуальних систем умова ядра виступає також як деяке речення-зразок, логічний вираз, за яким здійснюється пошук у базі знань. Висновок ядра визначається як дія, процедура, яка виконується при успішному завершенні пошуку.

Післяумова продукції містить опис процедур, які необхідно виконати у разі реалізації ядра продукції (тобто, коли воно є істинним). У нечітких продукційних системах представлення знань кожне з правил продукцій може додатково мати параметризовану кількісну оцінку міри істинності правила, яка формально знаходиться в базі знань. Існує велика кількість програмних засобів, в яких реалізовано продукційні моделі.

З урахуванням вищевказаного, експертні висновки про концентрацію хімічних речовин загальному є такими:

$$\begin{aligned}
&\textit{Якщо } X_1 = a_{11} \,\&\, X_2 = a_{12} \,\&\ldots\&\, X_n = a_{1n} \textit{ з вагою } w_1, \textit{ то } Y = y_1,\\
&\textit{інакше, якщо } X_1 = a_{21} \,\&\, X_2 = a_{22} \,\&\ldots\&\, X_n = a_{2n} \textit{ з вагою } w_2, \textit{ то } Y = y_2, \qquad (1.2)\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\textit{інакше, якщо } X_1 = a_{m1} \,\&\, X_2 = a_{m2} \,\&\ldots\&\, X_n = a_{mn} \textit{ з вагою } w_m, \textit{ то } Y = y_m.
\end{aligned}$$

У продукційній моделі (1.2) $(X_1, X_2, ..., X_n)$– параметри, що мають значення $(a_{ij})_{i=1}^{m}{}_{j=1}^{n}$, і які впливають на значення $y_k,\ k=\overline{1,m},$ результуючої характеристики Y. Такими параметрами можуть бути тип температура повітря, вологість, тиск, швидкість та напрям вітру, наявність чи відсутність осадів тощо, а результуючою характеристикою – концентрація хімічної речовини в повітрі. Очевидно, що продукційні моделі природно відображають висновки експертів, виходячи із ситуації, що склалася.

Експертні висновки об'єктивізують за допомогою інтервального представлення або визначення лінгвістичних змінних і побудови функцій належності. Якщо експерти впевнені в тому, що значення параметра знаходяться серед чисел інтервалу $[a,b]$ без переваг, то достатньо вибрати інтервальне представлення інформації. Використання трикутних функцій належності є раціональним у тому випадку, коли відсутня постійна значна впевненість у тому, що значення фактора належить деякому інтервалу. Для представлення таких функцій достатньо двох параметрів, оскільки значення фактора $X_i \in (c-a, c+a)$, де c– значення, впевненість в отриманні якого є найбільшою.

Експертні висновки для групових факторів впливу є такими:

Модель для факторів стану середовища:

$$\begin{aligned}
&\textit{Якщо } a_1 \in K_1 \,\&\, a_2 \in N_1 \,\&\, a_3 \in M_1 \,\&\ldots\&\, a_n \in L_1, \textit{то } A \in R_1,\\
&\textit{інакше, якщо } a_1 \in K_2 \,\&\, a_2 \in N_2 \,\&\, a_3 \in M_2 \,\&\ldots\&\, a_n \in L_2, \textit{то } A \in R_2,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\textit{інакше, якщо } a_1 \in K_m \,\&\, a_2 \in N_m \,\&\, a_3 \in M_m \,\&\ldots\&\, a_n \in L_m, \textit{то } A \in R_m,
\end{aligned}$$

де K_i, N_i, M_i, L_i, R_i - нечіткі множини з функціями належності $\mu_{K_i}, \mu_{N_i}, \mu_{M_i}, \mu_{L_i}, \mu_{R_i}, i=\overline{1,m}, m$- кількість припущень експерта про співвідношення факторів стану середовища.

Якщо певні варіанти співвідношень є більш або менш можливими, тоді:

$$\begin{aligned}
&\textit{Якщо } a_1 \in K_1 \,\&\, a_2 \in N_1 \,\&\, a_3 \in M_1 \,\&\ldots\&\, a_n \in L_1, \textit{то } A \in R_1, \textit{з вагою } \omega_1,\\
&\textit{інакше, якщо } a_1 \in K_2 \,\&\, a_2 \in N_2 \,\&\, a_3 \in M_2 \,\&\ldots\&\, a_n \in L_2, \textit{то } A \in R_2, \textit{з вагою } \omega_2,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\
&\textit{інакше, якщо } a_1 \in K_m \,\&\, a_2 \in N_m \,\&\, a_3 \in M_m \,\&\ldots\&\, a_n \in L_m, \textit{то } A \in R_m, \textit{з вагою } \omega_m,
\end{aligned}$$

Модель для факторів постійного впливу:

$$\begin{aligned}&\text{Якщо } p_1 \in D_1 \,\&\, p_2 \in F_1 \,\&\, p_3 \in G_1 \,\&\ldots\&\, p_n \in H_1, \text{то } P \in I_1,\\ &\text{інакше, якщо } p_1 \in D_2 \,\&\, p_2 \in F_2 \,\&\, p_3 \in G_2 \,\&\ldots\&\, p_n \in H_2, \text{то } P \in I_2,\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ &\text{інакше, якщо } p_1 \in D_m \,\&\, p_2 \in F_m \,\&\, p_3 \in G_m \,\&\ldots\&\, p_n \in H_m, \text{то } P \in I_m,\end{aligned}$$

де D_i, F_i, G_i, H_i, I_i - нечіткі множини з функціями належності $\mu_{D_i}, \mu_{F_i}, \mu_{G_i}, \mu_{H_i}, \mu_{I_i}, i = \overline{1,m},$ m- кількість припущень експерта про співвідношення факторів стану середовища.

