

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

за освітнім ступенем магістра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Підвищення ефективності процесу пожежогасіння в культурно-видовищних закладах шляхом використання високочутливих пожежних сповіщувачів

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу за
освітнім ступенем магістра,
групи ЗМХТ – 17 – 222
галузі знань (спеціальності)

16 «Хімічна та біоінженерія»,

(161«Хімічні технології та інженерія»)

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Мороз В.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник Калугін Д.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Лєвтеров О.А.

(прізвище та ініціали)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Освітній ступінь _____ магістр _____Напрямок підготовки _____ 16 «Хімічна та біоінженерія» _____
(шифр і назва)Спеціальність _____ 161 «Хімічні технології та інженерія» _____
(шифр і назва)**ЗАТВЕРДЖУЮ****Начальник кафедри СХХТ**_____ О.В. Тарахно _____

“ _____ ” _____ 2019 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**Мороза Вадима Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Підвищення ефективності процесу пожежогасіння в культурно-видовищних закладах шляхом використання високочутливих пожежних сповіщувачів»керівник роботи: Калугін Володимир Дмитрович професор кафедри СХХТ, д.х.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “06 ” березня 2019 року № 37

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи _____

3. Вихідні дані до роботи:

1. Кодекс цивільного захисту України
2. Проектно-кошторисна документація
3. Нормативні документи (СНиП, ДСТУ, ДБН, СН, інф. листи та ін.)
4. Описи пожеж, наукова та науково-популярна література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Порівняльна схема спрацювання пожежних сповіщувачів _____
2. Визначення конструкції первинного датчика, хімічного складу чутливої маси _____
3. Вивчення опису і принципу роботи газового пожежного сповіщувача з напівпровідниковим датчиком спіралеподібного типу _____
4. Вивчення динамічних характеристик газового пожежного сповіщувача напівпровідникових датчиком спіралеподібного типу _____
5. Розрахунок температурного режиму та газообміну на початковій стадії пожежі на об'єкті _____

6. Розрахунок ефективності пожежогасіння в приміщеннях з димовими пожежними сповіщувачами
 7. Розрахунок ефективності пожежогасіння в приміщеннях з газовими пожежними сповіщувачами
 8. Порівняльний аналіз ефективності технологій пожежогасіння в приміщеннях з різними схемами пожежної сигналізації
 9. Розрахунок економічної ефективності установки технології пожежогасіння в приміщеннях з різними схемами протипожежної сигналізації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентаційний матеріал на 9 (дев'яти) слайдах

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 3	Гончарова Т.А. викладач каф. У та ОД у СЦЗ		
Розділ 4	Дейнека В.В. доцент каф. СХХТ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Порівняльна схема спрацювання пожежних сповіщувачів	15.03.2019	
2.	Визначення конструкції первинного датчика, хімічного складу чутливої маси	22.03.2019	
3.	Вивчення опису і принципу роботи газового пожежного сповіщувача з напівпровідниковим датчиком спіралеподібного типу	28.03.2019	
4.	Вивчення динамічних характеристик газового пожежного сповіщувача напівпровідникових датчиком спіралеподібного типу	12.04.2019	
5.	Розрахунок температурного режиму та газообміну на початковій стадії пожежі на об'єкті	16.04.2019	
6.	Розрахунок ефективності пожежогасіння в приміщеннях з димовими пожежними сповіщувачами	19.04.2019	
7.	Розрахунок ефективності пожежогасіння в приміщеннях з газовими пожежними сповіщувачами	26.04.2019	
8.	Порівняльний аналіз ефективності технологій пожежогасіння в приміщеннях з різними схемами пожежної сигналізації	30.04.2019	
9.	Розрахунок економічної ефективності установки технології пожежогасіння в приміщеннях з різними схемами протипожежної сигналізації	03.05.2019	
10.	Охорона праці та екологічна безпека	07.05.2019	
11.	Графічна частина	10.05.2019	

Здобувач вищої освіти

В.Ю. Мороз

Керівник роботи

В. Д. Калугін

РЕФЕРАТ

Звіт про ДР : 108 с., 37 рис., 9 табл., 52 джерел, 9 додатків.

Ключові слова: пожежна безпека, пожежний сповіщувач, газовий пожежний сповіщувач, порівняльний аналіз пожежних сповіщувачів за часом спрацювання, напівпровідниковий датчик спіралеподібного типу, ніхромовий сплав, піроліз деревини, продукти піролізу, технологія пожежогасіння, культурно-глядацькі заклади.

Об'єкт досліджень: газові пожежні сповіщувачі, їх склад, принцип дії, та ефективність використання на об'єктах культурно-глядацьких закладів.

Мета роботи: дослідження високочутливих пожежних сповіщувачів та підвищення ефективності технології пожежогасіння в культурно-видовищних закладах шляхом їх використання на прикладі РБК смт. Краснокутськ Харківської області

Стислий зміст роботи та висновки: У роботі проведено обґрунтування вибору найбільш ефективних пожежних сповіщувачів шляхом порівняння різних типів сповіщувачів за часом спрацювання та місць установки. Розглянуто види конструкцій та хімічний склад чутливої маси високочутливих пожежних сповіщувачів. Запропоновано спосіб захисту чутливого елемента пожежного сповіщувача від корозії. Розглянуто опис та принцип дії газового пожежного сповіщувача з напівпровідниковим датчиком спіралеподібного типу. Виконано розрахунок термодинамічного обґрунтування порогів спрацювання газових пожежних сповіщувачів з напівпровідниковим чутливим елементом залежно від концентрації СО. Проведені розрахунки параметрів пожежі і сил та засобів для гасіння умовної пожежі при спрацюванні пожежних сповіщувачів різних типів та показано ефективність технології пожежогасіння з використанням газових пожежних сповіщувачів. Проведено економічний розрахунок та зображено ефективність запропонованих заходів по встановленню газових пожежних сповіщувачів у порівнянні з димовими пожежними сповіщувачами.

Область використання: сучасні технології пожежогасіння.

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		4

ABSTRACT

Report on GW : 108 p., 37 pict., 9 tabl., 52 sources, 9 applications .

Keywords: Fire Security, fire detector, gas fire detector, comparative analysis of fire detectors during operation time, semiconductor sensor of spiral type, non-chromium alloy, pyrolysis of wood, products of pyrolysis, fire extinguishing technology, cultural and observatory institutions.

Object of research : gas fire detectors, their composition, principle of operation, and efficiency of use at objects of cultural and observatory establishments.

The purpose of the work: the study of high-sensitivity fire detectors and the increase of the effectiveness of fire extinguishing technology in cultural and entertainment institutions through their use on the example of RBC smt. Krasnokutsk of the Kharkiv region

Summary of work and conclusions: The paper substantiates the choice of the most effective fire detectors by comparing different types of detectors in the time of operation and installation locations. The types of constructions and the chemical composition of the sensitive mass of highly sensitive fire detectors are considered. The method of protection of a sensitive element of a fire detector from corrosion is offered. The description and principle of operation of a gas fire detector with a semiconductor spiral-type sensor is considered. The calculation of the thermodynamic design of thresholds for the operation of gas fire detectors with a semiconductor sensitive element, depending on the concentration of CO, has been made. Calculations of parameters of fire and forces and means for extinguishing conditional fire at operation of fire detectors of various types are carried out and the efficiency of fire extinguishing technology using gas fire detectors is shown. The economic calculation is carried out and the efficiency of the proposed measures for the installation of gas fire detectors in comparison with smoke detectors is shown.

Scope: modern fire extinguishing technologies.

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ НАЙБІЛЬШ ЕФЕКТИВНИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ ЗА ЧАСОМ СПРАЦЮВАННЯ	12
1.1. Порівняльна схема спрацювання пожежних сповіщувачів	14
1.1.1. Порівняльні дані зарубіжних видань з раннього виявлення вогнищ загоряння за допомогою пожежних сповіщувачів різних типів	27
1.2. Конструкція первинного датчика, хімічний склад чутливої маси	32
1.3. Опис і принцип роботи газового пожежного сповіщувача з напівпровідниковим датчиком спіралеподібного типу	36
1.3.1. Динамічні характеристики газового пожежного сповіщувача з напівпровідниковим датчиком спіралеподібного типу	38
1.4. Температурний режим та газообмін на початковій стадії пожежі на об'єкті	45
1.5. Висновки до розділу	53
РОЗДІЛ 2. ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ПОЖЕЖОГАСІННЯ В РІЗНИХ СХЕМАХ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ	55
2.1. Розрахунок ефективності пожежогасіння в приміщеннях з димовими пожежними сповіщувачами	55
2.1.1. Визначення параметрів розвитку пожежі при спрацюванні димових пожежних сповіщувачів	55
2.1.2. Розрахунок кількості сил та засобів для гасіння пожежі у випадку спрацювання димових пожежних сповіщувачів.	63
2.2. Розрахунок ефективності пожежогасіння в приміщеннях з газовими пожежними сповіщувачами	71

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11				
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	Підвищення ефективності процесу пожежогасіння в культурно-видовищних закладах шляхом використання високочутливих пожежних сповіщувачів	<i>Лім.</i>		<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
Розробив		Мороз В.Ю.						6	108
Перевірив		Калугін В.Д.				ЗМХТ – 17 – 222			
Н.контр.		Скородумова							
Затв.		Тарахно О.В.							

2.2.1. Розрахунок параметрів розвитку пожежі в приміщеннях з газовими пожежними сповіщувачами	71
2.2.2. Розрахунок кількості сил та засобів для гасіння пожежі у випадку спрацювання газових пожежних сповіщувачів	76
2.3. Порівняльний аналіз ефективності технологій пожежогасіння в приміщеннях з різними схемами пожежної сигналізації	82
2.4. Висновки до розділу	83
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УСТАНОВКИ ТЕХНОЛОГІЇ ПОЖЕЖОГАСІННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ З РІЗНИМИ СХЕМАМИ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ	84
3.1. Умови економічних розрахунків	84
3.2. Проведення економічних розрахунків	85
3.3. Порівняльний аналіз отриманих результатів	88
3.4. Висновки до розділу	89
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	90
4.1. Охорона праці	90
4.2. Екологічна безпека	96
ВИСНОВКИ	100
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	101
ДОДАТКИ	108

ВСТУП

Протипожежний захист будинків культури вже давно привертає увагу вчених, архітекторів та спеціалістів пожежної безпеки. Це пояснюється тим, що в театральних-глядацьких будівлях виникає велика кількість пожеж, які не рідко супроводжуються людськими втратами.

Пожежі стали серйозною проблемою в багатьох країнах світу із кожним роком здійснюють все більш негативні дії на економіку і екологію цих країн, все частіше створюючи небезпеку життю та здоров'ю людей.

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої, культурної та іншої діяльності керівників підприємств, установ, організацій і їх працівників і в той час, коли Україна йде по шляху економічної самостійності, вирішуючи глобальні проблеми зовнішньої і внутрішньої політики, культурного і суспільного розвитку, необхідний надійний, поставлений на наукову основу захист народного та історичного надбання від катастроф і стихійних лих.

За 12 місяців 2018 року на спорудах соціально-культурного, громадського та адміністративного призначення кількість пожеж збільшилась на 12,3 %. На цих спорудах виникло 483 пожеж. Прямі матеріальні збитки збільшились на 32,4% і склали 57 млн. 603 тис.грн. Побічні збитки збільшились на 63,0% і склали 80 млн. 479 тис. грн. Унаслідок пожеж на спорудах соціально-культурного, громадського та адміністративно призначення загинуло 3 людей (у 2017 році – 5). Збільшення кількості пожеж на спорудах соціально-культурного, громадського та адміністративно призначення зареєстровано у 7 областях України, а саме: Київській (+107,7%), Полтавській (+100%), Кіровоградській (+ 82,3%), Херсонській (+ 44,4%), Харківській (+ 40,7%), Сумській (+ 8,3%), Одеській (+2,8%).

Приміщення використовують під пожежонебезпечні виробництва з грубими порушеннями вимог пожежної безпеки, що приводить до виникнення пожеж з трагічними наслідками. Можна пригадати багато прикладів виникнення пожеж.

1) Пожежа на даху будівлі Будинку культури «Більшовик», в Києві, в четвер, 17 березня 2011 р. Цього дня близько п'ятої години вечора загорілась будівля

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		8

Будинку культури «Більшовик» у Києві. До приїзду вогнеборців полум'я охопило дах триповерхового будинку площею близько 300 квадратних метрів. На місці події працювали 14 одиниць пожежної техніки з 11 пожежних підрозділів міста, і експертні служби, які встановлюють причину виникнення пожежі. У результаті пожежі ніхто не постраждав.

2) 11 жовтня 2013 року о 23:54 на пункт зв'язку 6-ї державної пожежно-рятувальної частини м. Кам'янець-Подільський Хмельницької області надійшло повідомлення про пожежу у міському будинку культури по вул. Шевченка, 20.

До місця виклику було направлено 3 відділення рятувальників Державної служби України з надзвичайних ситуацій Кам'янець-Подільського гарнізону та добровільні пожежні дружини ТОВ СП «Нібулон» та ПАТ «Подільський цемент».

На момент прибуття пожежно-рятувальних підрозділів вогнем був охоплений коридор будинку культури на площі 70 кв.м.

Рятувальники в складі 3 ланок газодимозахисної служби оперативно ліквідували пожежу в тих розмірах, яких вона набула на момент прибуття пожежно-рятувальних підрозділів, не давши перекинутись полум'ю на інші приміщення.

Завдяки оперативним діям вогнеборців врятовано будівлю міського будинку культури, збудованого на початку ХХ століття.

Причина пожежі та збитки встановлюються.

3) 1 червня 2015 року о 14:48 сталася пожежа у Черкаському музично-драматичному театрі. Пожежа розпочалась у глядацькому залі.

На момент прибуття перших пожежно-рятувальних підрозділів площа пожежі складала 200м². На місці пожежі працювало 17 одиниць пожежної та спеціальної техніки, 206 рятувальників, 62 офіцери та курсанти Інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля (курсантів використовували на допоміжних роботах).

На гасіння було подано 14 стволів для подачі води. через вогонь обвалився другий і третій поверхи. Також було повністю знищено глядацьку залу, а також бетонну покрівлю над ним. Не витримавши температури, вона обвалилася прямо на рятувальників, які в цей час знаходилися в епіцентрі вогняної стихії. Допомога лікарів,

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		9

карети яких чергували у той день на Театральній площі, загалом знадобилася 11 рятувальникам. Чотирьох з них, з ознаками перегріву, було госпіталізовано до лікарні. Сума прямих збитків склала 16 млн. гривень.

Актуальність даної дипломної роботи полягає в забезпеченні захисту населення, навколишнього природного середовища і об'єктів з масовим перебуванням людей від пожеж та розробці рекомендацій щодо покращення стану пожежної безпеки у культурно-глядацьких закладах.

Метою даної дипломної роботи є підвищення ефективності технології пожежогасіння в культурно-видовищних закладах шляхом використання високочутливих пожежних сповіщувачів на прикладі РБК смт. Краснокутськ Харківської області.

В дипломній роботі планується вирішення наступних задач:

- вибору найбільш ефективних пожежних сповіщувачів;
- огляд принципу дії пожежних сповіщувачів;
- вибору конструкції, хімічного складу чутливої маси;
- розрахунок сил та засобів на гасіння умовної пожежі з різними схемами пожежної сигналізації;
- оцінка ефективності запропонованих заходів.

Очікувані результати:

- зменшення кількості пожеж, загиблих і травмованих людей та матеріальних збитків;
- виявлення осередків загорянь на ранніх стадіях, оповіщення про них населення та підрозділів ДСНС України;
- забезпечення вогнегасними речовинами в обсязі, необхідному для локалізації та ліквідації пожеж, подачі води до осередків пожеж від пожежних гідрантів, внутрішніх протипожежних водогонів.
- можливе впровадження даних типів пожежних сповіщувачів в культурно-глядацьких закладах.

Таким чином доводиться актуальність даної дипломної роботи, основною метою якої підвищення ефективності технології пожежогасіння в культурно-

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		10

видовищних закладах шляхом використання високочутливих пожежних сповіс-
вачів на прикладі РБК смт. Краснокутськ Харківської області.

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		11

РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ НАЙБІЛЬШ ЕФЕКТИВНИХ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ ЗА ЧАСОМ СПРАЦЮВАННЯ

Будь-яке загоряння в приміщенні ініціює ряд фізико-хімічних процесів, що викликає радикальна зміна властивостей середовища. Цей факт покладено в основу роботи всіх автоматичних пристроїв виявлення загорянь [2].

Осередок горіння є джерелом виділення газоподібних продуктів горіння, твердих частинок (дим), теплової енергії і електромагнітного випромінювання - від інфрачервоного до ультрафіолетового.

На сьогоднішній день єдиним пристроєм для виявлення пожежі є пожежний сповіщувач (далі ПС). Використовуються такі типи пожежних сповіщувачів: теплові пожежні сповіщувачі; димові пожежні сповіщувачі; пожежні сповіщувачі полум'я; газові пожежні сповіщувачі; комбіновані пожежні сповіщувачі; ручні пожежні сповіщувачі.

Перші пожежні сповіщувачі були розроблені тільки в ХІХ столітті і ґрунтувалися на визначенні зміни (підвищення) температури, тобто, за існуючою класифікацією, були тепловими пожежними сповіщувачами.

В основу роботи вказаних ПС закладені різні ефекти: ефект іонізації або фотоелектричний ефект (димові пожежні сповіщувачі – далі ДПС); фіксування рівня і швидкості росту температури або якогось її певного показника (теплові пожежні сповіщувачі – далі ТПС); використання ультрафіолетового або інфрачервоного випромінювання (пожежні сповіщувачі полум'я); виявлення газоподібних продуктів процесу горіння (газові пожежні сповіщувачі – далі ГПС).

Головне призначення будь-якого методу виявлення пожежі - раннє виявлення загоряння. Необхідно відзначити, що в даній роботі розглядається питання виявлення пожеж за допомогою ПС в приміщеннях культурно-глядацьких закладів. У більшості випадків вибір типу ПС проводиться згідно ДБН В.2.5- 13-98 *. «Інженерне обладнання будинків і спорудженні. Пожежна автоматика будинків і споруд ». При цьому, як правило, перевага віддавалася і віддається саме ПС, так

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		12

як пожежа в культурно-видовищних спорудах зазвичай супроводжується виділенням великої кількості дим, а саме цей тип ПС здатний попередити людей в будівлі про небезпеку. ДПС виявляє дим, проте в деяких випадках інші крім, диму, забруднювачі повітря (пил, сажа і т.д.) можуть викликати помилкове спрацювання ДПС. У цих випадках єдиною альтернативою є використання ТДВ, якщо, зрозуміло, не можна вдатися до пожежного сповіщувача полум'я. Останній, до речі, можна застосувати для вельми специфічних умов, що характеризуються наявністю легкозаймистих рідин або горючих газів; з цієї причини застосування пожежних сповіщувачів полум'я досить обмежена. Використання ТПС також навряд чи можна віднести до розряду вдалих рішень, оскільки поки цей ПС спрацює, пожежа встигне розростися до загрозливих параметрів [7].

Однак, незважаючи на обмеження у використанні і деякі недоліки, за останні два десятиліття найбільшого поширення у всіх країнах світу (і в Україні) в області систем пожежної сигналізації отримали саме димові і теплові пожежні сповіщувачі [8,9]

Для спрацювання пристроїв автоматичної пожежної сигналізації - ПС - необхідний певний пороговий рівень по диму, температурі, інфрачервоного випромінювання. Досить пізно виявлення пожеж пояснюється повільним наростанням рівня даних контрольованих показників до порогових значень.

Необхідно відзначити, що фізичні принципи, які покладені в основу роботи теплових, димових і пожежних сповіщувачів полум'я, забезпечують достовірне виявлення загоряння на стадії інтенсивного високотемпературного окислення або горіння горючого матеріалу з появою відкритого полум'я, що супроводжується сильним зміною фізико-хімічних властивостей газоповітряної середовища в приміщенні. Пожежа на цій стадії носить вже незворотній характер.

З урахуванням вищесказаного достовірним способом виявлення вогнища загоряння і попередження розвитку пожежі є контроль хімічного складу повітря в приміщенні, який різко змінюється через термічного розкладання (піролізу) перегрітих або початих тліти ТГМ [3,4]. У цьому випадку необхідно використовувати ГПС - прилади, які сигналізують про гази, які виділяються при тлінні або горінні

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		13

матеріалів [6]. Вони призначені для виявлення початкової стадії пожежі - тління ТГМ, газоподібні продукти якої виявляються при використанні існуючих пожежних сповіщувачів (теплових, димових, полум'я).

В Україні питанням розробки та використання ГПС не приділяється належної уваги - практично відсутні наукові публікації, патенти, не впорядкована нормативна база.