Якщо певні варіанти співвідношень є більш або менш можливими, тоді:

$$\begin{aligned}&\text{Якщо } p_1 \in D_1 \,\&\, p_2 \in F_1 \,\&\, p_3 \in G_1 \,\&\ldots\&\, p_n \in H_1, \text{то } P \in I_1, \text{з вагою } \omega_1,\\ &\text{інакше, якщо } p_1 \in D_2 \,\&\, p_2 \in F_2 \,\&\, p_3 \in G_2 \,\&\ldots\&\, p_n \in H_2, \text{то } P \in I_2, \text{з вагою } \omega_2,\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ &\text{інакше, якщо } p_1 \in D_m \,\&\, p_2 \in F_m \,\&\, p_3 \in G_m \,\&\ldots\&\, p_n \in H_m, \text{то } P \in I_m, \text{з вагою } \omega_m,\end{aligned}$$

Модель для технічних факторів впливу:

$$\begin{aligned}&\text{Якщо } t_1 \in O_1 \,\&\, t_2 \in Q_1 \,\&\, t_3 \in S_1 \,\&\ldots\&\, t_n \in V_1, \text{то } T \in B_1,\\ &\text{інакше, якщо } t_1 \in O_2 \,\&\, t_2 \in Q_2 \,\&\, t_3 \in S_2 \,\&\ldots\&\, t_n \in V_2, \text{то } T \in B_2,\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ &\text{інакше, якщо } t_1 \in O_m \,\&\, t_2 \in Q_m \,\&\, t_3 \in S_m \,\&\ldots\&\, t_n \in V_m, \text{то } A \in B_m,\end{aligned}$$

де O_i, Q_i, S_i, V_i, B_i - нечіткі множини з функціями належності $\mu_{O_i}, \mu_{Q_i}, \mu_{S_i}, \mu_{V_i}, \mu_{B_i}, i = \overline{1,m},$ m- кількість припущень експерта про співвідношення факторів стану середовища.

Якщо певні варіанти співвідношень є більш або менш можливими, тоді:

$$\begin{aligned}&\text{Якщо } t_1 \in O_1 \,\&\, t_2 \in Q_1 \,\&\, t_3 \in S_1 \,\&\ldots\&\, t_n \in V_1, \text{то } T \in B_1, \text{з вагою } \omega_1,\\ &\text{інакше, якщо } t_1 \in O_2 \,\&\, t_2 \in Q_2 \,\&\, t_3 \in S_2 \,\&\ldots\&\, t_n \in V_2, \text{то } T \in B_2, \text{з вагою } \omega_2,\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ &\text{інакше, якщо } t_1 \in O_m \,\&\, t_2 \in Q_m \,\&\, t_3 \in S_m \,\&\ldots\&\, t_n \in V_m, \text{то } T \in B_m, \text{з вагою } \omega_m,\end{aligned}$$

Таким чином, знаючи експертні висновки про величину впливу групових факторів можна визначити концентрацію хімічної речовини в залежності від значення групових факторів впливу та значення концентрації $C_{датч}$:

$$\begin{aligned}&\text{Якщо } A \in R_1 \,\&\, P \in I_1 \,\&\, T \in B_1 \,\&\, C_{датч} \in Z, \text{то } C \in Y_1,\\ &\text{інакше, якщо } A \in R_2 \,\&\, P \in I_2 \,\&\, T \in B_2 \,\&\, C_{датч} \in Z, \text{то } C \in Y_2,\\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ &\text{інакше, якщо } A \in R_m \,\&\, P \in I_m \,\&\, T \in B_m \,\&\, C_{датч} \in Z, \text{то } C \in Y_m,\end{aligned}$$

Розглядаючи продукційні правила та відповідні функції належності, робимо висновок про можливі дві ситуації, які виникатимуть при визначенні параметрів роботи системи. У

першій з них параметри функцій належності відомі і результуючі дані будемо знаходити, виходячи із принципу узагальнення Заде та логічних висновків у формі Мамдані та Сугено [7, 8, 9, 10]. Якщо є параметри є невідомими, то необхідно використовувати нейро-нечіткі мережі [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17] та здійснювати оптимізацію їх параметрів з ціллю об'єктивізації суб'єктивних висновків.

Висновки. Безперечно актуальною є розробка такої системи раннього виявлення надзвичайних ситуації, яка б давала змогу виявляти можливість виникнення надзвичайної ситуації враховуючи значення початкових відхилень параметрів технологічних процесів, зовнішні фактори навколишнього середовища тощо. Подальшими перспективами досліджень вбачаються розробка структури та моделей роботи бази даних систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» //Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, N 15, ст.73
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 11 липня 2002 р. N 956 «Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки
3. Наказ 15.05.2006 N 288 Про затвердження Правил улаштування, експлуатації та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у разі їх виникнення.
4. Козлов М.Г. Метрология и стандартизация: Учебник М., СПб.: Изд-во «Петербургский ин-т печати», 2001. 372 с.
5. Сигнализатор-анализатор «Дозор - СМ». Руководство по эксплуатации. АГАТ.468514.004-143 РЭ.
6. Левченко А.Д., Левченко Д.Є., Король В.М., Кришталь В.М., Землянський О.М., Землянський О.М. Окремі аспекти комплексних систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій. // Пожежна безпека: теорія і практика: Збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2010. - №5. с. 76-80
7. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем / Ю.П. Зайченко. − К.: Слово, 2004. − 352 с.
8. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / А.Н. Аверкин, И.З. Батыршин, А.Ф. Блишун и др. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
9. Снитюк В.Є. Прогнозування. Моделі, методи, алгоритми / В.Є. Снитюк. – К.: Маклаут, 2008. – 364 с.
10. Takagi T. Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics. − 1985. − Vol. 15. − P. 116-132.
11. Зайченко Ю.П. Нечеткие модели и методы в интеллектуальных системах / Ю.П. Зайченко. − К.: Слово, 2008. − 344 с.
12. Колесников А.В. Методология и технология решения сложных задач методами функциональных гибридных интеллектуальных систем / А.В. Колесников, И.А. Кириков. – М.: ИПИ РАН, 2007. – 387 с.
13. Сетлак Г. Интелектуальные системы поддержки принятия решений / Г. Сетлак. – К.: Логос, 2004. – 251 с.
14. Ярушкина Н.Г. Нечеткие нейронные сети / Н.Г. Ярушкина // Новости искусственного интеллекта. – 2001. – № 3. – С. 47-51.
15. Buckley J.J. Fuzzy neural networks: A survey / J.J. Buckley, Y. Hayashi // Fuzzy Sets and Systems. – 1994. – Vol. 66. – P. 1-13.
16. Jang J.-S. R. ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference System / J.-S. R. Jang // IEEE Trans. Systems & Cybernetics. − 1993. − Vol. 23.− P. 665−685.
17. Von Altrock C. Fuzzy Logic & Neuro-Fuzzy Applications Explained / C. von Altrock. – New Jersey: Prentice Hall PTR. – 1995. – 350 p.

ABSTRACTS / АННОТАЦИИ

UDC 614.841.41: 691.11

Y.Gorbachenco, O. Tishcenko, PhD of Technical sciences

INVESTIGATION DEPORTMENT WOOD BEAM EXTINGUISHING WITH BY INFLUENCE FIRE

The article deals deportment wood beam extinguishing with by influence fire. Experimental research fire of influence fragment wood beam extinguishing with by influence fire at condition fire removal result test.

Keywords*:* the limit of fire resistance, deportment, extinguishing.

УДК 614.841.41: 691.11

Я. Горбаченко, О. Тищенко, к.т.н., доц.

ИСЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК С ОГНЕЗАЩИТОЙ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА

Статья посвящена поведению деревянных балок с огнезащитой в условиях пожара. Высветленные результаты огневых испытаний фрагментов деревянных балок при стандартном температурном режиме пожара.

Ключевые слова: огнезащита, огнестойкость, огневые испытания.

UDC 614.842

A. Berezovsky, PhD of Technical sciences

OPTIMIZATION OF COMPONENT COMPOSITION OF FIREPROOFING VIBRATION-RESISTANT COVERING OF METAL STRUCTURES

The optimization of component composition of fireproofing vibration-resistant covering of metal structures was released. The researches that were analyzed by mathematical planning of experiment allowed to define pattern of influence of correlation of components in matrix on inflammability (KI), coefficient of flatulence (Kc) and strength of flatulence layer (F) of developed covering. These components can be used during regulation of characteristics of new fireproofing vibration-resistant coverings.

УДК 614.842

А.И. Березовський, к.т.н.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ОГНЕЗАЩИТНОГО ВИБРОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦІЙ

Проведена оптимизация компонентного состава огнезащитного вибростойкого покрытия металлических конструкций. Проведенные методом математического планирования эксперимента исследования позволили установить закономерности влияния соотношения компонентов в матрице на горючесть (КИ), коэффициент вспучивания (Кс) и прочность вспученного слоя (F) разработанного покрытия и использовать их при регулировании характеристик новых огнезащитных вибростойких покрытий.

UDC 614.84

V. Gvozd, PhD of Technical sciences, D. Lagno, I. Chernysh

AREAS OF IMPROVEMENT OF OPERATIVE DISPATCHER RADIO SYSTEMS OF FIRE RESCUE UNITS

This investigation deals with analysis of lacks of the systems of private mobile radio (PMR) which are utillized by rescue service. The review of possible ways of increase of tactical-technical characteristics of the convention systems of PMR is given. It is marked necessity of modernization of these systems of PMR.

УДК 614.84

В.М. Гвоздь, к.т.н., доц., Д.В. Лагно, І.А. Черниш

НАПРАВЛЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКИХ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Представлены основные направления совершенствования оперативно-диспетчерских систем радиосвязи пожарно-спасательных подразделений. Главным направлением работы выбран поиск путей совершенствования конвенциональных систем радиосвязи, как таковых что является основным средством оперативной радиосвязи пожарно-спасательных подразделений.

UDC 621.316

V. Gvozd, PhD of Technical sciences, Y. Tishchenko, PhD of Technical sciences, A. Barakin, PhD of Technical sciences, A. Marchenko

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS AND STRUCTURED SCHEMES OF HIGH-SPEED CONTACTLESS ELECTRICAL PROTECTION SYSTEM

The paper presents issues of improving fire and technogenic safety of industrial electrical installations. A comprehensive analysis of existing protection systems for electrical networks installations has been produced. Increased fire and technogenic safety is achieved through the development of high-speed integrated contactless security systems that control all possible emergency regimes arising in the course of their work.

УДК 621.316

В.М. Гвоздь к.т.н., доц., Є.О. Тищенко к.т.н., доц., О.Г. Баракін, к.т.н., доц., А.П. Марченко

РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ТА СТРУКТУРНИХ СХЕМ ШВИДКОДІЮЧИХ БЕЗКОНТАКТНИХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

В статті розглянуто питання підвищення пожежної та техногенної безпеки промислового електрообладнання. Проведено всебічний аналіз існуючих систем захисту електричних мереж і електроустановок. Підвищення пожежної і техногенної безпеки досягається шляхом розробки комплексних безконтактних швидкодіючих систем захисту, що контролюють всі можливі аварійні режими, що вникають в процесі їх роботи.

UDC 614.84

N. B. Grigoryan, V.D. Polishchuk, P.G. Krukovskii, Doctor Of Engineering Science, S. V. Novak, Cand. Of Sc. (Eng.), Sen. St. Sc

ESTIMATION OF FIRE PROTECTION ABILITY OF REACTIVE FIRE PROTECTION COATING "PHENIX CTC"

Results over of determination of fire protection ability of reactive fire protection coating "PHENIX CTC", got the experimentally-calculation method based on the decision of inverse heat conduction problem. It is shown that the indicated fire protection coating allows to promote the fire-resistance limit of bearing steel structures up to 90 min. The values of minimum thickness of fire protection coating are given, that provide the rationed fire-resistance limits of bearing steel structures in a range from 30 min to 90 min for the set sizes the brought thickness over of metallic profile a from 3 mm to 15 mm and critical steel temperature from 350 °C to 750 °C.

Keywords: fire safety, fire protection coating, fire protection ability, metallic construction, fire-resistance limit, heat conduction problems.

УДК 614.84

М. Б. Григор'ян, В. Д. Полищук, П. Г. Круковський, д.т.н., проф., С. В. Новак, к.т.н., с.н.с.