Використання ГПС для раннього виявлення загоряння вимагає розробки первинних датчиків - газових сенсорів з високою чутливістю і селективністю на первинні газоподібні продукти піролізу ТГМ. При цьому газові датчики ГПС повинні бути виготовлені з дешевих і доступних матеріалів. Використання вдосконалених і високоефективних систем раннього виявлення вогнища пожежі, безумовно істотно знижує матеріальні збитки, так як ці системи в порівнянні з існуючими системами пожежної сигналізації дозволяють виявити осередок загоряння на стадії його зародження, до появи таких факторів пожежі, як дим, висока температура і відкрите полум'я .

У зв'язку з вищесказаним впровадження ГПС є актуальним не тільки в ідеї, а перш за все по кінцевому у результаті, так як використання ГПС в діагностиці пожеж призведе не тільки до підвищення ефективності систем пожежної сигналізації, а й до значного зниження кількості загиблих і матеріальних збитків від пожеж.

1.1. Порівняльна схема спрацювання пожежних сповіщувачів

Відомо, що пожежа може виникнути як від раптової аварійної ситуації (вибух, коротке замикання і т.д.), так і при поступовому накопиченні потенційно небезпечних факторів: скупченні горючих газів, парів, перегрів речовини вище точки самозаймання, тління горючих матеріалів і ізоляції проводів електрокабелів від перевантаження і т.д.

Виникнення пожежі, крім горючих і легкозаймистих рідин, а також горючих газів, проходить зазвичай такі стадії: тління (термічний розклад твердих горючих

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		14

матеріалів) з виділенням газоподібних продуктів, поява ви димого диму, підвищення середньооб'ємної температури в приміщенні, поява полум'я [11]. Ці стадії також найбільш характерні для твердих горючих матеріалів.

На рис. 1.1 представлені тимчасові залежності інтенсивності прояви у вказаних вище факторів пожежі при розвитку горіння твердих горючих матеріалів на прикладі деревини (сосна) [12]. Видно, що в процесі горіння деревини послідовно, зі значною часовою затримкою, відбувається спочатку виділення газоподібних продуктів термічної деструкції (піролізу) горючого матеріалу (A_r). потім виділення видимих частинок диму (A_d). При цьому гранична концентрація задимленості для виявлення пожежі димовими пожежними сповіщувачами досягається приблизно через 45 хв після початку горіння (пунктирна лінія на малюнку на рівні 70 відн. од.). Одночасно з виділенням газу і диму починає рости температура навколишнього середовища (A_T). і тільки через 1,5 години після цього з'являється відкрите полум'я (A_{ap}).

Для спрацьовування сучасних пристроїв системи пожежної сигналізації необхідний певний пороговий рівень по диму, температурі, інфрачервоного випромінювання, які, як видно з рис. 1.1. генеруються зі значною часовою затримкою. Досить пізнє виявлення пожеж за цими ознаками пояснюється повільним наростанням у рівня до контролюючих показників до їх порогових значень, а також недостатньою швидкістю їх зміни. ПС, розташований поблизу вогнища горіння, реагує швидко, але при видаленні його від джерела загоряння час виявлення пожежі збільшується.

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		15

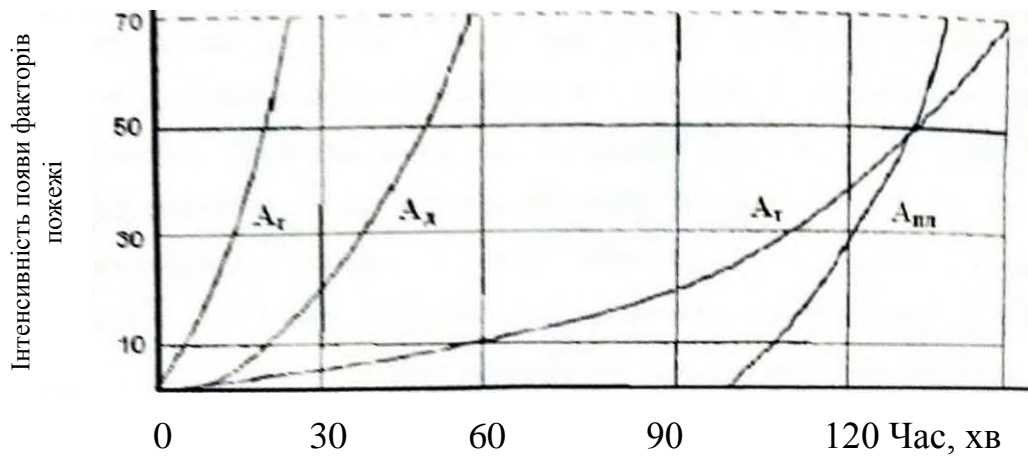


Рис. 1.1. Залежність інтенсивності прояву факторів пожежі при горінні деревини (сосна) від часу

Істотними є м недоліком способів виявлення пожеж по задимленості є те, що дим з твердих горючих матеріалів в кількості, необхідній для виявлення пожежі, починає виділятися тільки на стадіях їх високотемпературного інтенсивного окислення або горіння. Тому більш надійним і достовірним способом виявлення пожежі на ранній стадії, що передуює розвитку вогнища пожежі з подальшим виділенням диму та тепла, є контроль хімічного складу газоповітряного середовища, різко змінюється через термічне розкладання (піролізу) перегрітих і починаючих тліти твердих горючих матеріалів.

В силу впливу конвективно-дифузійних процесів газоподібні продукти піролізу рівномірно розподіляються в повітряних струменях приміщень. Збільшення вмісту цих продуктів в складі повітрі контрольованого приміщення свідчить про початок процесу - про зародження вогнища пожежі. Висока достовірність і точність даного підходу до виявлення вогнища горіння обумовлена більш раннім проявом контрольованих ознак нагріву, збільшенням швидкості генерації газоподібних продуктів термічної деструкції горючих матеріалів у міру зростання температури самого речовини.

Найбільш часто термічна деструкція (піроліз) зустрічається при горінні целюлозовмісних матеріалів (деревина, папір, бавовна, текстиль і т.д.). Основною зовнішнішньою умовою горіння у вигляді тління є недолік поступаючих до

палаючого матеріалу кисню. Тління зазвичай характеризується малою швидкістю окислення горючого матеріалу і більш низькими температурами [23].

Розпізнавання вогнищ нагрівання на ранніх стадіях горіння горючих матеріалів дозволяє істотно збільшити час - період, який стихія залишає для ефективної і своєчасної реакції на передумови аварії або її негативні прояви (рис. 1.2). Застосування методу і засобів виявлення ранніх стадій пожежі дозволяє надійно виконати необхідні умови: задовільний час Δt_z – має перевищувати необхідний Δt_n яке необхідно для ліквідації пожежі з урахуванням всіх факторів обстановки [14].

Відомо, що в складі повітря при нормальних умовах є фоновий зміст газоподібних продуктів, які виділяються при тлінні (піролізі) горючих матеріалів – Z_ϕ . На початку нагріву від зовнішніх джерел або самонагрівання горючого матеріалу зміст продуктів піролізу починає збільшуватися, незважаючи на незначність вогнища або його явної відсутності. Після перевірки на помилкове спрацювання і по досягненню заданого рівня реагування - Z_p видається сигнал тривоги. Надалі вогнище загорання оперативно ліквідується (рис. 1.2. Крива 1).

За допомогою традиційних засобів системи пожежної сигналізації осередок горіння виявляють значно пізніше. Спрацювають вони при досягненні порогових рівнів контрольованих параметрів – Z . Коли зміст газоподібних продуктів $Z_n > Z_p$. При ліквідації пожежі в цьому випадку вона може бути погашена протягом необхідного часу Δt_n , з значно більшими витратами сил і засобів, а також з великими матеріальними збитками (рис. 1.2, крива 2). Інакше надзвичайна ситуація може ускладнитися (рис. 1.2, крива 3).

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		17

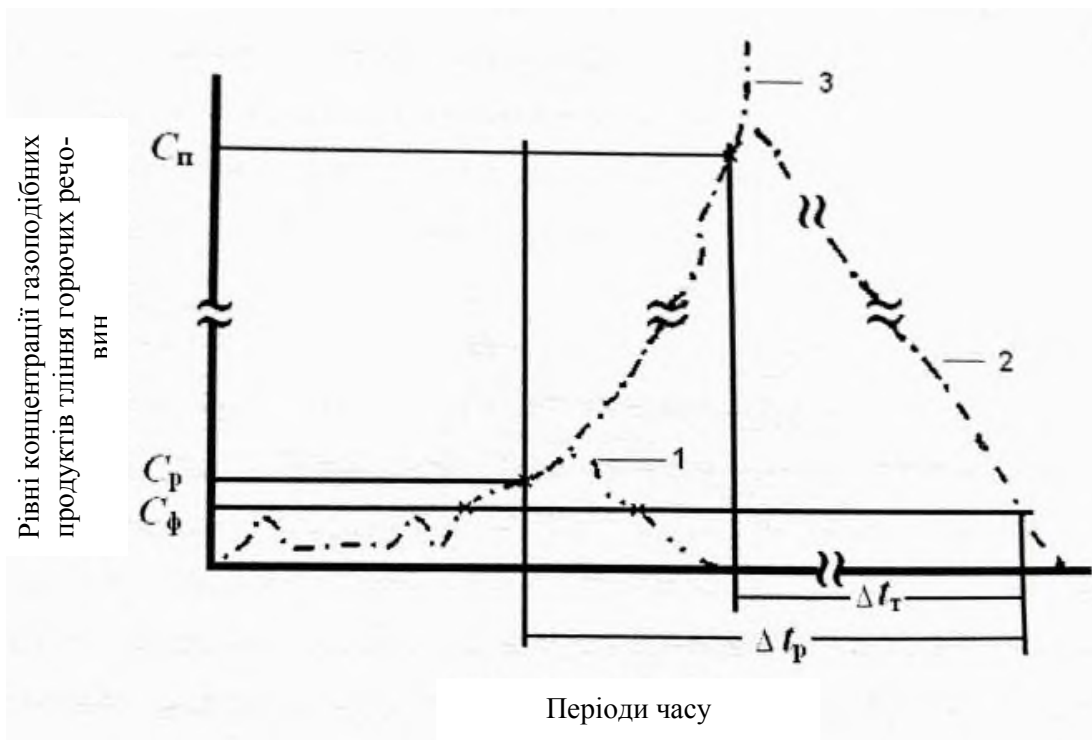


Рис. 1.2. Зміна змісту газоподібних продуктів тління горючих матеріалів в повітрі виробничого середовища при: 1 - ранньому виявленні та локалізації вогнища; 2 - виявлення за допомогою пожежних сповіщувачів (димові, теплові, полум'я); 3 - ускладненні аварії

З проведеного аналізу динаміки утворення продуктів горіння процесі зародження вогнища пожежі слід важливий висновок про те, що фактор пожежі, як виділення на початковій стадії газоподібних продуктів термічної деструкції твердих горючих матеріалів, найменше досліджений і є пріоритетним в роботі ПС

Необхідно проаналізувати склад газового середовища, який утворюється під час піролізу твердих горючих матеріалів. З огляду на те, що основою складовою горючого навантаження (-50%) для цих споруд є дерев'яні вироби різного призначення, тобто деревина [15], необхідно проаналізувати склад продуктів піролізу ТГМ на прикладі деревини.

Тління деревини - процес термічного розкладання дерева в умовах практичної відсутності кисню при температурах від 120 до 450 °С з утворенням газоподібних продуктів - монооксиду та діоксиду вуглецю, водню, метану, вуглеводнів і т.д., рідких речовин і твердого залишку - вуглецю. Газоподібні і рідкі продукти

виділяються у вигляді газоподібної суміші. Розглянемо розподіл продуктів по етапах тління в залежності від діапазону температур (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Види продуктів, що виділяються в залежності від температури процесу піролізу деревини

Температура піролізу, °С	Виділяються продукти
120-150	H ₂ O (Водяна пара)
150-275	CO, COO, оцтова кислота, інші
275-400	CO, CO ₂ , CH ₄ , ефіри, карбонові сполуки, вуглеводні, оцтова кислота (її гомологи), метанол, смола
400-450	важка смола, CO ₂ , CO, H ₂ , вуглеводні

Склад газоподібних продуктів, що виділяються на початковій стадії горіння (піролізу) горючих матеріалів, залежить від складу матеріалу, його вологості, умов доступу кисню в осередок горіння і т.д. при термічному розкладанні деревини в середньому утворюється наблизить 24-25% вуглецевого залишку, 50-55% рідких і 22-23% газоподібних продуктів за обсягом.

Газоподібні продукти (гази, які конденсуються) містять діоксид (45-55% (об.)) і монооксид 28- 32% (об.)) Вуглецю, водень (1-2% (об.)), Метан (8-21 % (об.)) та інші вуглеводні (1,5-3% (об.)) [27]. Склад цих газів залежить від породи якості і вологості дерева, температури процесу піролізу. Про це свідчать результати експериментальних досліджень (Таблиця 1.2) [17].

Вихід продуктів при тлінні деревини різних порід

Назва продукту	Вихід продукту, в ред(об.), Від абсолютно сухого дерева	
	береза	сосна
Вуглецевий залишок	31,80	37,83
Диоксид вуглецю	9,96	10,13
монооксид вуглецю	3,32	3,74
метан	0,54	0,59
ненасичені вуглеводні	0,19	0,23
Оцтова кислота	7,08	3,50
метиловий спирт	1,60	0,88
ацетон	0,19	0,18
метилацетат	0,02	0,01
смола розчинна	8,15	8,03
смола відстояна	7,93	11,79
вода	27,81	22,27

В перелік основних газоподібних продуктів стадії піролізу для всіх горючих матеріалів (в тому числі, як видно з таб л. 1.2 і для деревини) входять CO , CO_2 , H_2 , CH_4 . Динаміка їх виділення представлена на рис. 1.3 і 1.4 [10].

CO , CO_2 , H_2 , CH_4 є обов'язковими газами, які виділяються в процесі термічної деструкції твердих горючих матеріалів (деревина, папір, текстиль, синтетичні матеріали і т.д.). На початковій стадії пожежі, в процесі піролізу, концентрація моноокси вуглецю (CO) досягає 20-80 ppm, що перевищує його гранично допустиму концентрацію в повітрі (20 ppm) [18] до 4 разів, а його фоновий вміст в

повітрі ($0,8 \cdot 10^{-6} - 72 \cdot 10^{-6} \% \text{ (об.)} \sim 0,008-0,72 \text{ ppm}$) [19] при нормальних умовах - в сотні, тисячі разів.

Надалі (рис. 1.3), на фоні збільшення вмісту ароматичних вуглеводнів, зростає вміст водню до 10-20 ppm, що в 20 - 40 разів перевищує фоновий вміст водню в повітрі при нормальних умовах ($-0,5 \cdot 10^{-4}\% \text{ (об.)} = 0,5 \text{ ppm}$) [20].

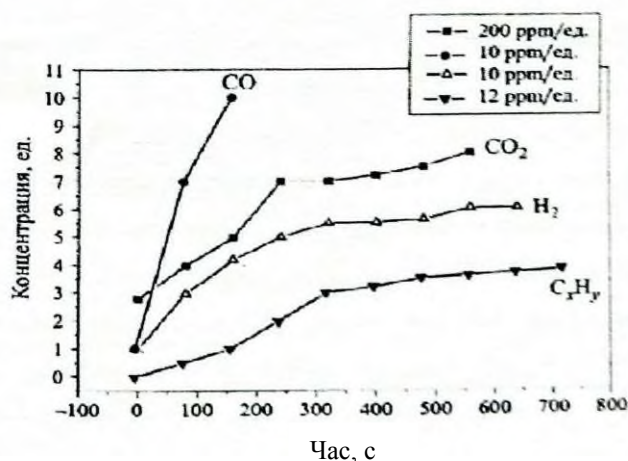


Рис. 1.3. Залежність концентрації газів, що виділяються при фоновому горінні фітилю (вогнище Т F - 3, без полум'я) від часу

При появі полум'яного горіння значно зростає концентрація вуглекислого газу (CO_2) - до 1000 ppm (в 3 рази перевищує його фоновий зміст в повітрі) [20], і одночасно падає концентрація CO (рис. 1.4).

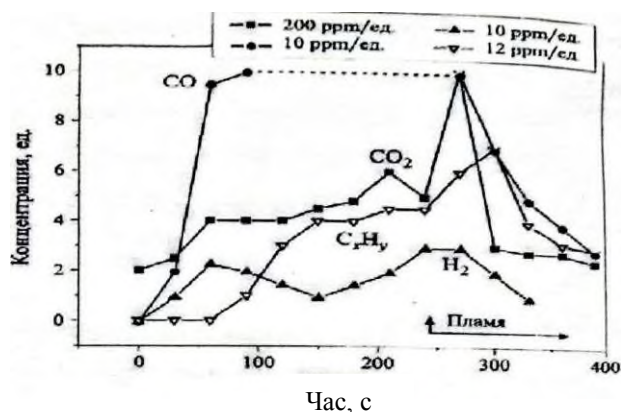


Рис. 1.4. Залежність концентрації газів, що виділяються при горінні паперу (тління, через 240 с - полум'я) від часу

Таким чином, аналіз результатів експериментальних досліджень [10, 14], а також аналіз нормативної та технічної літератури [18-20] показали, що системи

раннього виявлення пожежі (на стадії піролізу) для більшості твердих горючих матеріалів необхідно і досить орієнтувати на аналіз тільки двох компонентів атмосфери - CO і H₂ .

Про це також свідчать експериментальні результати, наведені на рис. 1.5 [10]. Видно, що газоподібні продукти першої фази пожежі - тління твердих горючих матеріалів (CO і H₂) , мають найбільшу найбільшу зону поширення в приміщенні і, як показано вище, виділяються набагато раніше прояви факторів другої стадії пожежі (інтенсивного високотемпературного окислення і полум'яною горіння) - диму і підвищення температури.

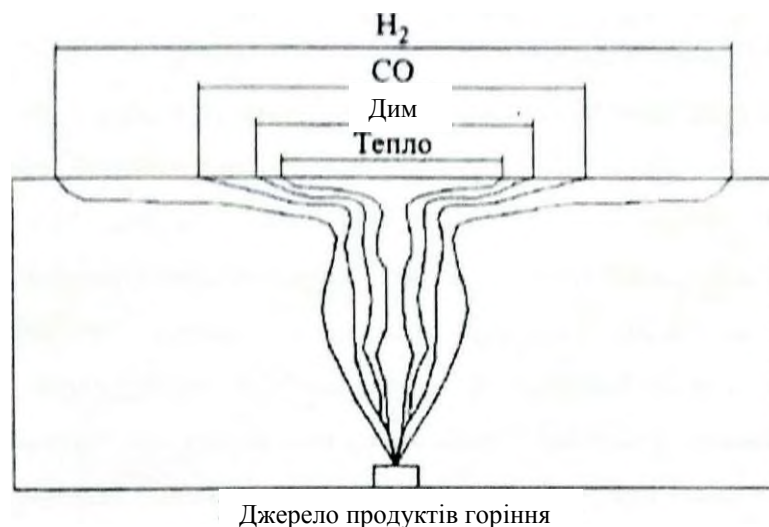


Рис. 1.5. Схема поширення продуктом горіння (CO, H₂ , тепло і дим) при наявності конвективного потоку від джерела горіння

Контроль CO₂ для раннього виявлення пожежі неефективний, так як цей газ утворюється при інтенсивному горінні, коли пожежа вже має незворотний характер і не може бути ліквідований без задіяння сил і засобів пожежних підрозділів. На цій стадії пожежа може бути виявлений вже димовими, тепловими і пожежними сповіщувачами полум'я.

У продовження дослідження розробленого авторами газового пожежного сповіщувача проведено порівняльні модельні розрахунки порогів спрацьовування точкових теплових і точкових димових оптичних пожежних сповіщувачів максимального типу з ГПС [31].

В основу цих розрахунків покладено твердження про те, що кількість теплоти ($Q = m \cdot Q_n$ - теплота), маса газоподібних частинок ($m = m - L$ - маса газоподібного продукту піролізу) і маса частинок диму ($m_A = m - K_d$ - маса частинок диму), що утворюються при горінні або, в зокрема, при піролізі горючого матеріалу, жорстко пов'язані між собою [31]:

$$\frac{Q}{Q_n} = \frac{m_i}{L_i} = \frac{m_d}{K_d}, \quad (1.1)$$

де: m - маса матеріалу, який піддається піролізу (кг); Q_n - нижня теплота згорання матеріалу (Дж / кг); L - константа газоутворення горючого матеріалу; K - масовий коефіцієнт димоутворення матеріалу.

Основою подальших оцінок є гіпотеза, згідно з якою, в більшості точок приміщення виконується співвідношення, подібне формулі (1.1), а саме: існує подібність полів надлишкової температури газового середовища T (К), надлишкової концентрації i -ої компоненти C (кг / м³) і щільності диму ρ_d (кг / м³) [2, 34], яке записується у вигляді:

$$\frac{(\Delta T \cdot c_{cp})}{Q_n} \leq \frac{\Delta C_i}{L_i}, \quad (1.2)$$

$$\frac{\Delta C_i}{L_i} \geq \frac{\rho_d}{K_d}, \quad (1.3)$$

де: C – питома об'ємна теплоємність середовища (Дж / (К·м³)).

Порушення рівності в співвідношенні (1.1) пояснюється тим, що частина виділилася тепла не йде на розігрів газового середовища, а йде з системи або радіаційно, або за рахунок теплопровідності огорожувальних конструкцій. Порушення рівності у формулі (1.3) можливо внаслідок осідання частинок диму на конструкціях.

Для порівняння порогів спрацьовування точкових ТПС максимального типу, точкових ДПС максимального типу і ГПС формули (1.2) і (1.3) зручно представити у вигляді:

$$\Delta C_i \geq \frac{(\Delta T \cdot c_{cp} \cdot L_i)}{Q_n}, \quad (1.4)$$

$$\Delta C_i \geq \frac{(m^* \cdot L_i)}{(4,34 \cdot D_m)}, \quad (1.5)$$

де: $\Delta T = (T_{cmni} - T_o)$; T_{cmni} - температура спрацьовування точкового ТПС максимального типу (С), наприклад: SDT 2100 A G Siemens Австрія) = 53 + 3 С ;

T_o - початкова температура навколишнього середовища = 20 ° С

m^* - питома оптична щільність середовища (Дб / м);,

D_m – коефіцієнт димоутворення горючого матеріалу (Неп • м / кг).

Відзначимо, що при порівнянні порогів спрацьовування точкових ДПС максимального типу і ГПС необхідно замість m^* в формулі (1.5)

Підставити $\alpha \cdot m_0^*$, де m_0^* - порогове значення модуля оптичної щільності для світлого диму, а α - коефіцієнт поправки на кольоровість [34].

Характерні значення порогу спрацьовування точкових ДПС максимального типу, наприклад, для ИПД-3, ИПД-3.2 (ПП «Артон», г. Чернівці, Україна) $m^* = 0,05-0,2$ дБ/м; для ИД 1, ИД 2 (ДНВП «Меридіан», г. Харків, Україна) $m^* = 0,12$ дБ/м; для ИПД-1 (КП «Сигма», Чернівці, Україна) $m^* = 0,05-0,2$ дБ/м [12].

На основі отриманих моделей (1.4) і (1.5), закону зміни концентрації СО у часі, динамічних характеристик ГПС, а також експериментальних даних проведено аналіз ефективності ДПІ з НПД СТв порівнянні з існуючими пожежними сповіщувачами. Результати даного аналізу представлені на рис. 1.6. [38]

Необхідно відзначити, що значення оптичної щільності диму і температури в отриманих моделях приймалися з мінімальними втратами в навколишнє середовище і огорожувальні конструкції. Таким чином, розглянуті найбільш спри-

ятливі умови по зміні оптичної щільності диму і температури в приміщенні, що підтверджує ефективність отриманих результатів для ДПІ з НПД СТ (рис. 1.6).

Мал. 1.6 містить графічні залежності зміни концентрації CO в часі, зміни оптичної щільності диму в часі і зміни температури в приміщенні при зародженні вогнища пожежі в часі. Дані залежності дозволяють чітко визначити час спрацювання різних типів ПС [38].

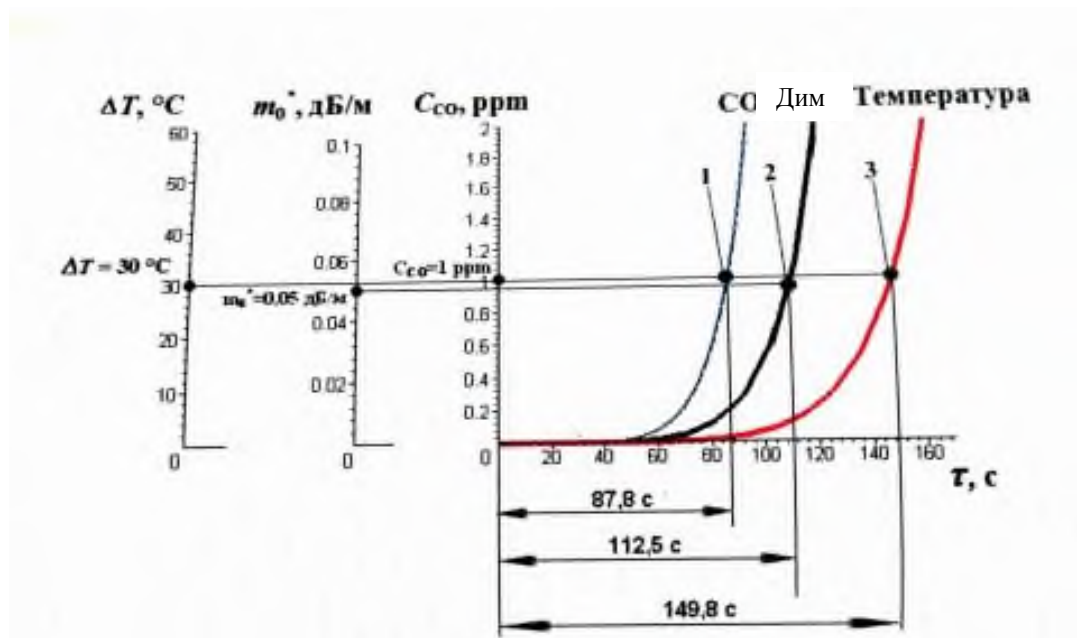


Рис. 1.6. Час спрацювання різних типів ПС: 1 - ГПС; 2 - точкового ДПІ максимального типу; 3 – точкового ТМІ максимального типу : ΔT , m_0^* та C_{CO} – пороги спрацювання для точкового ТПС максимального типу, точкового ДПС максимального типу та ГПС відповідно [38]

З рис. 1.6 видно, що ГПС на концентрацію CO = 1 ppm , по розрахунках, утворюється через 87,2 с, спрацює через 87,8 с від початку процесу. При цьому ДПС, наприклад, ИПД -3, ИПД -3.2 (ПП «Аргон», Чернівці, Україна, де $m^* = 0,05-0,2$ дБ / м), спрацює через 112,5 с, а ТПС наприклад , SDT 2100 (Siemens AG , Австрія), де $\Delta T = 50-20 = 30^\circ C$, спрацює через 149,8 с. [38]

Аналізуючи отримані залежності, можна розрахувати інерційність ГПС

$$\tau_{ин. ГПС с ППД СТ} = \tau_{ср. ГПС с ППД СТ} - \tau_{CO = 1 ppm} \quad (1.6)$$

Таким чином:

$$\tau_{\text{им. ГПС}} = 87,8 - 87,2 = 0,6 \text{ с.} \quad (1.7)$$

Коефіцієнти ефективності за часом спрацьовування ГПС в порівнянні з димовими і тепловими пожежними сповіщувачами (відповідно ДПС та ТПС; розраховані за наступними формулами (при допущенні, що інерційність ДПС та ТПС прагне до нуля):

$$K_1 = \frac{\tau_{\text{спр. ДПИ}}}{\tau_{\text{спр. ГПИ с ППД СТ}}} \quad (1.8)$$

$$K_2 = \frac{\tau_{\text{спр. ТПИ}}}{\tau_{\text{спр. ГПИ с ППД СТ}}} \quad (1.9)$$

де: K_1 і K_2 - коефіцієнти ефективності за часом спрацьовування ГПС до ДПС та ТПС відповідно; $\tau_{\text{спр. ГПС}}$, $\tau_{\text{спр. ДПС}}$, $\tau_{\text{спр. ТПС}}$ - час спрацьовування ГПС, димового ПС та теплового ПС відповідно.

Тому:

$$K_1 = \frac{\tau_{\text{спр. ДПИ}}}{\tau_{\text{спр. ГПИ с ППД СТ}}} = \frac{112,5}{87,8} = 1,28,$$

$$K_2 = \frac{\tau_{\text{спр. ТПИ}}}{\tau_{\text{спр. ГПИ с ППД СТ}}} = \frac{149,8}{87,8} = 1,71.$$

Представлені результати свідчать про перевагу ГПС в порівнянні з ДПС та ТПС

за часом спрацювання - часу виявлення початкової стадії зародження вогнища загоряння твердих горючих матеріалів [38].

1.1.1. Порівняльні дані зарубіжних видань з раннього виявлення вогнищ загоряння за допомогою пожежних сповіщувачів різних типів

Підтвердженням математичних моделей (вираження (1.2-1.9)) є експериментальні дослідження і аналіз розвитку реальних пожеж, результати яких представлені на рис. 1.7- 1.12 [35-37].

Як видно з рис. 1.7, при зародженні вогнища горіння тканини, що покриває подушки, ГПС на СО, який встановлений на стелі, спрацював через 3,5 години після початку процесу горіння, а ГПС, який встановлений на підлозі, - через 4 год., ДПС спрацював через 4,5 год після початку загоряння, при цьому рівень концентрації СО склав 250 ppm, що є смертельним для людей, значно ускладнює їх орієнтацію в просторі і може привести до їх швидкої загибелі [35].

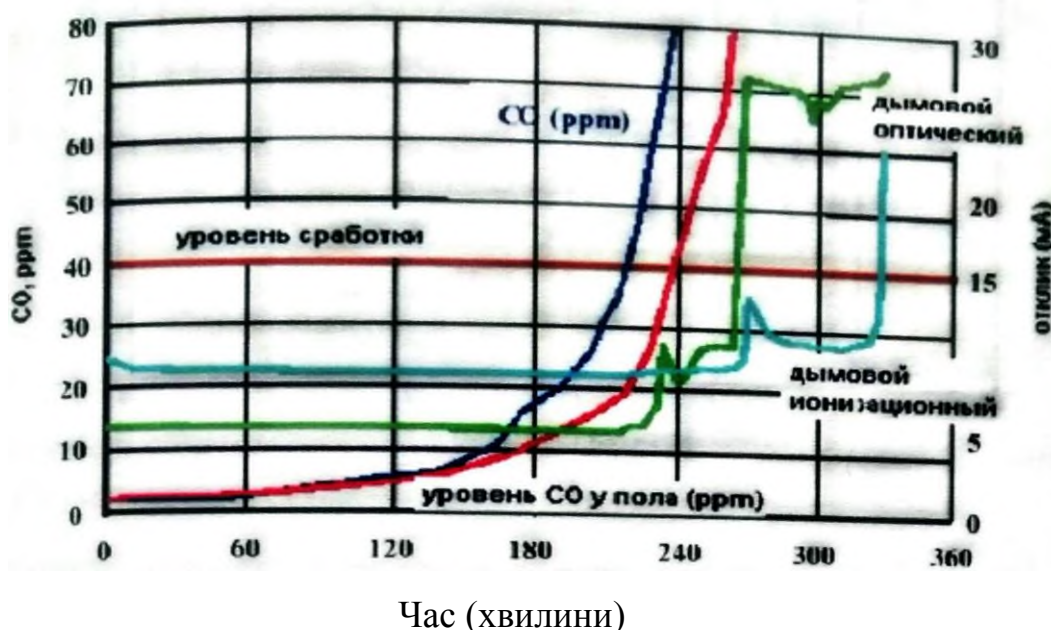


Рис. 1.7. Інтенсивність прояву факторів пожежі при горінні тканини, що покриває подушки [35]

Досягнення рівня порогової концентрації диму в місці установки ДПС може займати значний час. При цьому відомо, що конструкційні особливості приміщень (перегородки, виступи на стелі, двері і т.д.) можуть сприяти охолод-

женню димових потоків і їх опускання до підлоги, що, в свою чергу, сприяє заповненню димом приміщення до моменту спрацьовування ДПС. Однак всі перераховані перешкоди не роблять ніякого впливу на роботу газового пожежного сповіщувача, так як газові потоки, на відміну від динаміки поширення диму, як зазначалося раніше, поширюються дифузійно і розподіляються рівномірно по приміщенню. Про це однозначно свідчать дані, представлені на рис. 1.8. [35].

Як видно з рис. 1.8 ДПС спрацював через тільки 20 хв після спрацьовування ГПС на СО [35].

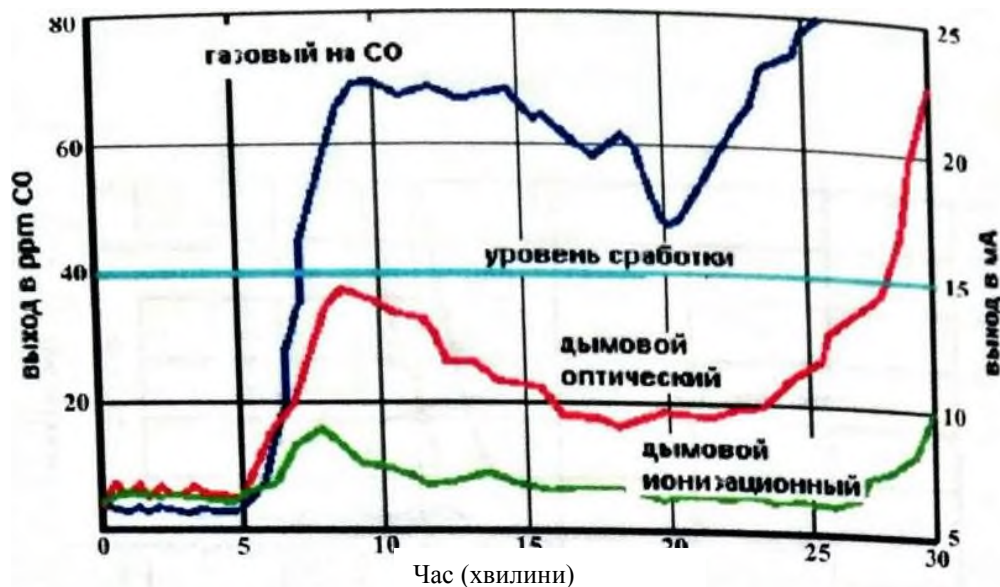


Рис. 1.8. Інтенсивність прояву факторів пожежі в коридорі який з'єднаний з палаючої кімнатою[35]

Також, з метою створення різних випробувальних установок для оцінки технічних характеристик ДПС кілька років проводилися вогневі випробування на реальних пожежах [35].

Перша установка була призначена для моделювання пожежі в високому приміщенні типу трюму судна або великого залу. Випробування, виконані на цій установці, показали, що ГПС розташовані на рівні установки ДПС над місцем пожежі, спрацьовували практично одночасно з ДПС. Однак якщо ці пожежні сповіщувачі встановлювалися ще вище, то ГПС спрацьовував, а ДПС - ні (рис. 1.9) [35].

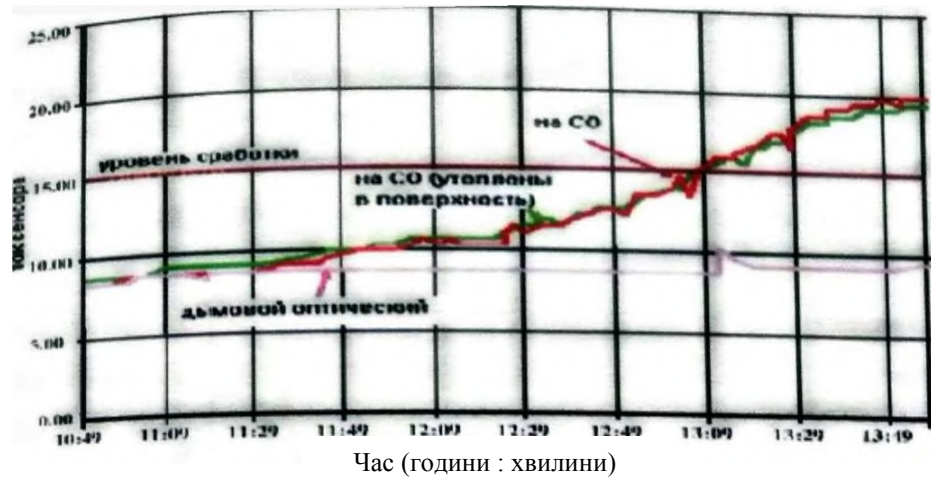


Рис. 1.9. Пожежа на складі з високими стелями (повільне тління): в протягом усього періоду часу випробування ДПІ не спрацював [35]

Друга установка моделювала розвиток пожежі на великих відкритих областях типу складу, провислого приміщення і т.д. Поки усі типи ПС, встановлених на нормативній висоті, спрацьовували приблизно одночасно, ГПС, що установлений на стелі приміщення, спрацьовував значно раніше[35].

Третя установка моделювала пожежа в приміщеннях (кімнатах). Виявлення тліючої смітцевої кошика в офісі показало, що ГПС спрацьовують набагато раніше ДПС, особливо при відсутності вентиляції (рис. 5.7). Як видно з рис. 1.10, ГПС виявляє пожежу, що починається в два рази швидше, ніж димовий оптичний ПС [35].



Рис. 1.10 Відносна швидкість виявлення тліючої смітцевої корзини в офісі різними типами ПС (ГПС та ДПС) [35]

У зв'язку з вищевикладеним (рис. 1.11), поява нового типу пожежних сповіщувачів – газових пожежних сповіщувачів, як засоби раннього виявлення пожежонебезпечної ситуації, дозволило розширити можливості автоматичних систем пожежної сиг-налізації і збільшити запас часу на прийняття заходів щодо запобігання по-жежі [36].

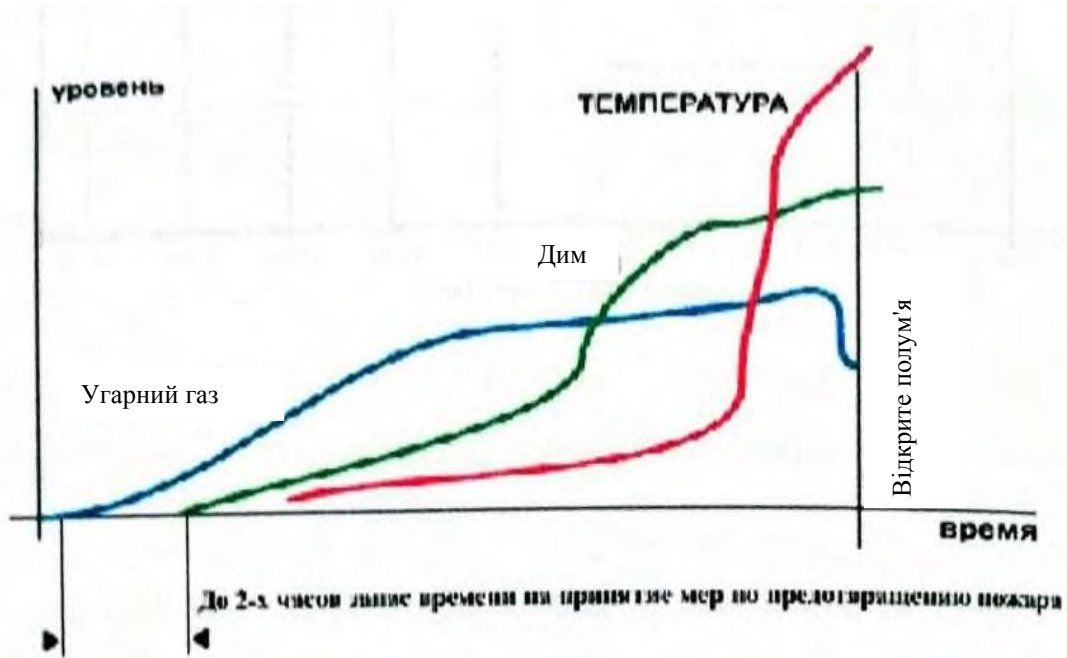


Рис. 1.11. Час появи чинників пожежі

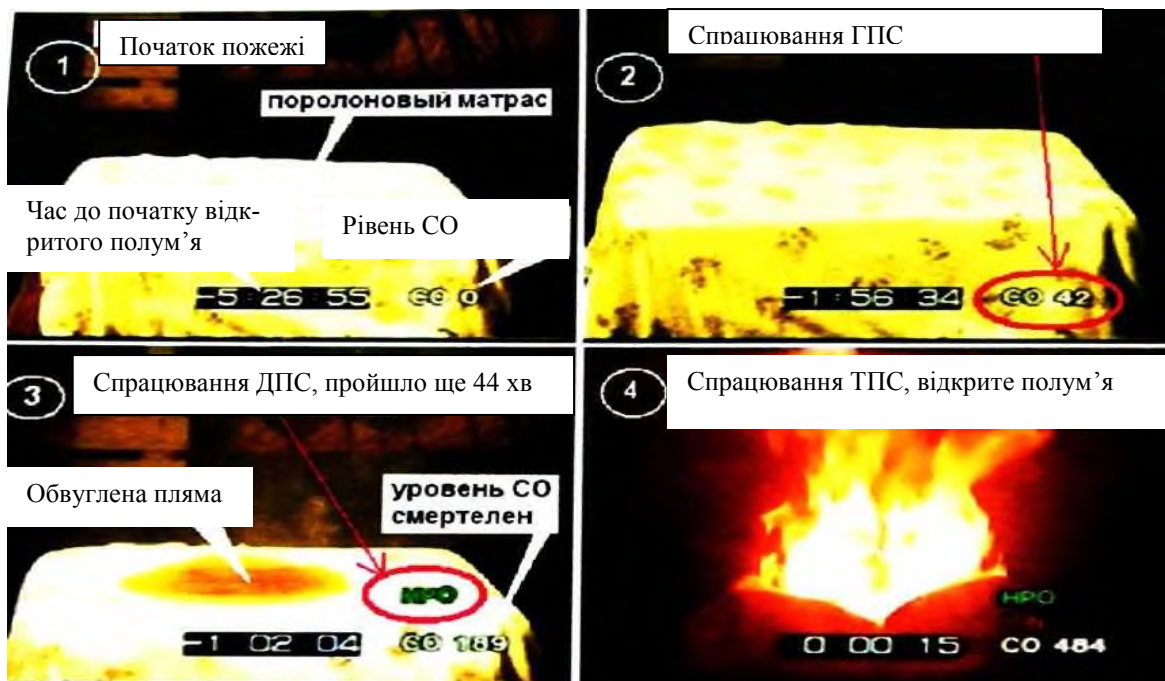


Рис. 1.12. Ілюстрація розвитку реального джерела запалювання поролонового матрацу і спрацювання різних типів пожежних сповіщувачів

На рис.1.12 проілюстрована конкретна ситуація поетадійного утворення порогових значень контрольованих факторів пожежі, при досягненні яких спрацювують послідовно ГПС, ДПС та ТПС.