ОЦІНКА ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ «ФЕНІКС СТС», ЩО СПУЧУЄТЬСЯ

Наведено результати визначення характеристики вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття «Фенікс СТС», що спучується, які отримані експериментально-розрахунковим методом, заснованим на розв'язанні оберненої задачі теплопровідності. Показано, що зазначене вогнезахисне покриття дозволяє підвищити межу вогнестійкості несучих сталевих конструкцій до 90 хв. Надано значення товщини вогнезахисного покриття, які забезпечують нормовані межі вогнестійкості

несучих сталевих конструкцій в діапазоні від 30 до 90 хв для заданих величин зведеної товщини металевого профілю от 3 до 15 мм і критичної температури сталі от 350 до 750 °С.

Ключові слова: пожежна безпека, вогнезахисне покриття, вогнезахисна здатність, металева конструкція, межа вогнестійкості, задачі теплопровідності.

UDC 622 82: 614. 842

V. Kovalyshyn, Doctor of Sciences, professor, V. Kovalchyk, S. Honcharenko

SUBSTANTIATION AND CALCULATION OF PARAMETERS OF EXTINGUISHING FIRE BY INERT GASES WITH THEIR SUBSEQUENT RECIRCULATION IN CABLE TUNNELS

The article provides a method of calculating parameters of extinguishing fire on the basis of theoretical and experimental studies in laboratory and ground conditions. The studies examined dynamics of inert gases being absorbed by channel walls, as well as temperature dynamics and efficiency of influence of nitrogen and carbon dioxide on combustion source followed by recirculation of fire gases.

A computer method of substantiating parameters of effective fire extinguishing by nitrogen or carbon dioxide, followed by recirculation of fire gases has been elaborated. It allows us to observe graphically the temperature dynamics both with and without applying inert gas.

Range of application and tactical technical ability to influence combustion source by nitrogen or carbon dioxide followed by recirculation of fire gases have been defined. The range includes isolated and semi-insulated extensive units, cable tunnels, corridors and building compartments for various purposes, underground horizontal or tilted up to 10 degrees mine workings, and other similar facilities in case of occurring and extinguishing fires.

It was found that the inert gas supply must be carried out at a distance of no more than 40 m from the combustion zone. Scope of applying inert gases significantly expands during further recirculation of fire gases which allows economical supply of inert gas.

Keywords: fire extinguishing, inert gases, recirculation, cable tunnels.

УДК 622 82: 614. 842

Ковалышин В.В., д.т.н., проф., Ковальчик В.М., Гончаренко С.И.

ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА ИНЕРТНЫМИ ГАЗАМИ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ИХ РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ В КАБЕЛЬНЫХ ТУННЕЛЯХ

Разработана методика расчёта параметров тушения пожара на основании результатов теоретических и экспериментальных исследований в лабораторных и полигонных условиях динамики инертных газов при их поглощении стенками канала, динамики температры и эффективности воздействия на очаг горения азотом и диоксидом углерода с последующей рециркуляцией пожарных газов.

Разработан компьютерный метод обоснования параметров эффективного тушения пожара азотом или диоксидом углерода с последующей рециркуляцией пожарных газов, позволяющий в наглядном графическом виде наблюдать динамику температуры, как без подачи, так и при подаче инертного газа

Определены область применения и тактико-технические возможности воздействия на очаг горения азотом или диоксидом углерода с последующей рециркуляцией пожарных газов. Это изолированные и полуизолированные протяжённые объекты: кабельные туннели, коридоры и отсеки зданий различного назначения, подземные горизонтальные или наклонные до 10 градусов горные выработки и прочие аналогичные объекты при возникновении и тушении пожаров.

Установлено, что подача инертных газов должна производиться на расстояние не далее 40 м от зоны горения. Область применения инертных газов значительно расширяется при организации последующей рециркуляции пожарных газов, что позволяет экономно расходовать инертный газ.

Ключевые слова: тушение пожаров, инертные газы, рециркуляция, кабельные туннели.

UDC 614.84

V. V. Kovalyshyn

TESTING OF HEAT TRANSFER RATE ALARM DEVICE FOR FIREFIGHTER'S PROTECTIVE CLOTHING

The paper presents statistics on injuries and deaths of firefighters on duty in Ukraine. A mathematical model for determining the heat transfer rate on the different types of model fires is developed. According to the model characteristic curves for different heat transfer rates (flame height, combustion temperature, torch-like flame front, location of the device sensors, angle of the torch are taken into account). Field testing of individual heat transfer rate alarm devices for protective clothing of different types is held with the involvement of a dummy and a test person.

Key words: safe operation coefficient, heat transfer rate, heat transfer rate alarm device, firefighter's protective clothing.

УДК 614.84

Ковалышин В. В.

ИСПЫТАНИЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО СИГНАЛИЗАТОРА ОПАСНОГО УРОВНЯ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ДЛЯ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ СТП-02

В работе представлены статистические данные по травматизму и гибели пожарных при исполнении служебных обязанностей. С использованием математической модели построены графики плотности теплового потока на пожары с учетом различных условий: высоты пламя, температуры горения, размещения датчиков, смены тепловых потоков под влиянием наклона факела. Проведены полигонные испытания индивидуальных сигнализаторов о достижении критических параметров тепловых потоков для защитной одежды различного типа с использованием манекена и испытателя.

Ключевые слова: коэффициент безопасной работы, плотность теплового потока, сигнализатор теплового потока, защитная одежда пожарного.

UDC 614.841.332

A. Kovaliov, PhD in Engineering, senior research associate, Ye. Kachkar, PhD in Engineering, associate professor, N. Zobenko, Yu. Dolishnii

EXPERIMENTAL STUDIES OF FIREPROOF CAPABILITY OF "AMOTHERM STEEL WB" IN TEMPERATURE CONDITIONS OF HYDROCARBON FIRE

The results of fire tests of steels covered by fire retarding material "Amotherm Steel Wb" in hydrocarbon fire temperature conditions are presented. Difficulties that appear during reproduction of such conditions are demonstrated. On the basis of obtained data (temperature from unheated surface of metal sheet) there are determined the thermal characteristics of created coating that depend on temperature and fireproof capability characteristic of coating, that has been researched. It is found out the relation between thickness of intumescent fire retardant coating "Amotherm Steel Wb" and metal sheet thickness. The necessary minimum thicknesses of such coating for supporting the terms of fire-resistance time of metal sheet of 30 minutes are calculated. These terms are restricted by regulatory requirements of fire safety.