В даному випадку розглядається ситуація з виявленням процесу горіння поролонового матраца при поступовому його нагріванні. Позиція 1 на рис. 5.9: початок горіння поролонового матраца, концентрація CO = 0 ppm , час до появи відкритого полум'я становить 5 год 26 хв 55 с. Позиція 2 на рис. 5.9: через 3 год 30 хв 21 с після початку процесу нагрівання спрацював ГПС 2-го класу чутливості відповідно НПБ 71-98 [5] (чутливість 41-80 ppm), Концентрація CO при цьому склала 42 ppm . Позиція 3 на рис. 5.9: через 4 год 24 хв 51 с після початку процесу нагрівання матраца відбулося його обвуглювання, і ДПС спрацював. При цьому концентрація CO склала 189 ppm , що є смертельним рівнем для людини. Позиція 4 на рис. 5.9: через 5 год 26 хв 40 с після початку нагрівання матрацу з'явилося відкрите полум'я, і ТПС спрацював, при цьому концентрація CO склала 484 ppm.

Таким чином, першим спрацював , газовий пожежний сповіщувач, і лише через 54 хв 30 с спрацював димової пожежний з сповіщувач, а теплової пожежний сповіщувач спрацював через , 1 год 56 хв 19 с після спрацювання газового пожежного сповіщувача [37]

Результати реальних вогневих випробувань за визначенням часу спрацювання різних типів пожежних сповіщувачів свідчать про те, що при ранньому виявленні загорянь твердих горючих матеріалів газовий пожежний сповіщувач має незаперечні переваги над димовим і тепловим пожежними сповіщувачами (рис 5.4 – 5.9) [35-37].

Таким чином, проведені дослідження підтверджують незаперечну перевагу запропонованого ГПС перед ТПС і ДПС при виявленні займання твердих горючих матеріалів.

1.2. Конструкція первинного датчика, хімічний склад чутливої маси

Напівпровідникові чутливі елементи можуть мати різне конструкційне виконання, що робить істотний вплив на технічні характеристики таких датчиків.

Варіанти конструкційного виконання напівпровідникових чутливих елементів: плівкового (плаского) типу (патент Японії 61- 24649, патент Японії 61-196556, патент ЄПВ 0280540, патенти Японії 58- 53743, 58-53739, 60-8459, 63-19017) і типу «Бусинка» (патент Японії 58- 48057, патент ЄПВ 0311964), для ГПС представлені на рис. 1.13 і 1.14 [24].

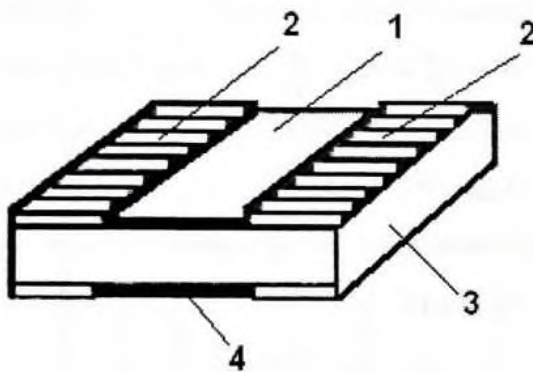


Рис. 1.13. Структурна схема напівпровідникового плівкового (плаского) датчика: 1 - напівпровідниковий чутливий шар; 2 - електроди; 3 - керамічна підкладка; 4 -нагрівач

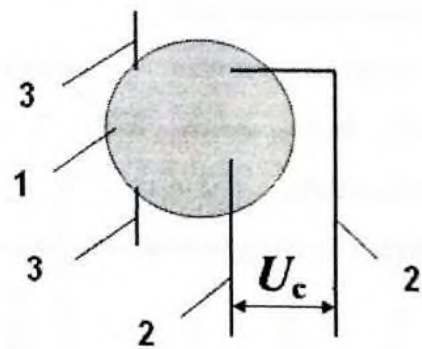


Рис. 1.14. Структурна схема напівпровідникового датчика типу «Бусинка»: 1 - чутлива маса; 2 - електроди; 3 - нагрівач

Однак в якості ЧЕ для ГПС пропонується використовувати датчик з напівпровідниковим чутливим елементом спіралеподібного типу (далі - напівпровідниковий датчик спіралеподібного типу) (рис. 1.15 і 1.16).

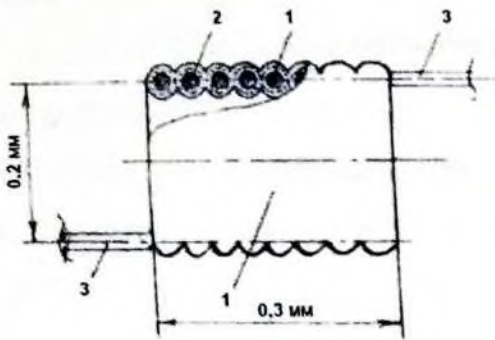


Рис. 1.15. Конструкція напівпровідникового чутливого елемента спіралеподібного типу: 1 - чутлива багатокомпонентна напівпровідникова маса (SnO_2 , In_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2); 2 - нагрівач (Ni-Cr); 3 - контакти нагрівача

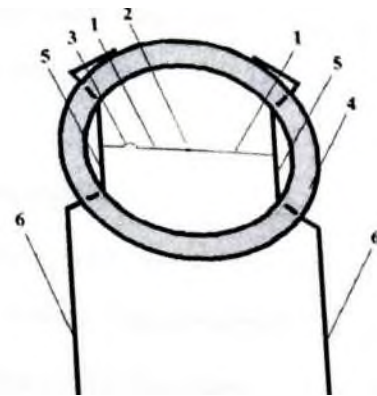


Рис. 1.16. Напівпровідниковий датчик спіралеподібного типу: 1 контакти нагрівача; 2 напівпровідниковий чутливий елемент спіралеподібного типу; 3 - термокомпенсаційне коліно ($R = 0,5 \text{ мм}$); 4 - текстолітовий корпус датчика $D_{\text{внутрішній}} = 6 \text{ мм}$, $D_{\text{загальний}} = 9 \text{ мм}$); 5 - контактні площадки; 6 - струмопровідні контакти

НПЧЕ СТ створений на базі доступних і дешевих матеріалів (SnO_2 , In_2O_3 , Al_2O_3) і без використання благородних металів (Pt , Ru , Au і ін.) В якості каталізаторів адсорбції молекул газів, на відміну від аналогічних конструкцій зарубіжних фірм [21, 22, 24].

Про переваги та перспективи використання ППД СТ для ДПІ свідчать результати попередніх експериментальних досліджень чутливості напівпровідникових чутливих елементів різного конструкційного виконання (табл. 1.3).

Чутливість структури напівпровідникових ЧЕ до адсорбції газоподібних продуктів піролізу ТГМ, пожежовибухонебезпечних газів, парів органічних і токсичних речовин оцінюється параметром $U_c / S_{\text{ЧЕ}}$ (U_c - аналітичний сигнал; $S_{\text{ЧЕ}}$ - площа чутливого елемента) [34, 36-40].

Для зіставлення величини $U_c / S_{\text{ЧЕ}}$ на конструкціях НПД різного типу виконувалися вимірювання відгуку аналітичного сигналу в умовах процесів адсорбції-десорбції молекул CO при токах нагрівальних елементів датчиків ($I_{\text{наг}}$), які забезпечують максимум адсорбції на поверхні напівпровідника [23, 25].

Зміна питомої аналітичного сигналу ($U_C / S_{ЧЕ}$) різних типів НПД в газоповітряному середовищі (повітря + CO)

Тип напівпровідникового датчика	$S_{ЧЕ} \text{ мм}^2$	$U_C / S_{ЧЕ}$ мВ / мм^2
НПД СТ	0,32	156
НПД типу «Бусинка»	3,14	16
плівковий НПД	6,00	8

Оскільки (U_C), $= f(C, \Gamma)$, де C - концентрація CO, Γ - адсорбція CO, логічно припустити, що U_C , пропорційно $S_{ЧЕ}$. Однак в залежності від типу конструкції датчика (табл. 1.3) спостерігається зворотна залежність: на малій поверхні $S_{ЧЕ}$ реалізується максимальний сигнал U_C [34, 36].

З табл. 1.3 видно, що найкращою чутливістю володіє НПД СТ, оскільки для цієї конструкції величина ($U_C / S_{ЧЕ}$) перевищує подібну Для НПД типу «Бусинка» практично в 10 разів, а для плівкового НПД - майже в 20 разів. Це можна пояснити більш ефективним освітою вчутливої масі НПД СТ активних поверхнево-об'ємних структур (центрів адсорбції молекул CO). Тому у формуванні аналітичного сигналу в НПД СТ в результаті фізико-хімічних процесів адсорбції-десорбції беруть участь не тільки поверхневий, а й об'ємні шари. В цьому випадку величину U_C , можна впевнено пов'язати з величиною активної поверхні частинок, агрегатів об'ємного типу не тільки видимої (зовнішньої) поверхні ЧЕ, а й з поверхнею частинок, які знаходяться в масі ЧЕ [25, 26].

Практично у всіх відомих конструкціях напівпровідникових сенсорів в якості електродів і нагрівача використовуються благородні метали (Pt, Au). У нашій роботі запропоновано використовувати високоомний матеріал ніхром (Ni-Cr). Даний матеріал володіє більшим, опором в порівнянні з золотом і платиною. Однак співвідношення опору ніхрому і чутливої маси має більше значення що забезпечує більший шунтуючий ефект. Слід врахувати ЩО поєднання ніхром- ЧМ забезпечує різнобічне спрямування температурних векторів на

відміну від пар золото-ЧМ або платина-ЧМ, що сприяє самостійної термокомпенсації конструкції НПД СТ.

Ніхром (Х20Н80) - дріт з прецизійних сплавів з високим електричним опором, призначена для виготовлення нагрівальних елементів і елементів опору. Номінальне значення електричного опору ніхрома, мкОм•м: 1,08-1,13. Хімічний склад ніхрому, % (мас.): 0,1 С; 0,9-1,5 Si; 0,7 Mn; 0,02 S; 0,03 P; 20-30 Cr; 0,3 Ti; 0,2 Al; 1,5 Fe; інше Ni. Рекомендована максимальна робоча температура нагрівального елементу (ніхром), в залежності від діаметру дроту ніхрому (температура, ° С / діаметр, мм): 950 / 0,2; 1000 / 0,4; -1100 / 1,0; 1150 / 3,0; 1200 / > 6,0.

Для мінімізації енергоспоживання виробу обраний ніхромовий дріт діаметром 20 мкм. При наявності відповідного приладового забезпечення пропонується спіралеподібна конструкція ЧЕ з внутрішнім діаметром 0,2 мкм.

Встановлено, що оптимальним є відстань між витками спіралі 10 мкм: при більшій відстані неможливо сформувати шари ЧМ на спіралі, а при меншому - відбувається замикання спіралі. Виходячи з вищесказаного, єдиним конструкційним параметром НПД СТ, який можна змінювати, залишається довжина спіралі або кількість її витків.

Для придушення небажаних хімічних процесів руйнування чутливої маси і для збільшення терміну служби НПД, який визначається постійністю хімічного складу маси ЧЕ

Запропоновано використовувати в технології виробництва НПД СТ найтонші шари оксиду Ті (IV) TiO_2 , як компонента чутливої маси, що виконує функцію протикорозійного-хімічного захисту (рис 2.10 - 2.11)

В результаті формування TiO_2 – шарів в ЧМ НПД СТ методом термолізу (розчин солі $Ti(SO_4)_2$) експлуатаційний ресурс (число ефективних вимірювань - N) НПЧЕ СТ збільшується в кілька разів (до $N = 1500$, або в -2,5 рази в середовищі відновника; до $N = 500$, або в 1,4 рази в середовищі окислювача) (рис. 1.17 і 1.18 відповідно).

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		35

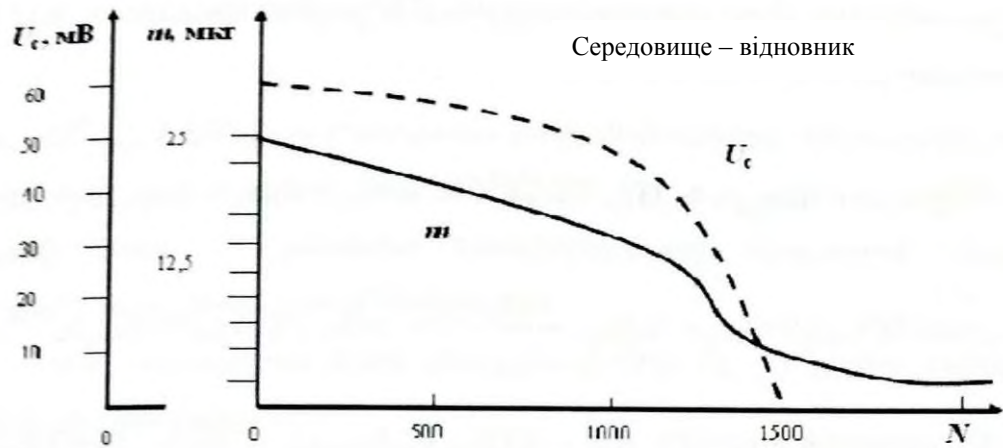


Рис. 1.17. Залежність аналітичного сигналу (U_c) і маси (m) НПЧЕ СТ від кількості циклів вимірювань (N) при використанні протикорозійного хімічного захисту ЧМ НПЧЕ СТ TiO_2 (середовище-відновник)

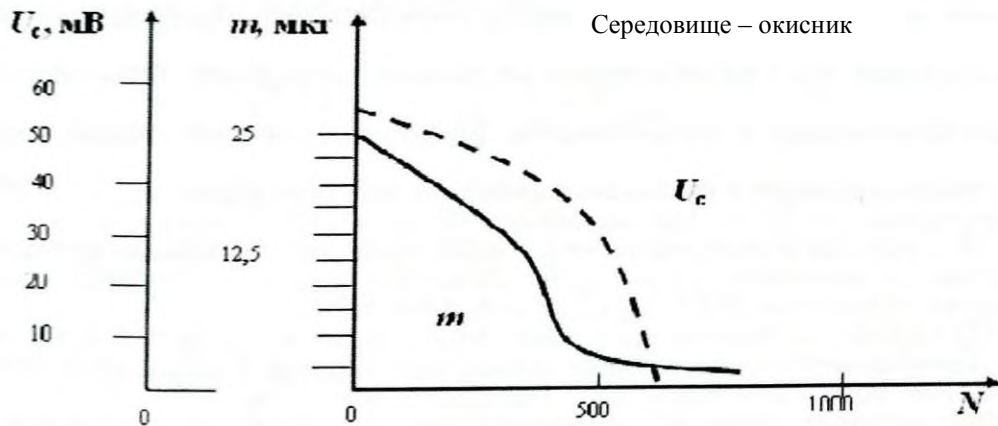


Рис. 1.18. Залежність аналітичного сигналу (U_c) і маси (m) НПЧЕ СТ від кількості циклів вимірювань (N) при використанні протикорозійного хімічного захисту ЧМ НПЧЕ СТ TiO_2 (середовище-окислювач)

1.3. Опис і принцип роботи газового пожежного сповіщувача з напівпровідниковим датчиком спіралеподібного типу

Газовий пожежний сповіщувач з напівпровідниковим датчиком спіралеподібного типу складається з двох основних елементів: напівпровідникового чутливого елемента спіралеподібного типу і релейного пристрою (порогового пристрою).

Пороговий пристрій на практиці реалізується у вигляді мікроконтролера, який служить для отримання, аналізу, обробки і видачі сигналу. Даний електронний прилад є безінерційним, тому всі технічні характеристики такого ГПС будуть обумовлені технічними характеристиками його чутливого елемента.

Обрано мікроконтролер Atmega 8, який широко використовується в мікроелектронній техніці різного призначення, в тому числі і при розробці газових пожежних сповіщувачів (наприклад, в Росії).

Пропонується визначати концентрацію в повітрі конкретного газоподібного продукту піролізу ТГМ - CO, який спочатку в повітрі відсутній, шляхом вимірювання падіння напруги на чутливій масі датчика при постійному значенні температури (підтримується струмом нагрівача) чутливого елемента. Таким чином, встановлюється відповідність між концентрацією аналізованого компонента повітря і провідністю датчика.

В процесі роботи над створенням ГПС СТ були визначені його характеристики: максимальна напруга на нагрівачі 5 В; максимальна напруга на сенсорі 5 В; максимальна температура нагрівача - 950 С; робоча температура на CO – 300-350 С; опір нагрівача при $T = 20\text{ C}$ – 33,0 Ом; час прогріву датчика від 20 до 350 С – 60 с.

Маса чутливого елемента сенсора є об'ємною композицією з чотирьох оксидів.

Принцип роботи полягає в наступному. Коли на нагрівач ГПС СТ подається керований процесором струм, то при нагріванні під впливом струму сенсор змінює свою напругу. Зміна напруги на сенсорі пов'язано як з його температурою, так і зі складом навколишнього сенсора газової суміші. З цього випливає, що залежність зміни напруги сенсора від температури містить інформацію про концентрацію CO в навколишньому середовищі.

Вище вже було сказано, що мікроконтролер забезпечує заданий режим роботи ГПС СТ. За допомогою процесора відбувається зчитування даних з ЧЕ, після чого проводиться розрахунок концентрації CO з урахуванням калібрувальної функції сенсора для стандартних умов.

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		37

У разі відповідності концентрації аналізованого газового компоненту (СО) закладеним в процесор значенням інформація передається на приймально-контрольний пожежний пристрій, де формується тривожний сигнал «Пожежа».

Структурна схема газового пожежного сповіщувача з напівпровідниковим датчиком спіралеподібного типу, в роботі якого реалізується описаний алгоритм дій, представлена на рис. 1.19.



Рис. 1.19. Структурна схема ДПІ з НПД СТ

1.3.1. Динамічні характеристики газового пожежного сповіщувача з напівпровідниковим датчиком спіралеподібного типу

Для проведення експериментальних досліджень по визначенню динамічних характеристик ГПС з НПД СТ необхідно вибрати такий вихідний рівень вхідного сигналу по концентрації СО, який менше гранично допустимої концентрації СО.

При нормальних умовах в повітрі максимально може міститися до 0.072 ppm СО - так званий фоновий рівень СО. Гранично допустима концентрація СО в повітрі робочої зони підприємств може становити не більше 20 мг / м³ (16 ppm) [29]. За вимогами нормативно-правових актів у сфері пожежної безпеки [4], мінімальне значення концентрації СО для виявлення становить 20 ppm. Для підвищення ефективності систем пожежної сигналізації при використанні в якості ПС - ГПС з НПД СТ за доцільне прийняти концентрацію СО для експериментів, рівну 1 ppm, яка може бути виміряна і проконтрольована газоаналітичною технікою.

Як динамічних характеристик в роботі розглядаються передавальна функція ($W(p)$) і одинична перехідна функція ($h(t)$) [32].