УДК 614.841.332

А.И. Ковалев, к.т.н., с.н.с., Е.В. Качкар, к.т.н., доц., Н.В. Зобенко, Ю.В. Долишний

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОКРЫТИЯ «AMOTHERM STEEL WB» ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО ПОЖАРА

Приведены результаты огневых испытаний стальных пластин, покрытых огнезащитным составом «Amotherm Steel Wb» при температурном режиме углеводородного пожара. Показаны трудности, возникающие при воспроизведении такого режима в печи. На основании полученных данных (температуры с необогреваемой поверхности металлической пластины), определены теплофизические характеристики покрытия, зависящие от температуры, и характеристику огнезащитной способности исследуемого покрытия. Выявлена взаимосвязь между толщиной вспучивающегося огнезащитного покрытия «Amotherm Steel Wb» и толщиной металлической конструкции, а также рассчитаны

необходимые минимальные толщины такого покрытия для обеспечения регламентированных нормативными требованиями пожарной безопасности значений предела огнестойкости металлической конструкции 30 минут.

UDC 614.84

A. Kulinich, Cand. Of Sc. (Eng), Olexandr Zemlaynskiy, Cand. Of Sc. (Eng), Oleg Zemlaynskiy

SELF-IMPROVEMENT SCHEMES INDUCTION MOTOR WITH SHORT-TERM VOLTAGE DISAPPEARANCE

Authors given by schematic diagram and described her work that with the advent of voltage automatically performs self-induction motor and provides recovery operation without staff intervention.

УДК 614.84

А.Н. Кулинич, к.т.н., доц., А.Н. Землянский, к.т.н., О.Н. Землянский

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ САМОЗАПУСКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ ИСЧЕЗНОВЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ

Приводится описание разработанной авторами принципиальной электрической схемы, при появлении напряжения в сети, после кратковременного исчезновения автоматически осуществляет самозапуск асинхронного двигателя и обеспечивает восстановление работы без вмешательства персонала.

UDC 614.841

T. V. Maglevanaya, Cand. Of Sc

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF AQUEOUS EXTINGUISHING AGENTS GUANIDINE SERIES

Reducing the amount of extinguishing agent can be achieved by introducing into the water small amounts of surfactants and water soluble polymers. Noteworthy is the use as an additive to improve the fire-extinguishing properties of water polymer substance polyhexamethyleneguanidine chloride, which belongs to the class IV toksichnosti.

Key words: water, polyhexamethylene guanidine chloride, polyhexamethylene guanidine phosphate, wettability, viscosity, polyelectrolytes.

УДК 614.841

Т.В. Маглеваная, к.х.н., доц.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДНИХ ОГНЕТУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ ГУАНИДИНОВОГО РЯДА

Уменьшение количества огнетушащего вещества может быть достигнуто за счет введения в состав воды небольших количеств поверхностно-активных веществ и водорастворимых полимеров. Заслуживает внимания использование в качестве добавки для улучшения огнетушащих свойств воды, полимерного вещества, полигексаметиленгуанидин хлорида, который относится к IV классу токсичности.

Ключевые слова: вода, полигексаметиленгуанидин хлорид, полигексаметиленгуанидин фосфат, смачиваемость, вязкость, полиэлектролиты.

UDC 614.8

O. Miroshnik, Cand.OfSc (End), O. Zemlaynskiy, Cand.OfSc (End)

ANALYSIS OF WAYS AND MEANS TO DE-ENERGIZE RESIDENTIAL BUILDINGS

In the article the analysis of the ways and means to de-energize residential buildings. Analyzed ways to accomplish inputs of electrical networks in residential buildings. Peculiarities emergency shut off in case of fire in the residential sector by cutting the current-carrying wire and cables. Lighted conditions of use of the manual mechanical and namechange tool that is used by fire and rescue departments for emergency shut off, pointed out the advantages to the disadvantages.

Conclusions are drawn regarding the effectiveness of the use of insulated tools for cutting stranded wires and indicated a promising path for future research.

УДК 614.8

О.Н. Мирошник, к.т.н., О.Н. Землянский, к.т.н.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ОБЕСТОЧИВАНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

В статье осуществлен анализ способов и средств обесточивания жилых зданий. Проанализированы способы выполнения вводов электрических сетей в жилых зданиях. Рассмотрены особенности аварийного обесточивания при пожаре в жилом секторе путем перерезания токоведущих жил проводов и кабелей. Указаны условия применения ручного механизированного и немеханизированного инструмента, который используется пожарно-спасательными подразделениями для аварийного обесточивания, указано на преимущества та недостатки. Сделаны выводы относительно эффективности использования диэлектрического инструмента для перерезания многожильных проводов и указаны перспективные пути дальнейшего исследования.

UDC 614.843(075.32)

I. Pasnak, Cand. Of Sc. (Eng)

MOVEMENT ROUTE OPTIMIZATION OF FIRE VEHICLE TO THE CALL PLACE IN CONSIDERATION OF NETWORK OF STREETS CHARACTERISTICS

Found that today not exhaustively studied the issue of choosing the optimal route of the fire truck with the parameters of the road network. Suggested for predicting the duration of follow fire-rescue unit to place a call and the cost of this travel arrangement taking into account the characteristics of the road network. To optimize the routes of fire engines developed a simulation model for selecting optimal routes criteria smallest length and minimum costs adherence to local calls.

УДК 614.843(075.32)

И.В. Паснак, к.т.н.

ОПТИМИЗАЦИЯ МАРШРУТА СЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ ДО МЕСТА ВЫЗОВА С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Установлено, что сегодня недостаточно исчерпывающе изучен вопрос выбора оптимального маршрута движения пожарного автомобиля с учетом параметров улично-дорожной сети. Предложены зависимости для прогнозирования продолжительности следования пожарно-спасательного подразделения к месту вызова и расходов на этот проезд с учетом особенностей устройства улично-дорожной сети. Для оптимизации маршрутов движения пожарного автомобиля разработана имитационная модель выбора оптимальных маршрутов по критериям наименьшей продолжительности и минимальных затрат на следование к месту вызова.

UDC 624.012

S.V. Pozdeyev, Doctor Of Engineering Science

RESEARCH OF BEHAVIOR OF A REINFORCED CONCRETE WALL IN THE CONDITIONS OF A FIRE BY MEANS OF A METHOD OF FINITE ELEMENTS

In the article presents information about parameters of the stress-strain state and about the mechanism of failure of reinforced concrete wall under fire exposure to the standard temperature conditions.

УДК 624.012

Поздеев С.В., д.т.н., доц.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ СТЕНЫ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КОНЦЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В статье приведены сведения о параметрах напряженно-деформированного состояния и механизма разрушения железобетонной стены в условиях воздействия пожара со стандартным температурным режимом.

УДК 614.841

V.D. Khalikov, V.V. Kokorin, Candidate of Technical Sciences, E.A. Kontoboytsev, Candidate of Pedagogical Science, assistant professor

THE IMPACT OF LIQUID SPILLAGE AREA ON THE THERMAL RADIATION INTENSITY

In case of the apparatus destruction it is determined the area of Euro-92 gasoline spillage by experimental and computational methods. It is established that the spillage area depends directly on the spills coefficient. It is represented the thermal radiation intensity allowing to define threshold values unsafe for people. The basic technological pipelines accidents are shown in this article.

Key words: the thermal radiation intensity, the spillage area, the spills coefficient, causes of accidents, the prepared ground, the extent of injury.

УДК 614.841

В.Д. Халіков, В.В. Кокорін, к.т.н., Е.А. Контобойцев, к.пед.н., доц.

ВПЛИВ ПЛОЩІ ВИТІКАННЯ РІДИНИ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Визначена у випадку порушення апарату площа витікання бензину АІ-92 експериментальним та розрахунковим методами. Встановлено, що площа прямо залежить від коефіцієнта витікання. Представлено інтенсивність теплового випромінювання, що дозволяє визначити порогові значення, безпечні для людини. Наведено основні аварії технологічних трубопроводів.

UDC 624.012

S.D. Chipec, O.V. Nekora, Candidate of Technical Sciences, M.O. Kropyva, A.M. Omelchenko

IDENTIFICATION OF COEFFICIENTS OF CONCRETE'S WORK OF REINFORCED-CONCRETE WALL BY RESULTS OF IT'S FIRE RESISTANCE TESTS

The article presents information about results of the identification of coefficients of the concrete's work of reinforced-concrete wall according to its standard fire tests that are part of the initial data for the implementation of an experimental method for assessing the design fire load-bearing walls.

УДК 624.012

Щипец С.Д., Некора О.В., к.т.н., с.н.с., Кропива М.О., Омельченко А.Н.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ РАБОТЫ БЕТОНА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ СТЕНЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЕЕ ИСПЫТАНИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ

В статье приведены сведения о результатах идентификации коэффициента работы бетона железобетонной стены по данным ее стандартных испытаний на огнестойкость, являющихся частью начальных данных для реализации экспериментально-расчетного метода оценки огнестойкости несущих стен.

UDC 614.841

Fedorenko D.S., Cand. Of Sc., Fedorenko S.S., Marchenko A.P., Tishchenko Y., PhD of Technical sciences

SYSTEMATIC MODEL OF TRAINING PROCESS OF GAS-AND-SMOKE DEFENDERS

The systematic model of training process of gas-and-smoke defenders is represented. Use of this model allows to formalize the criterion of efficiency and formulate the task of managing the training process of gas-and-smoke defenders.

УДК 614.841

Федоренко Д.С., к.и.н., Федоренко С.С., Марченко А.П., Тищенко Е.А., к.т.н., доц.

СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ

Представлена системная модель тренировочного процесса газодымозащитников, использование которой позволяет формализовать критерий его эффективности и сформулировать задачу управления процессом тренировки.

UDC. 614.841

T.V Maglevanaya, Cand. Of Sc.

TOXICOLOGICAL ASSESSMENT THAT SORPTION CONCENTRATION OF ARSENIC COMPOUNDS ON SILICA GEL MODIFIED POLYHEXAMETHYLENEGUANIDINE.

By modification of silica gel reagent "Akvaton" active substance is polyhexamethyleneguanidine hydrochloride, designed the layout of the mobile water purification plants in conditions of increased anthropogenic loads.

Key words: polyhexamethyleneguanidine gihlorid, silica gel adsorption, the concentration of arsenic compounds.

УДК 614.841

Т.В. Маглеваная, к.х.н., доц.

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И СОРБЦИОННОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ МЫШЬЯКА НА СИЛИКАГЕЛЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ ПОЛИГЕКСАМЕТИТИЛЕНГУАНИДИНОМ

Путем модификации силикагеля реагентом «Акватон», действующим веществом которого является полигексаметиленгуанидин гидрохлорид, разработан макет мобильной установки для очистки воды в условиях повышенных техногенных нагрузок.

Ключевые слова: полигексаметиленгуанидин гихлорид, силикагель, адсорбция, концентрация, соединения мышьяка.

UDC 004.89:654.948

Bychenko A., Cand. Of. Sc.

MODELING IMPACT OF EXTERNAL FACTORS TO THE SYSTEMS OF THE EARLY DETECTION THREATS OF THE ORIGIN EMERGENCIES

The proposed model of determination impact of external factors to the systems of the early detection threats of the origin emergencies based on expert conclusions.

УДК 004.89:654.948

Быченко А., к.т.н.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА РАБОТУ СИСТЕМ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Предложены модели определения влияния внешних факторов на работу систем раннего выявления чрезвычайных ситуаций на основе экспертных выводов.