Поняття передавальної функції є найважливішим поняттям теорії автоматичного управління. Перш ніж ввести це поняття, необхідно відзначити, що в теорії управління часто розглядаються рівняння автоматичного пристрою при нульових початкових умовах. З фізичної точки зору це означає, що до подачі вхідного сигналу автоматичні пристрої, знаходилися в спокої, тобто розглядаються попередньо незбуджені автоматичні пристрої [32].

Передавальною функцією автоматичного пристрою називається відношення зображення Лапласа вихідного сигналу до зображенню Лапласа вхідного сигналу при нульових початкових умовах.

Що стосується одиничної перехідної функції, то вона являє собою реакцію попередньо збудженому автоматичного пристрою на вхідний сигнал, заданий у вигляді одиничної ступінчастої функції.

Використовуючи поняття передавальної функції, неважко отримати зображення Лапласа функції $h(t)$:

$$H(p) = W(p) \left(\frac{1}{p} \right), \quad (1.10)$$

$$W(p) \cdot \left(\frac{1}{p} \right) \rightarrow h(t). \quad (1.11)$$

У свою чергу, одинична ступінчаста функція, яка позначається через $l(t)$, аналітично записується в такий спосіб:

$$l(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \leq 0, \\ 1 & \text{при } t > 0. \end{cases} \quad (1.12)$$

Зображення Лапласа такої функції виражається формулою:

$$L[l(t)] = \frac{1}{p} \quad \text{или} \quad \frac{1}{p} \rightarrow l(t). \quad (1.13)$$

Однак, перш ніж переходити до розгляду динамічних характеристик ГПС з НПД СТ, необхідно провести експериментальні дослідження технічних характеристик останнього.

Дослідження проводилися за розробленою авторами методикою за допомогою перевірочних газових сумішей (повітря + CO).

Для найбільш якісного і точного визначення технічних характеристик ГПС з НПД СТ необхідно створити методику досліджень, яка дозволила б максимально точно вивчити такі технічні характеристики як чутливість (поріг спрацьовування) і інерційність спрацьовування. Створена методика досліджень дозволить з максимальною точністю визначити перераховані характеристики для ДП з НПД СТ [5, 30, 32, 33].

Пожежний сповіщувач - це елемент системи пожежної сигналізації, який характеризується певними технічними характеристиками, що дозволяють оцінити і правильно експлуатувати різні типи пожежних сповіщувачів.

Серед цих показників в практиці проектування і експлуатації систем пожежної сигналізації частіше за інших використовуються [5, 30, 32]:

- *чутливість (поріг спрацьовування)* - мінімальна величина контрольованого параметра (або швидкість його зміни), при якій спрацьовує сповіщувач;
- *інерційність спрацьовування (с)* - час від моменту досягнення контролюючим параметром пожежі величини межі спрацювання чутливого елемента пожежних сповіщувачів до моменту видачі їм сигналу «Пожежа».

Технічні характеристики сповіщувачів визначають їх технічні можливості функціонування і якість. Облік технічних характеристик дозволяє вибрати і порівняти різні зразки обладнання, якісно виконати проектні роботи і провести експертизу проекту системи пожежної сигналізації.

У випробувальній камері для ГПС з НПД СТ необхідно:

1. Підтримка постійної концентрації CO в будь-якій точці камери в часі.
2. Автоматичне фіксування мікроконтролером всіх параметрів експерименту (час, концентрація CO, температура в камері, падіння напруги на ГПС з НПД СТ) із записом результатів в базу даних і відображенням на екрані.

3. Завдання мікро контролером:

а) кроку вимірювання часу експерименту від 1 с;

б) смаленим напруги на ДПІ з НПД СТ(1 м В)

Для проведення даних досліджень створена експериментальна установка, схема якої приведена на рис 1.20 [69].

З газового балона (1) по трубопроводу на понижуючий редуктор (2) подається повітряна газова суміш (повітря + CO) певної концентрації. Через редуктор (2) газова суміш під надлишковим тиском 0,5 атм подається в герметичну газову камеру (3), де створюється постійна концентрація газової суміші (повітря + CO). Концентрація газової суміші (повітря + CO), температура і час контролюються відповідними приладами блоку (4). Після встановлення в камері (3) постійної концентрації CO в неї через герметичний шлюз міститься ГПС з НПД СТ(5). Мікроконтролером (7) автоматично через вимірювальні прилади (4) зчитуються характеристики газового середовища в камері (3), а також через вимірювальний блок (6) зчитується падіння напруги на ГПС з НПД СТ(5), викликане дією на нього певної концентрації CO. Всі отримані дані заносяться в блок бази даних (8) і паралельно відображаються на екрані (9) [32].

Після експерименту ДПІ з НПД СТ(5) виводиться з камери (3), яка потім продувається чистим повітрям. ДПІ з НПД СТ(5) автоматично піддається операції десорбції CO за допомогою мікроконтролера (7), після чого автоматично встановлюються його робочі параметри, і ДПІ з НПД СТ(5) готовий до чергового випробування [32].

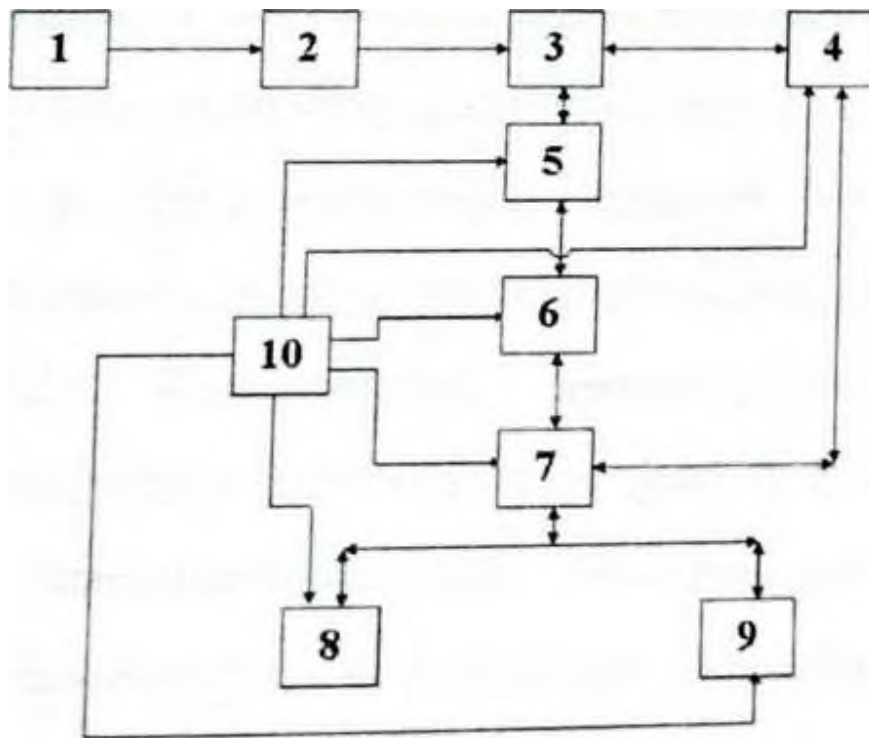


Рис. 1.20. Схема експериментальної установки для дослідження технічних характеристик ДПІ з НПД СТ за допомогою перевірочних газових сумішей: 1 - балон з повітряною газовою сумішшю (повітря + СО) певної концентрації, $V = 2$ л, $A_p = 50$ атм; 2 - понижуючий редуктор; 3 - герметична випробувальна камера; 4 - прилади контролю концентрації СО, часу, температури; 5 - ГПС з НПД СТ; 6 - вимірювальний блок; 7 - мікроконтролер; 8 - блок бази даних; 9 - пристрій інформації (екран); 10 - блок живлення [38]

За допомогою даної методики проведено експериментальні дослідження аналітичного сигналу п'яти ДПІ з НПД СТ при постійній концентрації в камері 1 ppm СО. Результати наведені на рис. 1.21 [32].

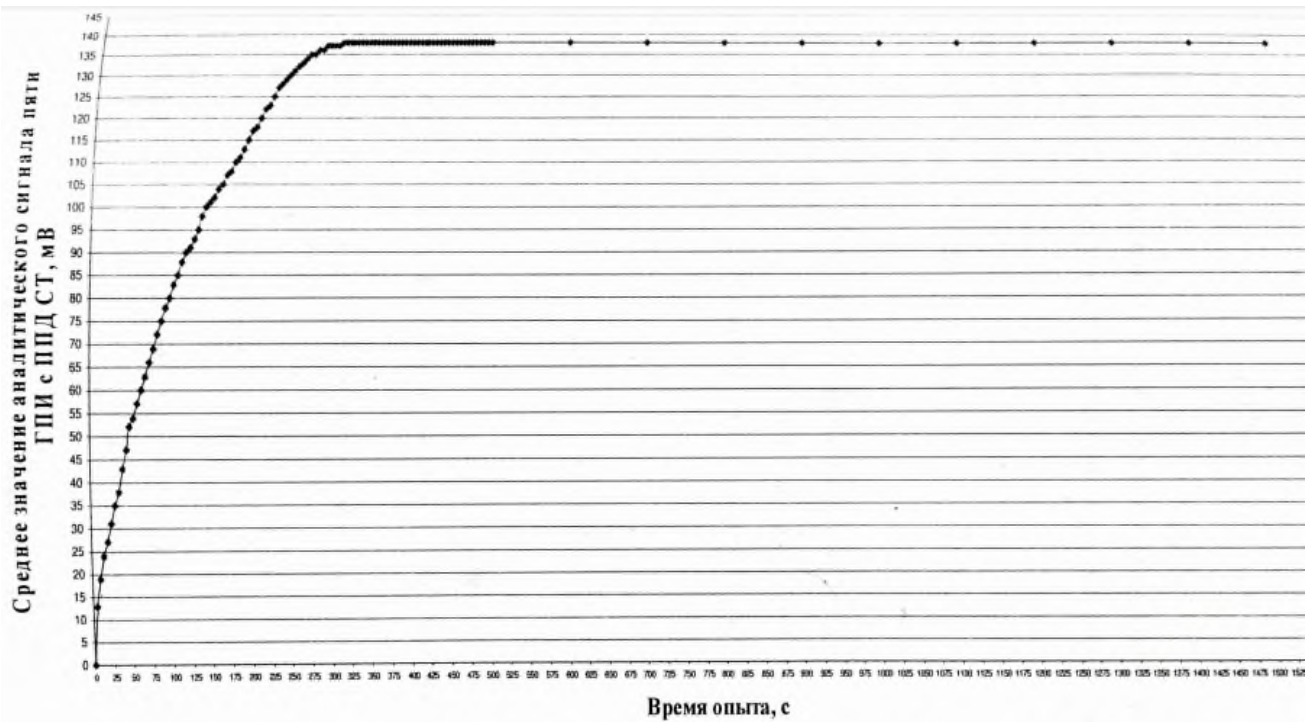


Рис. 1.21. Динаміка зміни середнього значення аналітичного сигналу п'яти ГПС з НПД СТ при концентрації CO у випробувальній камері 1ppm [38]

Проведені розрахунки за методикою [32, 33] математичної моделі ГПС з НПД СТ за методикою [32, 33] показали що одинична перехідна функція ГПС з НПД СТ буде мати вигляд:

$$h(t) = L^{-1} \left(W(p) \cdot \frac{1}{p} \right) = 138 \cdot \left(1 - \exp\left(-\frac{t}{100} \right) \right) . \quad (1.14)$$

Графічне зображення експериментальних дани як функції зміни аналітичного сигналу ГПС з НПД СТ за часом при концентрації CO = 1 ppm (позначено h(t)), а також розрахункових даних по моделі (1.14) - h(t) зображені на рис. 1.22.

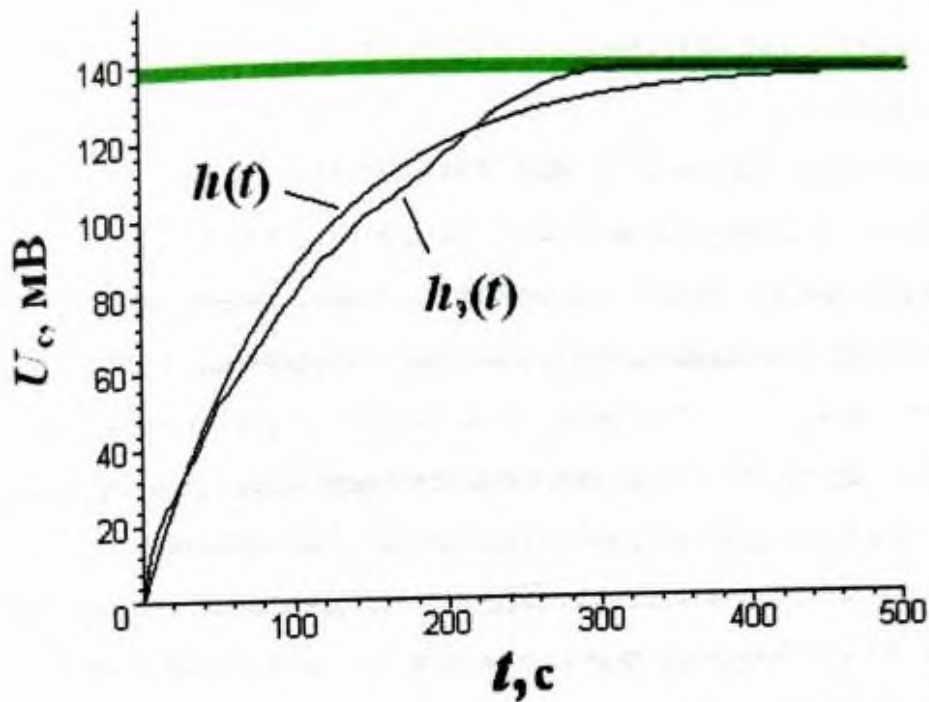


Рис. 1.22. Зміна експериментального аналітичного сигналу ГПС з НПД СТ та отриманим розрахунковим шляхом динамічної характеристики ГПС з НПД СТ – одиничної перехідної функції [38]

Середньо квадратична похибка між експериментальними даними та результатами розрахунку по отриманій моделі склала 4,6%, а відносна похибка – 4,9%, що свідчить про достатньо високу спорідненість по отриманій моделі з експериментальними даними.

1.4. Температурний режим та газообмін на початковій стадії пожежі на об'єкті

Експериментальні дослідження шляхом проведення акустичної емісії джерела запалювання [11], які на сьогоднішній день є найбезпомилковішим методом, показали яким чином проходить перебіг розвитку горіння та які матеріали при цьому виділяються (рис.1.23)

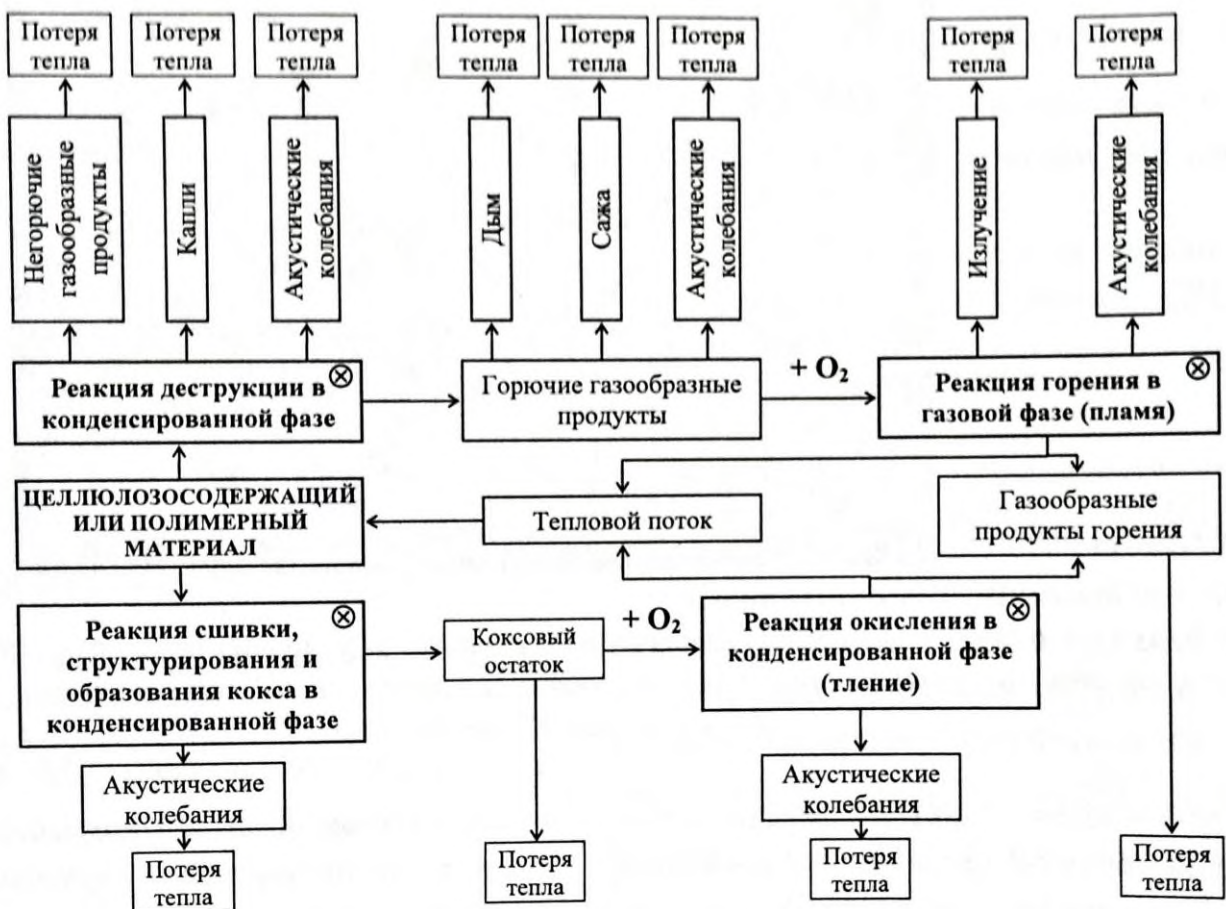
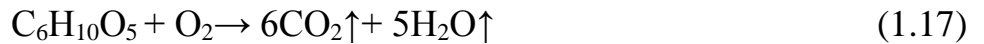
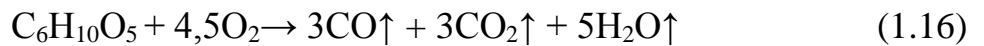
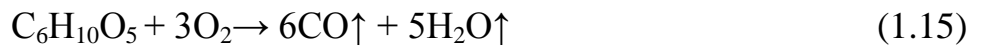


Рис.1.23 Схема целлюлозовмісних або полімерних матеріалів і прояв ефекту акустичної емісії на стадіях горіння. О – найбільш характерні стадії акустичної емісії при фізико хімічних перетвореннях [11].

На початковій стадії горіння, тобто процесу піролізу за умов недостатності кисню маємо наступну хімічну реакцію окиснення:



Далі за надлишком O₂ маємо наступні реакції:



Як видно з реакцій даних реакцій окиснення виділення газів СО з часом зменшується, при появі полум'яного горіння припиняє виділятися (тобто при достатній кількості кисню та підвищенню температури молекули вуглецю швидко окиснюються).

Виходячи з цього на момент появи полум'яного горіння ГПС з НП СТ вже подасть сигнал про пожежу.

Для визначення умов спрацювання газових пожежних сповіщувачів проведемо розрахунки для визначення середньої ентальпії продуктів згорання під поетапно починаючи із етапу піролізу деревини.

За законом Гесса визначаємо стандартну теплоту реакції горіння:

$$\Delta H^0_{\text{гор}} = \sum \Delta H^0_{\text{ПГі}} \cdot n_{\text{ПГі}} - \Delta H^0_{\text{ГР}} \quad (1.18)$$

Де $\Delta H^0_{\text{гор}}$ – стандартна теплота реакції горіння, кДж•моль⁻¹,

$\Delta H^0_{\text{ГР}}$ – стандартна теплота утворення горючої речовини, кДж•моль⁻¹,

$\Delta H^0_{\text{ПГі}}$ – стандартна теплота утворення продуктів горіння, кДж•моль⁻¹.

Визначаємо $\Delta H^0_{\text{гор}}$ для реакції окиснення (I):



$$\Delta H^0(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5) = -946,7 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$$

$$\Delta H^0(\text{O}_2) = 0 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1};$$

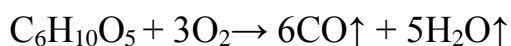
$$\Delta H^0(\text{C}) = 0 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1};$$

$$\Delta H^0(\text{CO}) = -110,50 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1};$$

$$\Delta H^0(\text{H}_2\text{O}) = -285,84 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1};$$

$$\Delta H^0_{\text{гор}} = 4 \cdot 0 + 2 \cdot (-110,50) + 5 \cdot (-285,84) - (-946,7) = -703,5 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$$

Визначаємо $\Delta H^0_{\text{гор}}$ для реакції окиснення (II):



$$\Delta H^0_{\text{гор}} = 6 \cdot (-110,50) + 5 \cdot (-285,84) - (-946,7) = -1145,5 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$$

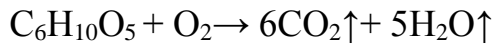
Визначаємо $\Delta H_{\text{гор}}^0$ для реакції окиснення (III):



$$\Delta H^0(\text{CO}_2) = -393,78 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1};$$

$$\Delta H_{\text{гор}}^0 = 3 \cdot (-110,50) + 3 \cdot (-393,78) + 5 \cdot (-285,84) - (-946,7) = -1995,34 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$$

Визначаємо $\Delta H_{\text{гор}}^0$ для реакції окиснення (IV):



$$\Delta H_{\text{гор}}^0 = 6 \cdot (-393,78) + 5 \cdot (-285,84) - (-946,7) = -2845,18 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$$

Проведені розрахунки показують, що при надходженні кисню теплота утворення продуктів горіння збільшується.

Перераховуємо молярну теплоту згорання у масову за формулою:

$$Q = (|\Delta H_{\text{гор}}^0| \cdot 1000) / \mu \quad (1.19)$$

де $\mu = 162 \text{ кг/моль}$ – молярна маса целюлози.

$$Q_{\text{I}} = (703,5 \cdot 1000) / 162 = 434,25 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{II}} = (1145 \cdot 1000) / 162 = 7067,9 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{III}} = (1995 \cdot 1000) / 162 = 12314,8 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{IV}} = (2845 \cdot 1000) / 162 = 17561,7 \text{ кДж/кг}$$

Таким чином ми визначили, що продукти згорання будуть починати виділятися при теплоті 434, 25 кДж/кг та з надходженням кисню буде збільшуватися. Тому необхідні параметри НПД СТ необхідно налаштовувати на значення нижчі ніж теплоту утворення продуктів горіння (піролізу).

Найбільший на людей вплив являють небезпечні фактори пожежі (температура та токсичні продукти горіння) на початковій стадії пожежі. Тому приймаємо рішення про проведення розрахунку температурного режиму пожежі у приміщенні 3, 9 та 12 хвилинах.

Розміри сцени 14,5x7,8м, ар'єрсцени 9,1x3,2 м, та глядацької зали 14,5x23 м об'єднані в одне приміщення, у глядацькій залі відкриті два дверних отвори 1,2x2,2 м. Також присутні 3 вікна розмірами 1,5x1,5 м

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		47

1. Визначаємо параметри, що характеризують особливості горіння.
Приймаємо, що основний матеріал – деревина у меблях:

- масова швидкість вигорання $u_m^0 = 1,11 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})$;
- нижча робоча теплота згорання деревини $Q_n^p = 13800 \text{ кДж}/\text{кг}$;
- питома теоретична витрата повітря $v_n^0 = 4,2 \text{ м}^3/\text{кг}$;
- питомий теоретичний об'єм продуктів згорання $v_{п.г.}^0 = 4,86 \text{ м}^3/\text{кг}$;
- коефіцієнт хімічного недопалу деревини $\eta = 0,97$;
- лінійна швидкість поширення горіння $V_{л} = 2 \text{ м}/\text{хв}$.

2. Визначаємо можливу площу пожежі на обрані моменти розвитку пожежі з проведених розрахунків.

2.1. На час розвитку $\tau_1 = 3 \text{ хв}$.

- радіус розвитку пожежі на τ_1 :

$$R_1 = 0,5 \cdot V_{л} \cdot \tau_1 = 0,5 \cdot 2 \cdot 3 = 3 \text{ м.} \quad (1.20)$$

- площа пожежі на τ_1 :

$$S_{п1} = (\pi \cdot R_1^2)/2 = (3,14 \cdot 3^2)/2 = 14,3 \text{ м}^2. \quad (1.21)$$

2.2. На час розвитку $\tau_2 = 9 \text{ хв}$.

- радіус розвитку пожежі на τ_2 :

$$R_2 = 0,5 \cdot V_{л} \cdot \tau_2 = 0,5 \cdot 2 \cdot 9 = 9 \text{ м.} \quad (1.22)$$

- площа пожежі на τ_2 , приймемо з розрахунків розвитку пожежі (ф-ла 4.2.18; 4.2.12; 4.2.16):

$$S_{п2} = a \cdot b = 14,5 \cdot 5,8 + 9,1 \cdot 3,2 = 113,22 \text{ м}^2. \quad (1.23)$$

2.3. На час розвитку $\tau_3 = 12 \text{ хв}$.

- радіус розвитку пожежі на τ_3 :

$$R_3 = 0,5 V_{л} 10 + V_{л} (t_{вил} - 10) = 0,5 \cdot 2 \cdot 10 + 2 \cdot (12 - 10) = 14 \text{ м} \quad (1.24)$$

- площа пожежі на τ_3 приймемо з розрахунків розвитку пожежі (ф-ла 4.2.18; 4.2.12; 4.2.16):

$$S_{п3} = a \cdot b = 14,5 \cdot 7,9 + 9,1 \cdot 3,2 + 14,5 \cdot 3 = 187,17 \text{ м}^2. \quad (1.25)$$

3. Визначаємо загальну площу отворів $S_{отв}$ та площу отворів, що працюють на всмоктування повітря $S_{прит}$ на 3, 5 та 12 хвилини.

На 3 та 9 хвилинах розвитку пожежі повітрообмін здійснюється через двоє відкритих дверей:

$$S_{\text{отв } 5,10} = n \cdot a_{\text{дв}} \cdot h_{\text{дв}} = 2 \cdot 2,2 \cdot 1,2 = 5,28 \text{ м}^2 \quad (1.26)$$

З 12 хвилини розвитку пожежі підсмоктування свіжого повітря здійснюється через відкриті двері, а вихід - через вікна.

На 3 та 9 хвилинах повітрообмін відбувається за першою схемою:

$$S_{\text{прит}} = S_{\text{отв}}/3 = 5,28/3 = 1,76 \text{ м}^2 \quad (1.27)$$

На 12 хвилині повітрообмін відбувається за другою схемою:

$$S_{\text{прит } 15} = 5,28 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{вик}} = 2 \cdot a \cdot b = 3 \cdot 1,5 \cdot 1,5 = 6,75 \text{ м}^2 \quad (1.28)$$

Отримані данні зводимо в таблицю 3.3.1.

Таблиця 1.4.

Динаміка розвитку пожежі та умов газообміну

Час розвитку пожежі $\tau_{\text{пож}}, \text{ХВ}$	Площа пожежі $S_{\text{пож}}, \text{м}^2$	Площа отворів, що працюють на підсмоктування $S_{\text{прит}}, \text{м}^2$	Площа отворів, що працюють на викид диму $S_{\text{вик}}, \text{м}^2$
3	14,3	1,76	3,52
9	113,22	1,76	3,52
12	187,17	5,28	6,75

4. Визначаємо коефіцієнт надлишку повітря.

4.1. Визначаємо номер кривої:

$$\text{на 3 хвилині } S_{\text{прит}}/S_{\text{пож}1} = 1,76/14,3 = 0,123;$$

$$\text{на 10 хвилині } S_{\text{прит}}/S_{\text{пож}2} = 1,76/113,22 = 0,0155;$$

$$\text{на 12 хвилині } S_{\text{прит}}/S_{\text{пож}3} = 5,28/187,17 = 0,0282.$$

4.2. Визначаємо тип кривої:

$$\text{на 3 хвилині } S_{\text{пож}1}/S_{\text{підл}} = 14,3/475,72 = 0,030;$$

$$\text{на 9 хвилині } S_{\text{пож}2}/S_{\text{підл}} = 113,22/475,72 = 0,238;$$

$$\text{на 12 хвилині } S_{\text{пож}3}/S_{\text{підл}} = 187,17/475,72 = 0,393.$$

4.3. Визначаємо коефіцієнт надлишку повітря по номограмі (таблиця 1.5)

Визначення коефіцієнту надлишку повітря.

Час розвитку пожежі $\tau_{\text{пож}}$, хв	$S_{\text{прит}}/ S_{\text{пож1}}$	$S_{\text{пож1}}/ S_{\text{підл}}$	Номер та тип кривої	Коефіцієнт надлишку повітря $\alpha_{\text{п}}$
3	0,123	0,030	крива № 4, пунктирна	3,5
9	0,0015	0,238	крива № 1, суцільна	2
12	0,0282	0,393	крива № 1, пунктирна	2,4

5. Проводимо розрахунок питомого фактичного об'єму продуктів горіння по формулі:

$$V_{\text{п.г.і}} = V_{\text{п.г.}}^0 + v_{\text{п}}^0 \cdot (\alpha_{\text{п.і}} - 1), \text{ м}^3/\text{кг}. \quad (1.29)$$

$$V_{\text{п.г.1}} = 4,86 + 4,2 \cdot (3,5 - 1) = 15,36 \text{ м}^3/\text{кг};$$

$$V_{\text{п.г.2}} = 4,86 + 4,2 \cdot (2 - 1) = 9,06 \text{ м}^3/\text{кг};$$

$$V_{\text{п.г.3}} = 4,86 + 4,2 \cdot (2,4 - 1) = 10,74 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

6. Визначаємо масову швидкість вигорання на визначений час розвитку пожежі по формулі:

$$u_{\text{mi}} = u_{\text{m}}^0 \cdot (0,3 + 0,7 \cdot \sqrt{(\tau_i/30)}), \text{ кг/м}^2 \cdot \text{хв}. \quad (1.30)$$

$$u_{\text{m1}} = 1,11 \cdot (0,3 + 0,7 \cdot \sqrt{(3/30)}) = 0,57 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{хв};$$

$$u_{\text{m2}} = 1,11 \cdot (0,3 + 0,7 \cdot \sqrt{(9/30)}) = 0,75 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{хв};$$

$$u_{\text{m3}} = 1,11 \cdot (0,3 + 0,7 \cdot \sqrt{(12/30)}) = 0,82 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{хв}.$$

7. Проводимо розрахунок об'ємної теплоємності середовища в приміщенні на визначений час розвитку пожежі за формулою:

$$C_{\text{pi}} = 1,25 + (0,12 + 0,1/(0,25 + \alpha_{\text{п.і}})) \cdot (t_i + 273)/1000, \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{К}. \quad (1.31)$$

$$C_{\text{p1}} = 1,25 + (0,12 + 0,1/(0,25 + 3,5)) \cdot (20 + 273)/1000 = 1,363 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{К};$$

$$C_{\text{p2}} = 1,25 + (0,12 + 0,1/(0,25 + 2)) \cdot (50 + 273)/1000 = 1,303 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{К};$$

$$C_{p3} = 1,25 + (0,12+0,1/(0,25+ 2,4)) \cdot (150 + 273)/1000 = 1,316 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{К.}$$

8. Визначаємо приведений ступінь чорноти системи на визначений час розвитку пожежі за формулою:

$$\epsilon_{\text{пр.}i} = 1/(1+0,0022 \cdot t_i). \quad (1.32)$$

$$\epsilon_{\text{пр.}1} = 1/(1+0,0022 \cdot 20)=0,95;$$

$$\epsilon_{\text{пр.}2} = 1/(1+0,0022 \cdot 50)=0,92;$$

$$\epsilon_{\text{пр.}3} = 1/(1+0,0022 \cdot 150)=0,75.$$

9. Визначаємо повну площу поверхні конструкції $S_{\text{огор}}$ будівлі сценічної частини:

$$S_{\text{огор}}=14,5 \cdot 4+(((23+7,8) \cdot 4)+(2,4 \cdot 5)+(3,2 \cdot 2)) \cdot 2)+9,1 \cdot 3+((23+7,8) \cdot 2 \cdot 14,5)+3,2 \cdot 9,1 \cdot 2)=1319,94 \text{ м}^2. \quad (1.33)$$

10. Проводимо розрахунок адіабатичної температури горіння деревини за визначених умов по формулі:

$$T_{\text{ад.}i}=\eta \cdot Q_{\text{н}}^p/(C_{\text{рi}} \cdot v_{\text{п.г.}i})+273, \text{ К} \quad (1.34)$$

$$T_{\text{ад.}1}= 0,97 \cdot 13800/(1,363 \cdot 15,36)+273=912 \text{ К};$$

$$T_{\text{ад.}2}= 0,97 \cdot 13800/(1,303 \cdot 9,06)+273=1406,9 \text{ К};$$

$$T_{\text{ад.}3}= 0,97 \cdot 13800/(1,316 \cdot 10,74)+273=1220 \text{ К.}$$

11. Визначаємо температуру пожежі в приміщенні на визначений час розвитку пожежі за формулою:

$$T_{\text{пож.}i} = 298+1200 \cdot (S_{\text{пож}}/S_{\text{підл}}) \quad (3.35)$$

$$T_{\text{пож.}1} = 298+1200 \cdot (14,3/475)=334 \text{ К};$$

$$T_{\text{пож.}2} = 298+1200 \cdot (113,22/475)=583 \text{ К};$$

$$T_{\text{пож.}3} = 298+1200 \cdot (187,17/475)=770 \text{ К.}$$

12. Визначаємо висоту нейтральної зони в приміщенні на визначений час розвитку пожежі.

В період вільного розвитку пожежі газообмін відбувається через відкриті дверні отвори, тому висоту нейтральної зони розраховуємо по формулі:

$$h_{\text{н.з.}}=H/(1+^3\sqrt{(T_{\text{п.г.}}/T_0)}), \quad (1.36)$$

де H – повна висота отвору, через який здійснюється повітрообмін, м;

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		51

$T_{п.г.}$ – температура продуктів горіння, К;

T_0 – температура повітря, К.

На 3 хвилині:

$$h_{н.з.} = 2,2 / (1 + \sqrt[3]{(334/293)}) = 1,07 \text{ м.}$$

На 9 хвилині:

$$h_{н.з.} = 2,2 / (1 + \sqrt[3]{(587/293)}) = 0,97 \text{ м.}$$

На 12 хвилині руйнуються три засклені вікна розмірами 1,5x1,5 м, при цьому висота нейтральної зони визначається:

$$h_{н.з.} = H / ((S_{прит} / S_{вих})^2 \cdot (T_{п.г.} / T_0) + 1) + 0,5 \cdot h_{прит}, \quad (1.37)$$

де H – відстань між центрами приливних і витяжних прорізів, м:

$$H = 2 \cdot h_{поверх} - 0,5 \cdot (h_{прит} + h_{вих}) = 2 \cdot 2 - 0,5 \cdot (2,2 + 1,5) = 2,15. \quad (1.38)$$

$$h_{н.з.} = 2,15 / ((5,28/6,75)^2 \cdot (770/293) + 1) + 0,5 \cdot 2,2 = 1,92 \text{ м.}$$

Таблиця 1.6.

Температурний режим та висота нейтральної зони в приміщенні.

Час розвитку пожежі $\tau_{пож}$, хв	Адіабатична температура пожежі, $^{\circ}\text{C}$	Середньооб'ємна температура пожежі, $^{\circ}\text{C}$	Висота нейтральної зони, м
3	639	61	1,07
9	1133	317	0,97
12	947	497	1,92

Отримані результати зобразимо на рис.1.24 та 1.25.

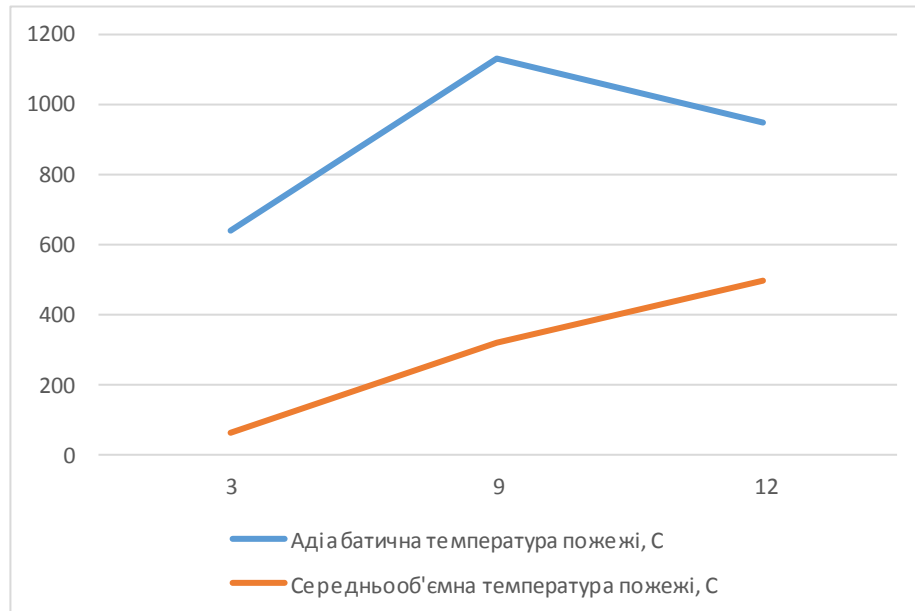


Рисунок 1.24 – Температурний режим пожежі

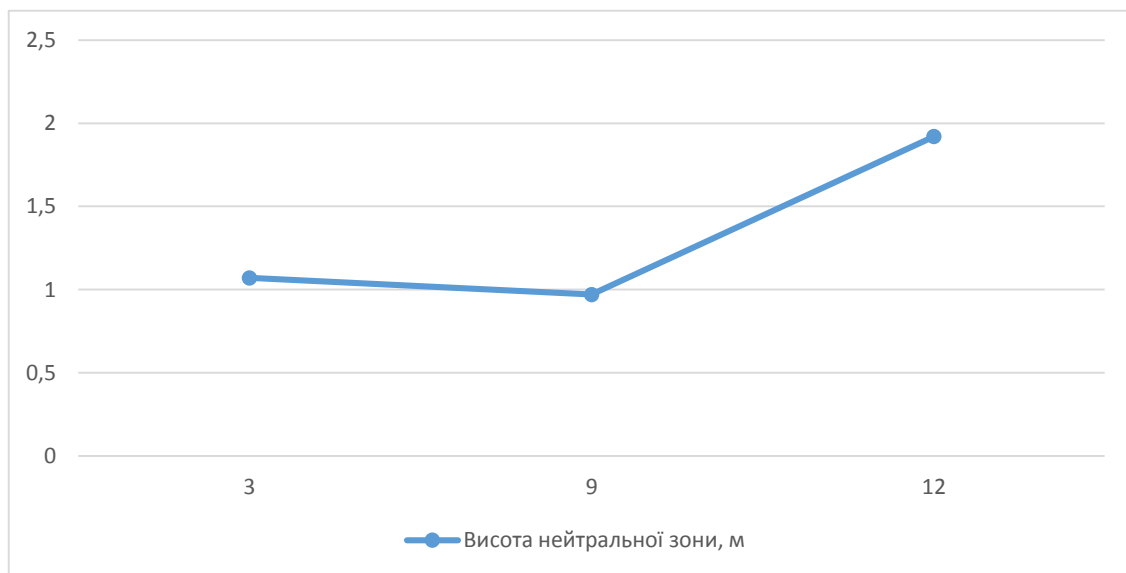


Рисунок 1.25 – Умови газообміну на пожежі

1.5. Висновки до розділу

1. Проведено обґрунтування вибору найбільш ефективних пожежних сповіщувачів шляхом порівняння різних типів сповіщувачів за часом спрацювання та місць установки. Розрахунки показали, що газові пожежні сповіщувачі

мають безперечну перевагу над тепловими та димовими пожежними сповіщувачами.

2. Розглянуто види конструкцій та хімічний склад чутливих маси ГПС. Дослідження показали, що серед існуючих найефективнішим є напівпровідниковий датчик спіралеподібного типу, у якого чутливість (порог спрацювання) складає 1ppm що відповідає значенню аналітичного сигналу 5 мВ.

3. Розглянуто опис та принцип дії газового пожежного сповіщувача з напівпровідниковим датчиком спіралеподібного типу та шляхи їх модифікування.

4. Проведено термодинамічний розрахунок реакції горіння на різних стадіях, визначено, яким повинне бути порогове значення по ентальпії продуктів горіння.

5. Проведено розрахунки температурного режиму та умов газообміну пожежі в культурно видовищних закладах, на прикладі Краснокутського будинку культури.

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		54

РОЗДІЛ 2. ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ПОЖЕЖОГАСІННЯ В РІЗНИХ СХЕМАХ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

З метою розробки тактичного задуму гасіння пожежі, а також для найбільш якісного прогнозування можливої обстановки на пожежі необхідно:

а) прогнозувати можливі варіанти розвитку пожежі по середнім статистичним даним для подібних об'єктів;

б) вибрати найбільш складний варіант із погляду організації евакуації людей та гасіння пожежі.

На підставі прогнозу обстановки на пожежі визначаються основні параметри її гасіння. При цьому з'являється можливість оцінити умови оперативної роботи підрозділів ДСНС України в конкретних умовах.