АВТОРИ (алфавітний покажчик)

Баракин А.Г. 27
Березовський А.І. 12
Биченко А.О. 117
Гвоздь В.М. 20,27
Горбаченко Я.В. 4
Гончаренко С.І. 39
Григорьян Н.Б. 34
Долішній Ю.В. 53
Землянський Олег М. 61
Землянський Ол-р М. 61,73
Зобенко Н.В. 53
Качкар Є.В. 53
Ковалишин В.В. 39,45
Ковальов А.І. 53
Ковальчик В.М. 39
Кокорин В.В. 93
Контобойцев Е.А. 93
Кропива М.О. 99
Круковский П.Г. 34
Кулініч О.І. 61
Лагно Д.В. 20
Магльована Т.В. 67,112
Марченко А.П. 27,106
Мирошник О.М. 73
Некора О.В. 99
Новак С.В. 34
Омельченко А.М. 99
Полищук В.Д. 34
Тищенко Є.О. 27,106
Тищенко О.М. 4
Черниш І.А. 20
Паснак І.В. 78
Поздєєв С.В. 85
Федоренко Д.С. 106
Федоренко С.С. 106
Халиков В.Д. 93
Щіпець С.Д. 99

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 підчас 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 $Na_2O \cdot 2{,}95SiO_2$ – 3,8%, $CaCl_2$ – 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 м^2 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 Р від використання ГУС буде визначатися за формулою:

$$P = W_B - W_H, \qquad (1)$$

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)	$\mu_н$	К	Θ, кДж/кг	$T_{нп}$, ^{0}С	$T_{кп}$, ^{0}С	κ_v	Θ·10^{11}, Вт/(м·К^4)	ψ
ВПМ-2	1150	0,25	0,23	0,085	0,25	1500	100	500	7	9,6	2,0
ВПМ-2′	1100	0,28	0,29	0,073	0,25	1500	100	510	7	8,5	0,5
СГК-1	950	0,27	0,53	0,043	0,44	3000	150	400	25	9,1	0,5
Эндотерм ХТ-1500	930	0,3	0,46	0,160	0,45	2500	150	400	18	8,0	0,5

Пожежі у житловому секторі є найбільш поширеними у більшості країн світу. Не є виключенням й Україна. За останні роки від 70 до 85% пожеж відбувалось саме у житлових будівлях, на них припадає 95-98% загиблих. Щороку збитки від цих пожеж складають сотні мільйонів гривень. Але ще більшу суму складають побічні збитки. Наприклад, у 2006 році побічні збитки (547067 тис. грн.) перевищували прямі (200552 тис. грн.) більше ніж у 2,7 раз. Згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 2030 від 26 грудня 2003 року, до побічних збитків від пожеж відносяться оцінені у грошовому вираженні витрати на гасіння пожежі (вартість вогнегасних речовин, паливно-мастильних матеріалів тощо), ліквідацію її наслідків (враховуючи соціально-економічні та екологічні втрати), у тому числі на відбудову об'єкту; втрати, зумовлені простоєм у виробництві, перервою в роботі, зміною графіка руху транспортних засобів тощо. Майже 68% загальної кількості побічних збитків припадає саме на пожежі у житловому секторі.

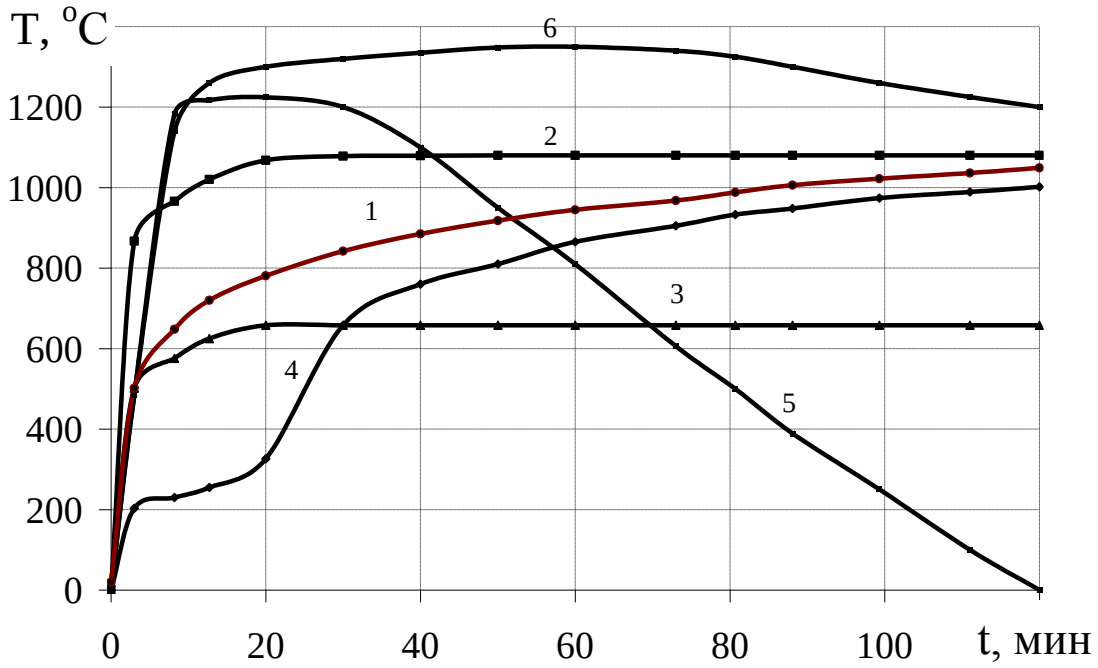


Рисунок 1 - Залежність зміни температури від тривалості вогневого впливу при різних темпах нагріву, де:
1 - стандартна температурна крива по ISO 834 і Держстандарт 30247.0-94;
2 - крива згідно EN 1363-2: 1999;
3 - мінімізована єдина стандартна температурна крива згідно ISO 834;
4 - крива тліючої пожежі 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 ≈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 робот 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. Кірєєв, 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.

ЗРАЗКИ 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	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). 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). 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). 4. Шкляр В. Елементал : [роман] / Василь Шкляр. – Львів : Кальварія, 2005. – 196, [1] с. – (Першотвір).
Два автори	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). 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). 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.
Три автори	1. Акофф Р. Л. Идеализированное проектирование : как предотвратить завтрашний кризис сегодня. Создание будущего организации / Акофф Р. Л., Магидсон Д., Эддисон Г. Д. ; пер. с англ. Ф. П. Тарасенко. – Днепропетровск : Баланс Бизнес Букс, 2007. – XLIII, 265 с.
Чотири автори	1. Методика нормування ресурсів для виробництва продукції рослинництва / [Вітвіцький В. В., Кисляченко М. Ф., Лобастов І. В., Нечипорук А. А.]. – К. : НДІ "Украгропромпродуктивність", 2006. – 106с. – (Бібліотека спеціаліста АПК. Економічні нормативи). 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).

П'ять і більше авторів	1. Психология менеджмента / [Власов П. К., Липницкий А. В., Лущихина И. М. и др.] ; под ред. Г. С. Никифорова. – [3-е изд.]. – Х. : Гуманитар, центр, 2007. – 510с. 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).
Без автора	1. Історія Свято-Михайлівського Золотоверхого монастиря / [авт. тексту В. Клос]. – К. : Грані-Т, 2007. – 119с, – (Грані світу). 2. Воскресіння мертвих : українська барокова драма : антологія / [упорядкув., ст., пер. і прим. В. О. Шевчук]. – К. : Грамота, 2007. – 638, [1] с. 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.
Словники	1. Географія : словник-довідник / [авт. – уклад. Ципін В. Л.]. – Х. : Халімон, 2006. – 175, [1] с. 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. 3. Українсько-німецький тематичний словник [уклад. Н. Яцко та ін.]. – К. : Карпенко, 2007. – 219 с. 4. Європейський Союз : словник-довідник / [ред. – упоряд. М. Марченко]. – 2-ге вид., оновл. – К. : К.І.С., 2006. – 138 с.
Багатотомний документ	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. 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. 3. Дарова А. Т. Неисповедимы пути Господни... : (Дочь врага народа) : трилогия / А. Дарова. – Одесса : Астропринт, 2006 – . – (Сочинения : в 8 кн. /А. Дарова ; кн. 4). 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. 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. 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.

Матеріали конференцій, з'їздів	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. Докучаева. – Х. : Харк. держ. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаева, 2000. – 167 с. 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. 3. Матеріали IX з'їзду Асоціації українських банків, ЗО червня 2000 р. інформ. бюл. – К. : Асоц. укр. банків, 2000. – 117 с. – (Спецвип. : 10 років АУБ). 4. Оцінка й обгрунтування продовження ресурсу елементів конструкцій : праці конф., 6 – 9 черв. 2000 р., Київ. Т. 2 / відп. Ред. В. Т. Трощенко. – К. : НАН України, Ін-т пробл. міцності, 2000. – С. 559– 956, XIII, [2] с. – (Ресурс 2000). 5. Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій : зб. наук, праць / наук. ред. В. І. Моссаковський. – Дніпропетровськ : Навч. кн., 1999. – 215 с. 6. Ризикологія в економіці та підприємництві : 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.
Препринти	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). 2. Панасюк М. 1. 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).
Депоновані наукові праці	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 ВИНИТИ 13.06.02, № 145432. 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.
Атласи	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. 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 / 0. Л. Дроздов, Л. А. Дзяк, В. 0. Козлов, В. Д. Маковецький. – 2-ге вид., розшир, та доповн. – Дніпропетровськ : Пороги, 2005. – 218 с. 3. Куерда Х. Атлас ботаніки / Хосе Куерда ; [пер. з ісп. В. Й. Шовкун]. – Х. : Ранок, 2005. – 96 с.
Законодавчі та нормативні документи	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). 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). 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).

Стандарти	1. Графічні символи, що їх використовують на устаткуванні. Покажчик 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). 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). 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).
Каталоги	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. 2. Пам'ятки історії та мистецтва Львівської області : каталог-довідник / [авт. – упоряд. М. Зобків та ін.]. – Львів : Новий час, 2003. – 160 с. 3. Університетська книга : осінь, 2003 : [каталог]. – [Суми : Унів. кн., 2003]. – 11 с. 4. Горницкая И. П. Каталог растений для работ по фитодизайну / Горницкая И. П., Ткачук Л. П. – Донецк : Лебедь, 2005. – 228 с.
Частина книги, періодичного, продовжу-ваного видання	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. 2. Гранчак Т. Інформаційно-аналітичні структури бібліотек в умовах демократичних перетворень / Тетяна Гранчак, Валерій Горовий // Бібліотечний вісник. – 2006. – № 6. – С. 14–17. 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. 4. Ма Шуін. Проблеми психологічної підготовки в системі фізкультурної освіти / Ма Шуін // Теорія та методика фізичного виховання. – 2007. – № 5. – С. 12–14. 5. Регіональні особливості смертності населення України / Л. А. Чепелевська, Р. О. Моісеєнко, Г. 1. Баторшина [та ін.] // Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. – 2007. – № 1. – С. 25–29. 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. 7. Зеров М. Поетична діяльність Куліша // Українське письменство XIX ст. Від Куліша до Винниченка : (нариси з новітнього укр. письменства) : статті / Микола Зеров. – Дрогобич, 2007. – С. 245–291. 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. 9. Чорний Д. Міське самоврядування : тягарі проблем, принади цивілізації / Д. М. Чорний // По лівий бік Дніпра : проблеми модернізації міст України : (кінець XIX– початок XX ст. / Д. М. Чорний. – Х., 2007. – Розд. 3. – С. 137– 202.

Бібліографічні показчики	1. Куц О. С. Бібліографічний покажчик та анотації кандидатських дисертацій, захищених у спеціалізованій вченій раді Львівського державного університету фізичної культури у 2006 році / О. Куц, О. Вацеба. – Львів : Укр. технології, 2007. – 74 с. 2. Систематизований покажчик матеріалів з кримінального права, опублікованих у Віснику Конституційного Суду України за 1997 – 2005 роки / [уклад. Кирись Б. О., Потлань О. С.]. – Львів : Львів, держ. ун-т внутр. справ, 2006. – 11 с. – (Серія : Бібліографічні довідники ; вип. 2).
Дисертації	1. Петров П. П. Активність молодих зірок сонячної маси : дис.... доктора фіз, -мат. наук : 01.03.02 / Петров Петро Петрович. – К., 2005. – 276 с.
Автореферати дисертацій	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. 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.
Авторські свідоцтва	1. А. с. 1007970 СССР, МКМ^3 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.
Патенти	1. Пат. 2187888 Российская Федерация, МПК H 04 B 1/38, H 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.).
Електронні ресурси	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. Чуєв. – 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. 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. 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.

Наукове видання

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА: ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА

№ 17'2014

Збірник наукових праць

ISSN 2307-9835

Підписано до друку 16.09.2014 р. Обл.-вид. арк. 6,5.
Тираж 100 прим. Замовлення № 67.

Віддруковано у секторі РВР ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ
18034, м. Черкаси, вул. Онопрієнка, 8.