Як показує статистика, 60-70% усіх пожеж у культурно-видовищних установах виникає на сцені. Швидкому розвитку пожеж на сцені сприяє її обсяг, наявність великої кількості горючих матеріалів і утворення потужних конвективних потоків.

Аналіз і прогнозування обстановки на пожежі будемо проводити, виходячи з конкретних планувальних рішень будинку.

2.1. Розрахунок ефективності пожежогасіння в приміщеннях з димовими пожежними сповіщувачами

2.1.1. Визначення параметрів розвитку пожежі при спрацюванні димових пожежних сповіщувачів

При визначенні зростання площі пожежі на момент зосередження сил та засобів необхідно враховувати, що в перші 10 хвилин від початку розвитку пожежі лінійну швидкість ($0,5v_{л}$). Через 10 хвилин і до моменту введення засобів гасіння першими підрозділами, що прибули на пожежу, лінійна швидкість при розрахун-

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		55

ку береться рівною табличній, з моменту введення перших засобів гасіння до моменту локалізації пожежі вона знову приймається рівною $0,5 V_{л.}$. Виходячи з табличних даних (Довідник КГП, с.23), лінійна швидкість поширення горіння – 1,0-3,0 м/хв. Приймаємо лінійну швидкість рівною 2,0 м/хв. Час виявлення пожежі – 10 хв. Час сповіщення приймаємо – 1 хв. Час збору та виїзду приймаємо згідно з нормативами – 1 хв. Час оперативного розгортання – 3хв. Час прямування підрозділів ДСНС України визначається за формулою:

$$\tau_{\text{прям.}} = \frac{L \cdot 60}{V_{\text{сер.}}}, \quad (2.1)$$

де L – відстань від місця дислокації підрозділу до місця виклику, км;

$V_{\text{сер.}}$ – середня швидкість руху пожежних автомобілів, км/год.

Для 57 ДПРЧ:

$$\tau_{\text{прям.}} = \frac{L \cdot 60}{V_{\text{сер.}}} = \frac{1,7 \cdot 60}{45} = 2,26 \approx 3 \text{ хв}$$

Для ДПК ДП ДГ «Пархомівське»:

$$\tau_{\text{прям.}} = \frac{L \cdot 60}{V_{\text{сер.}}} = \frac{6 \cdot 60}{45} = 8 \text{ хв}$$

Для Краснокутського ДПК УКПГ «Березівка»:

$$\tau_{\text{прям.}} = \frac{L \cdot 60}{V_{\text{сер.}}} = \frac{16 \cdot 60}{45} = 21,3 \approx 22 \text{ хв}$$

Через те, що маршрут руху підрозділу проходить через населений пункт, де максимально допустима швидкість руху становить 60 км/год, то ми приймаємо середню швидкість руху $V_{\text{сер.}} = 45$ км/год.

Час вільного розвитку пожежі складається з часу виявлення пожежі, повідомлення про пожежу, збору особового складу підрозділу за сигналом «Тривога», слідування до місця виклику та оперативного розгортання.

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		56

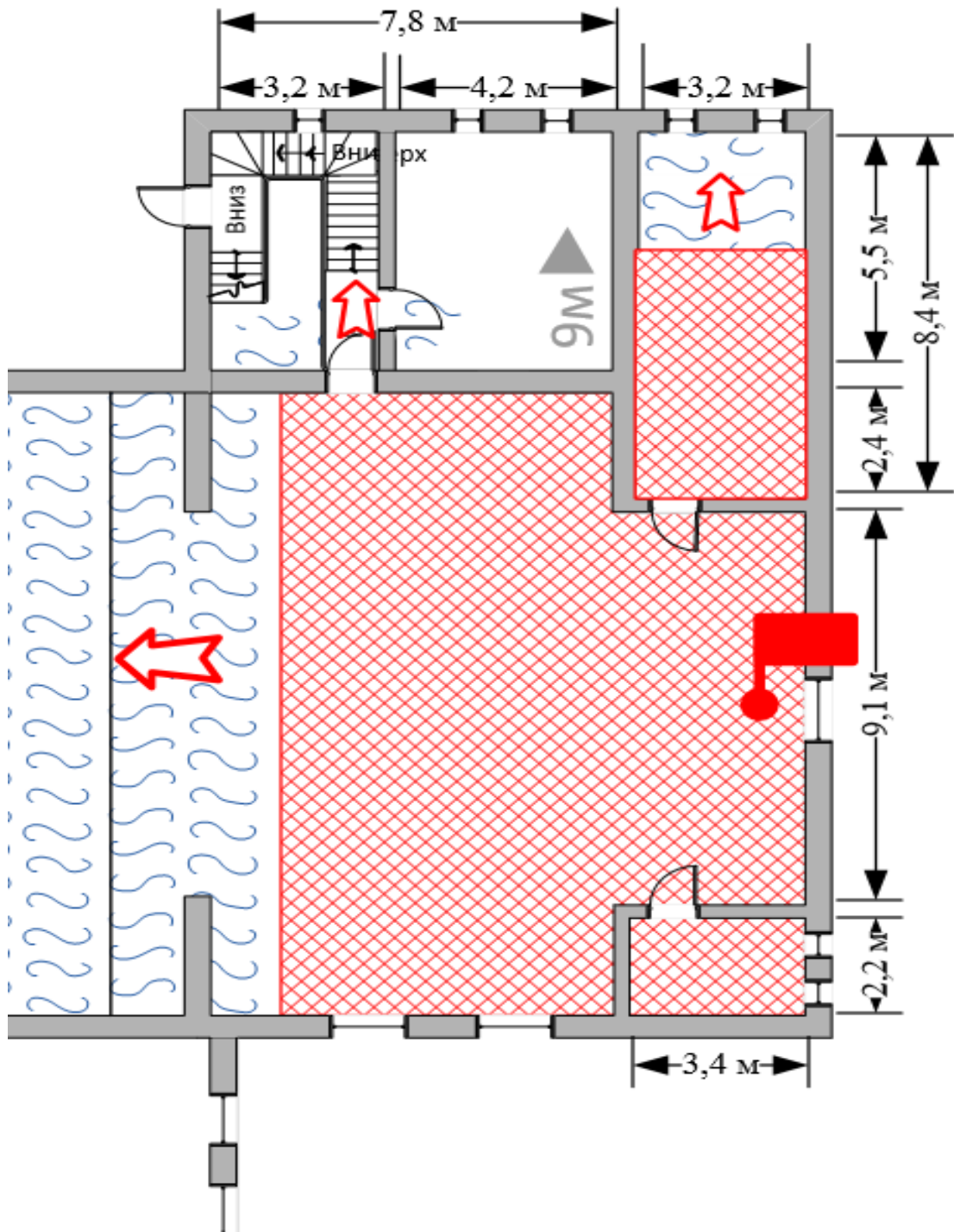


Рис. 2.1 Розвиток пожежі під чай її виявлення $t_{вияв} = 10$ хв

Час вільного розвитку пожежі складе:

$$t_{сп} = t_{вияв} + t_{спов} + t_{зб.в.} + t_{прям.} + t_{о.р.} = 10 + 1 + 1 + 3 + 3 = 18 \text{ хв.}, \quad (2.2)$$

де $t_{нов}$ - час до повідомлення про пожежу (τ_1), хв.;

$t_{вияв}$ - час виявлення пожежі, хв.;

$t_{зб}$ - час збору підрозділу по тривозі, хв.;

$t_{ор}$ - час оперативного розгортання, хв.;

$t_{сл}$ - час слідування підрозділу до місця виклику, хв.

Визначаємо радіус пожежі під час її виявлення ($t_{вияв} = 10$ хв.), так як $t \leq 10$ хв., радіус пожежі визначаємо за формулою:

$$R_{вияв} = 0,5 \cdot v_{л} \cdot t_{вияв} = 0,5 \cdot 2 \cdot 10 = 10 \text{ м} \quad (2.3)$$

Оскільки сцена має розмір $14,5 \times 9,5$ метрів, а пожежа виникла у задньому кармані сцени і має радіус пожежі 10 м., то пожежа, поширившись, охопила всю сценічну частину (у тому числі лівий та правий кармани), частину гримерної, частину акторської кімнати.

Форма пожежі прямокутна.

Визначаємо площу пожежі під час її виявлення:

$$S_{виявл} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4, \quad (2.4)$$

де $S_{виявл}$ – площа пожежі на момент виявлення, м²;

S_{1-7} – площі пожежі у приміщеннях згідно рис. 2.2, м².

Визначаємо відстані від осередку пожежі до дверей приміщень.

Розраховуємо відстань до дверей акторської кімнатита гримерної. Відстані до горизонтальної осі, на якій розташовані двері по вертикалі приймаємо рівній половині ширини ар'єрсцени, для зручності цю відстань назвемо літерою «а», отже $a = \frac{9,1}{2} = 4,55$ м. Відстань до вертикальної осі, на якій розташовані двері по горизонталі дорівнює 2,8 м для зручності цю відстань назвемо літерою «b», отже $b = 2,8$ м. Користуючись теоремою Піфагора, маємо

$$R'' = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{4,55^2 + 2,8^2} = 5,3 \text{ м.}$$

Розраховуємо відстань до дверей сходової клітини. Відстань до горизонтальної осі, на якій розташовані двері по вертикалі приймаємо 6,95 м, для зручності цю відстань назвемо літерою «а», отже $a = 6,95$ м. Відстань до вертикальної осі, на якій розташовані двері по горизонталі дорівнює 7,4 м для зручності цю

відстань назвемо літерою «b», отже $b = 7,4$ м. Користуючись теоремою Піфагора, маємо

$R'' = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{6,95^2 + 7,4^2} = 10,15$ м. , звідси маємо, що на момент виявлення пожежі на сходовій клітині пожежа не поширюється

Визначаємо радіуси пожеж у кімнатах:

- акторської кімнати $R_{\text{актор}} = R_{\text{вияв}} - R'' = 10 - 5,3 = 4,7$ м

- гримерної $R_{\text{грим}} = R_{\text{приб}} - R''' = 10 - 5,3 = 4,7$ м

Форму поширення пожежі визначаємо:

- для сцени, гримерної та акторської кімнати – як прямокутну;

Визначаємо площу пожежі:

$$S_{\text{п}} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 \quad (2.5)$$

де S_n – площа пожежі, м²;

S_{1-4} – площі пожежі у приміщеннях згідно рис. 2.2, м².

- площа пожежі на сцені з карманами:

$$S_1 = a \cdot b = 14,5 \cdot 6,8 = 98,6 \text{ м}^2 \quad (2.6)$$

- площа пожежі в ар'єрцені:

$$S_2 = a \cdot b = 9,1 \cdot 3,2 = 29,12 \text{ м}^2 \quad (2.7)$$

- площа пожежі в гримерній:

$$S_3 = a \cdot b = 2,2 \cdot 3,4 = 7,48 \text{ м}^2 \quad (2.8)$$

- площа пожежі в акторській кімнаті:

$$S_4 = a \cdot b = 4,7 \cdot 3,2 = 15,04 \text{ м}^2 \quad (2.9)$$

Загальна площа пожежі на момент виявлення:

$$S_{\text{п}} = 98,6 + 29,12 + 7,48 + 15,04 = 150,24 \text{ м}^2$$

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		59

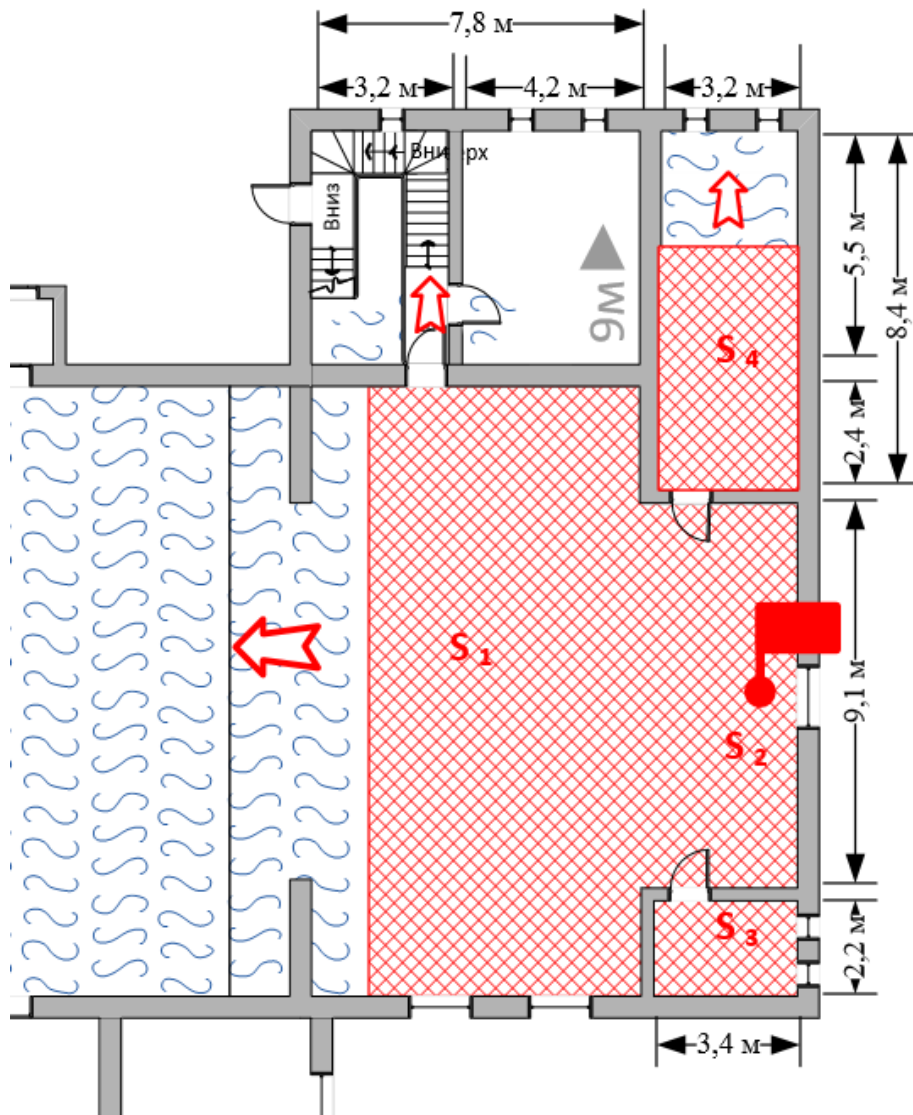


Рис. 2.2 Площі пожежі

Визначаємо радіус пожежі під час прибуття першого пожежно рятувального підрозділу та подачі пожежних стволів

(хв.), так як $t \geq 10$ хв., радіус пожежі визначаємо за формулою:

$$t_{в.роз.} = t_{вияв} + t_{спов} + t_{зб.виїзд} + t_{прям} + t_{оп.роз.} = 10 + 1 + 1 + 3 + 3 = 18 \quad (2.10)$$

Визначаємо радіус пожежі в момент введення перших сил та засобів ($t = 12$ хв.), так як $t \geq 10$ хв., радіус пожежі визначаємо за формулою:

$$R = 0,5 \cdot v_l \cdot t_{10} + v_l \cdot (t_{в.п} - t_{10}) = 0,5 \cdot 2 \cdot 10 + 2 \cdot (18 - 10) = 26 \text{ м} \quad (2.11)$$

Визначаємо радіуси пожеж у кімнатах:

- сходової клітини $R_{сх} = R_{вр} - R' = 26 - 10,15 = 6,75$ м
- акторської кімнати $R_{актор} = R_{вр} - R'' = 26 - 5,3 = 8$ м
- гримерної $R_{грим} = R_{вр} - R''' = 26 - 5,3 = 8$ м
- художньої майстерні $R_{худ. майст} = R_{вр} - R' - 1,5 = 26 - 10,15 - 1,5 = 5,25$ м
- глядацької зали $R_{зали} = R_{приб} - R^* = 26 - 11 = 15$ м

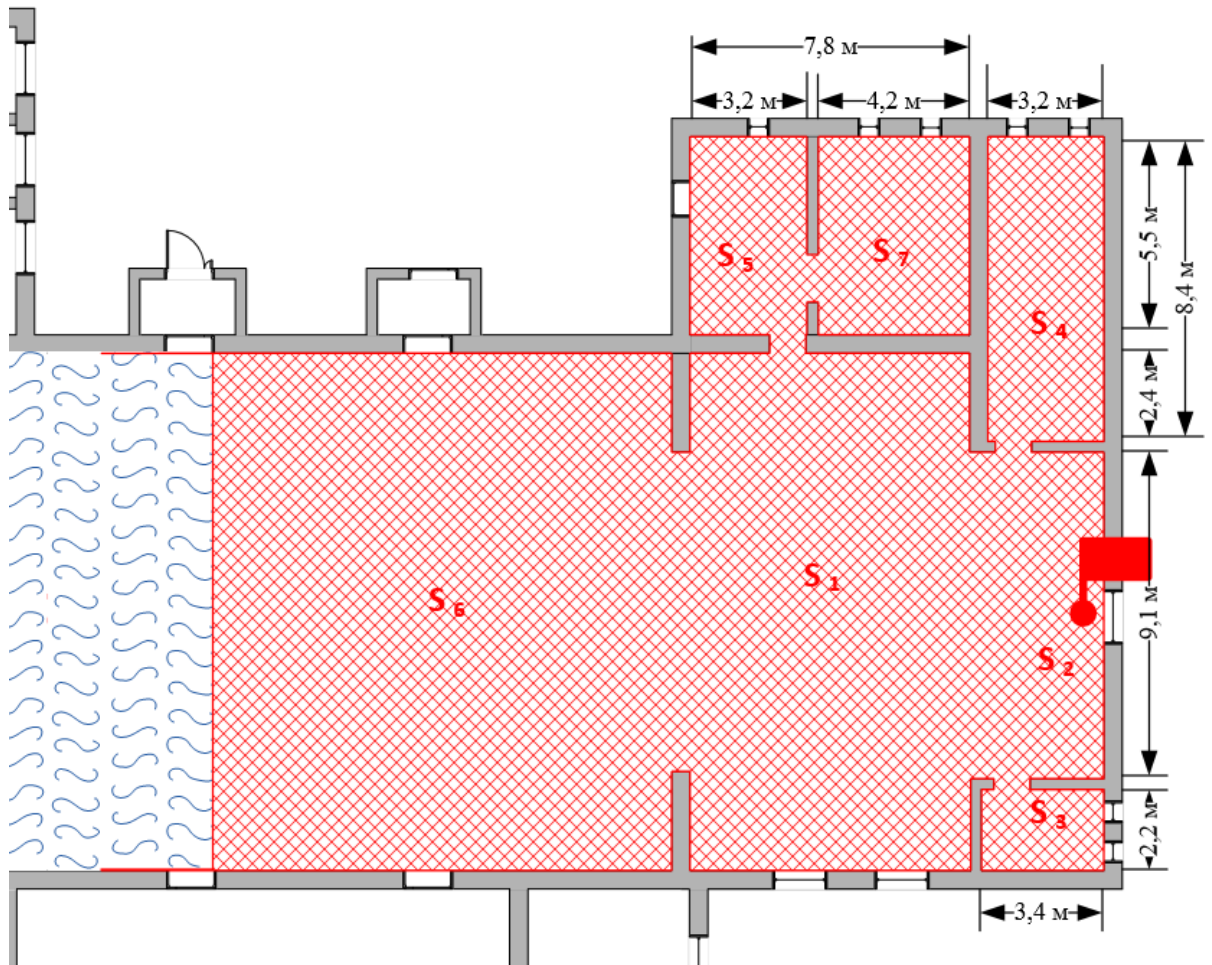


Рис. 2.3. Розвиток пожежі в момент подачі перших стволів (припинення вільного розвитку) $t_{ep} = 18$ хв

Форму поширення пожежі визначаємо:

- для сцени, глядацької зали, гримерної, сходової клітини, акторської кімнати, художньої майстерні – як прямокутну;

Визначаємо площу пожежі:

$$S_{п} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7, \quad (2.12)$$

S_{1-7} – площі пожежі у приміщеннях згідно рис. 2.3, м².

- площа пожежі на сцені з карманами:

$$S_1 = a \cdot b = 14,5 \cdot 7,8 = 113,1 \text{ м}^2 \quad (2.13)$$

- площа пожежі в ар'єрсцені:

$$S_2 = a \cdot b = 9,1 \cdot 3,2 = 29,12 \text{ м}^2 \quad (2.14)$$

- площа пожежі в гримерній:

$$S_3 = a \cdot b = 2,2 \cdot 3,4 = 7,48 \text{ м}^2 \quad (2.15)$$

- площа пожежі в акторській кімнаті:

$$S_4 = a \cdot b = 7,9 \cdot 3,2 = 25,28 \text{ м}^2 \quad (2.16)$$

- площа пожежі в кімнаті із сходовою клітиною:

$$S_5 = a \cdot b = 5,5 \cdot 3,2 = 17,6 \text{ м}^2 \quad (2.17)$$

- площа пожежі у глядацькій залі:

$$S_6 = a \cdot b = 14,5 \cdot 15 = 217,5 \text{ м}^2 \quad (2.18)$$

- площа пожежі у художній майстерні:

$$S_7 = a \cdot b = 5,5 \cdot 4,2 = 23,1 \text{ м}^2 \quad (2.19)$$

- Загальна площа пожежі:

$$S_{\text{п}} = 113,1 + 29,12 + 7,48 + 25,28 + 17,6 + 217,5 + 23,1 = 433,18 \text{ м}^2$$

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		62

2.1.2. Розрахунок кількості сил та засобів для гасіння пожежі у випадку спрацювання димових пожежних сповіщувачів.

Найдоцільнішим способом гасіння пожежі у даному випадку є гасіння по фронті пожежі.

Визначаємо фронт пожежі згідно рисунку 4.2.4:

$$\Phi_{\text{п}} = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 + \Phi_6 + \Phi_7$$

(4.2.25)

де $F_1, F_2, F_3, F_4, F_5, F_6, F_7$ – фронт пожежі згідно рисунку 2.4;

F_4 – фронт пожежі у приміщенні складу декорацій.

$$F_{\text{п}} = 14,5 + 5,5 + 4,2 + 3,2 + 9,1 + 2,2 + 7,8 = 46,5 \text{ м}$$

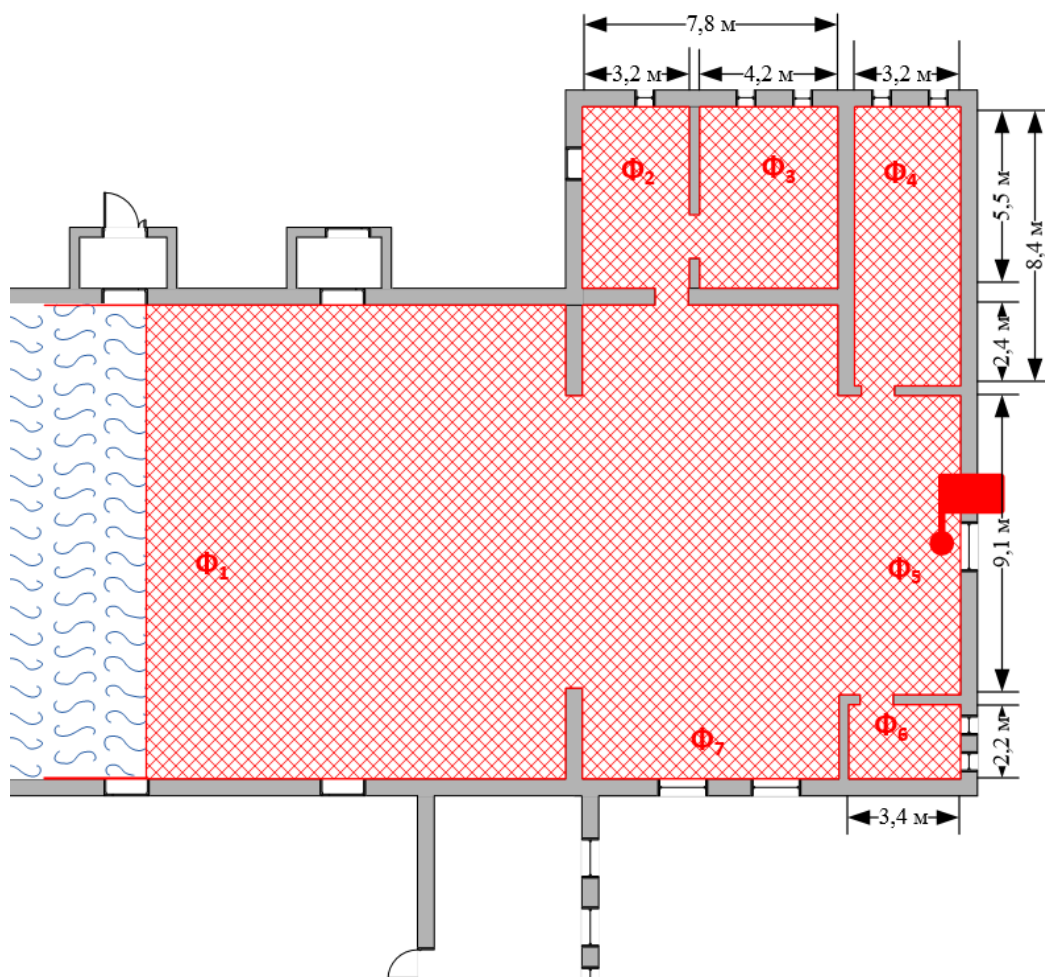


Рис. 2.4. Фронт пожежі

Визначаємо площу гасіння:

$$S_{\text{гас}} = S_{\text{гас1}} + S_{\text{гас2}} + S_{\text{гас3}} + S_{\text{гас4}} + S_{\text{гас5}} + S_{\text{гас6}} + S_{\text{гас7}} \quad (2.20)$$

Де $S_{\text{гас1-7}}$ – площа гасіння пожежі згідно рисунку 2.5

Розрахуємо площу гасіння, беручи до уваги, що на сцену з боку глядацького залу подаватимуться ручні стволи «А» з глибиною гасіння $h_{\text{гас}}^A = 7$ м, у всіх інших напрямках, де неможливо подати стволи «А» (робота зі стволом на висоті) будуть подаватися стволи «Б» з глибиною гасіння $h_{\text{гас}}^B = 5$ м.

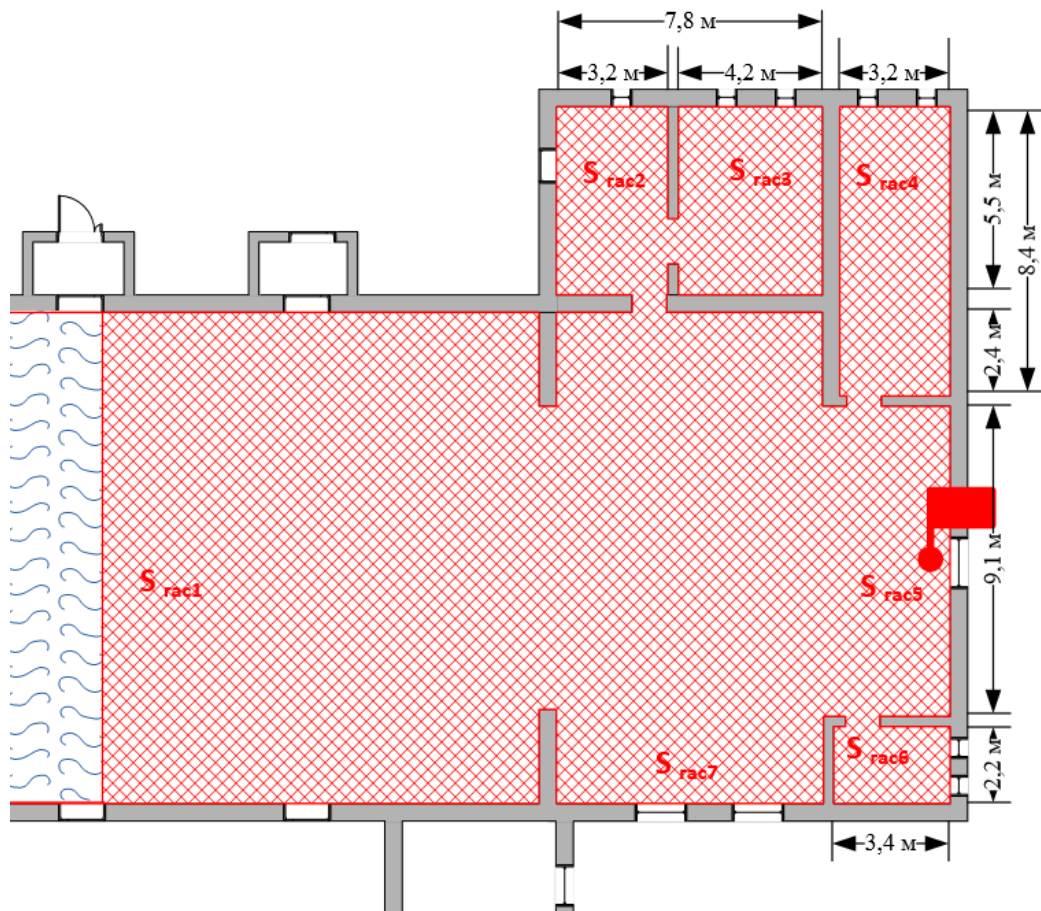


Рис. 2.5. Площа гасіння пожежі

$$S_{\text{гас1}} = a \cdot h_{\text{гас}}^A = 14,5 \cdot 7 = 101,5 \text{ м}^2 \quad (2.21)$$

Так як $b < h_{\text{гас}}^B$ то приймаємо:

$$S_{\text{гас2}} = S_{\text{пож5}} = a \cdot b = 5,5 \cdot 3,2 = 17,6 \text{ м}^2 \quad (2.22)$$

Так як вікна першого поверху знаходяться на висоті, на гасіння подаються стволи «Б»:

$$S_{\text{гас4}} = a \cdot h_{\text{гас}}^B = 4,2 \cdot 5 = 21 \text{ м}^2 \quad (2.23)$$

$$S_{\text{гас4}} = a \cdot h_{\text{гас}}^B = 3,2 \cdot 5 = 16 \text{ м}^2 \quad (2.24)$$

$$S_{\text{гас5}} = a \cdot h_{\text{гас}}^{\text{Б}} = 9,1 \cdot 5 = 45,5 \text{ м}^2 \quad (2.25)$$

Так як $b < h_{\text{гас}}^{\text{Б}}$ то приймаємо:

$$S_{\text{гас6}} = S_{\text{пож3}} = a \cdot b = 2,2 \cdot 3,4 = 7,48 \text{ м}^2 \quad (2.26)$$

$$S_{\text{гас7}} = a \cdot h_{\text{гас}}^{\text{Б}} = 7,8 \cdot 5 = 39 \text{ м}^2 \quad (2.27)$$

$$S_{\text{гас}} = 101,5 + 17,6 + 21 + 16 + 45,5 + 7,48 + 39 = 248 \text{ м}^2$$

Визначимо потрібну витрату вогнегасних засобів на гасіння пожежі.

Обчислимо потрібні витрати вогнегасних речовин для гасіння:

$$Q_{\text{нотр}}^{\text{зас}} = S_{\text{зас}} \cdot I_{\text{нотр}}^{\text{зас}} \quad (2.28)$$

де $I_{\text{нотр}}^{\text{зас}}$ - інтенсивність подачі вогнегасних засобів для гасіння пожежі, $\frac{\text{л}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$,
приймаємо рівним 0,2 (Довідник КГП, стор. 52).

$$Q_{\text{нотр}}^{\text{зас}} = S_{\text{зас}} \cdot I_{\text{нотр}}^{\text{зас}} = 248 \cdot 0,2 = 49,6 \approx 50 \text{ л/с}$$

Визначимо кількість приладів для подачі вогнегасних речовин для гасіння.
Зважаючи, що витрата одного ствола РС-70 по воді складає – 7,4 л/с. :

$$N_{\text{ств}}^{\text{з}} = \frac{Q_{\text{нотр}}^{\text{зас}}}{Q_{\text{ств}}} = \frac{50}{7,4} = 6,75 - \text{приймаємо } 7 \text{ стволів «А»} \quad (2.29)$$

де $Q_{\text{ств}}$ - витрати води зі ствола л/сек.

Виходячи з вимог Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту визначаємо, що для гасіння пожежі необхідно ввести 7 стволів «А», але на мою думку у разі неможливості подавання стволів «А» на гасіння пожежі (робота на висоті), необхідно подавати стволи «Б», за умови, якщо буде забезпечена необхідна кількість (витрата) вогнегасячих речовин для гасіння пожежі.

Так як вогнем охоплено частину об'єкта і відбувається його поширення на інші частини цього об'єкта, тому в першу чергу будуть вводитися стволи «А» збоку глядацької зали, тобто там деподальше поширювання вогню може призвести найбільших збитків. Тому для ефективного розрахунку сил та засобів для

гасіння пожежі необхідно розрахувати витрати води на кожній ділянці гасіння пожежі.

$$Q_{нотр1}^{zac} = S_{zac1} \cdot I_{нотр}^{zac} = 101,5 \cdot 0,2 = 20,3 \text{ л/с}$$

$$Q_{нотр2}^{zac} = S_{zac2} \cdot I_{нотр}^{zac} = 17,6 \cdot 0,2 = 3,52 \text{ л/с}$$

$$Q_{нотр3}^{zac} = S_{zac3} \cdot I_{нотр}^{zac} = 21 \cdot 0,2 = 4,2 \text{ л/с}$$

$$Q_{нотр4}^{zac} = S_{zac4} \cdot I_{нотр}^{zac} = 16 \cdot 0,2 = 3,2 \text{ л/с}$$

$$Q_{нотр5}^{zac} = S_{zac5} \cdot I_{нотр}^{zac} = 45,5 \cdot 0,2 = 9,1 \text{ л/с}$$

$$Q_{нотр6}^{zac} = S_{zac6} \cdot I_{нотр}^{zac} = 7,48 \cdot 0,2 = 1,49 \text{ л/с}$$

$$Q_{нотр7}^{zac} = S_{zac7} \cdot I_{нотр}^{zac} = 39 \cdot 0,2 = 7,8 \text{ л/с}$$

Визначаємо необхідну кількість стволів.

$$N_{ств}^z = \frac{Q_{нотр1}^{zac}}{Q_{ств}} = \frac{20,3}{7,4} = 2,74 \text{ приймаємо 3 стволи «А»}$$

- зі сторони глядацької зали;

$$N_{ств}^z = \frac{\sum Q_{нотр}^{zac}}{Q_{ств}} = \frac{3,52 + 4,2 + 3,2 + 9,1 + 1,49 + 7,8}{3,7} = 7,92 \text{ приймаємо 8 стволів «Б»}$$

- зі сторони кімнати із сходової клітини;

- через вікна у художню майстерню;

- через вікна у акторську кімнату;

- через вікно в ар'єрсцену;

- через вікно у гримерну;

- через вікно у лівий карман сцени.

Визначимо фактичну витрату води на гасіння пожежі:

$$Q_{факт}^{zac} = \sum N_{ств} \cdot Q_{ств} = 3 \cdot 7,4 + 8 \cdot 3,7 = 51,8 \text{ л/с} \quad (2.30)$$

Визначаємо необхідні витрати води на захист даху над сценою будинку культури

$$Q_{потр}^{зах} = 0,25 \cdot I_{гас} \cdot S_{пож} = 0,25 \cdot 0,2 \cdot 113,1 = 5,655 \text{ л/с} \quad (2.31)$$

Визначаємо кількість стволів «Б», необхідних для захисту даху :

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		66

$$N_{\text{прил}}^{\text{зах}} = \frac{Q_{\text{зах}}}{Q_{\text{прил}}} = \frac{5,655}{3,7} = 1,528 \quad (2.32)$$

Приймаємо 2 стволи «Б» .

Визначаємо необхідні витрати на захист цокольного поверху, що знаходиться під сценою:

$$Q_{\text{потр}}^{\text{зах}} = 0,25 \cdot I_{\text{гас}} \cdot S_{\text{зах}} = 0,25 \cdot 0,2 \cdot 197 = 9,85 \text{ л/с}$$

Де

$$S_{\text{зах}} = S_{\text{пож1}} + S_{\text{пож2}} + S_{\text{пож3}} + S_{\text{пож4}} + S_{\text{пож7}} = 113,1 + 29,12 + 7,48 + 25,6 + 21,7 = 197 \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість ручних стволів «Б», необхідних для захисту цокольного поверху що знаходяться під сценою:

$$N_{\text{прил}}^{\text{зах}} = \frac{Q_{\text{зах}}}{Q_{\text{прил}}} = \frac{9,85}{3,7} = 2,66 \quad (2.33)$$

Приймаємо 3 стволи «Б».

Визначаємо кількість стволів необхідних для захисту суміжних приміщень:

$$Q_{\text{потр}}^{\text{зах}} = 0,25 \cdot I_{\text{гас}} \cdot S_{\text{зах}} = 0,25 \cdot 0,2 \cdot 19 \cdot 3 = 2,85 \text{ л/с}$$

Визначаємо кількість ручних стволів «Б», необхідних для захисту суміжних приміщень :

$$N_{\text{прил}}^{\text{зах}} = \frac{Q_{\text{зах}}}{Q_{\text{прил}}} = \frac{2,85}{3,7} = 0,77 \quad (2.34)$$

Приймаємо 1 ствол «Б».

Визначаємо сумарну фактичну витрату на захист будівлі будинку культури

$$Q_{\text{факт}}^{\text{зах}} = \sum N_{\text{ств}} \cdot Q_{\text{ств}} = 6 \cdot 3,7 = 22,2 \text{ л/с}$$

Визначаємо загальні витрати води на захист і гасіння пожежі:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{факт}}^{\text{гас}} + Q_{\text{факт}}^{\text{зах}} = 51,8 + 22,2 = 74 \text{ л/с} \quad (2.35)$$

Визначаємо забезпеченість об'єкту водою. Безпосередньо біля об'єкту розташовані пожежні гідранти, отже при використанні гідранту навіть при найнижчому напорі 3 атмосфери, водовіддача буде становити приблизно 170 л/с. Отже для гасіння даної пожежі нам знадобиться $74/170 = 0,43 \approx 1$ ПГ.

При використанні пожежних гідрантів та пожежного водоймища з точки зору водовіддачі, об'єкт являється забезпечений водою для гасіння даної пожежі.

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		67

Знаходимо необхідну кількість пожежних машин для подачі вогнегасної речовини:

$$N_{\text{машин}} = \frac{Q_{\text{факт}}^{\text{заг}}}{(0,8 \cdot Q_{\text{насоса}})} = \frac{74}{(0,8 \cdot 40)} = 2,3 \approx 3 \text{ АЦ} \quad (2.36)$$

Розраховуємо кількість о/с для забезпечення подачі розрахованої кількості вогнегасної речовини:

$$\begin{aligned} N_{\text{о/с}} &= N_{\text{ГДЗС}} \cdot 3 + N_{\text{ПБ}} \cdot 1 + N_{\text{розг}} \cdot 1 + N_{\text{гас.вис}}^{\text{б}} \cdot 2 + N_{\text{гас.}}^{\text{б}} \cdot 1 + N_{\text{драбин}} \cdot 1 + N_{\text{зах}}^{\text{б}} \cdot 1 + N_{\text{зах.вис.}}^{\text{б}} \cdot 2 = \\ &= 3 \cdot 3 + 3 \cdot 1 + 6 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 1 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 2 = 49 \end{aligned} \quad \text{осіб (2.37)}$$

де $N_{\text{ГДЗС}}$ - кількість пожежних-рятувальників для подачі ствола «А», виходячи з того, що стволи «А» подає ланка ГДЗС, то її мінімальна кількість 3 чоловіка;

$N_{\text{зах}}^{\text{б}}$ - кількість пожежних-рятувальників для подачі ствола «Б» на захист;

$N_{\text{зах.вис.}}^{\text{б}}$ - кількість пожежних-рятувальників для подачі ствола «Б» на захист на висоті;

$N_{\text{гас.вис.}}^{\text{б}}$ - кількість пожежних-рятувальників для подачі ствола «Б» на гасіння на висоті;

$N_{\text{гас.}}^{\text{б}}$ - кількість пожежних-рятувальників для подачі ствола «Б» на гасіння;

$N_{\text{драбин}}$ - кількість пожежних-рятувальників для страхування висувної драбини;

$N_{\text{ПБ}}$ - кількість пожежних-рятувальників на посту безпеки;

$N_{\text{розг}}$ - кількість пожежних-рятувальників при роботі на розгалуженні.

Визначаємо кількість відділень на основних ПА:

$$N_{\text{від}} = \frac{N_{\text{о/с}}}{4} = \frac{49}{4} = 12,25 \text{ приймаємо } 13 \text{ відділень} \quad (2.38)$$

Для гасіння пожежі, що виникла в будинку культури та техніки розрахованих та розставлених сил та засобів не достатньо для локалізації та подальшої успішної її ліквідації, тому ми підвищуємо номер виклику до №3 і для успішної ліквідації нам потрібно ще 11 відділень на основних ПА. Для наочності зобразимо результати розрахунків на рис. 2.6 та рис. 2.7

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		68

Для пожеж у сільській місцевості характерне віддаленість пожежно-рятувальних підрозділів, не забезпеченість об'єкта протипожежним водопостачанням, недостатня кількість пожежно-рятувальної техніки та інше, тому буде доцільно використовувати техніку добровільних пожежних команд, пристосовану техніку для гасіння пожеж, а також особовий склад місцевої пожежної охорони та добровільних пожежних дружин населеного пункту.

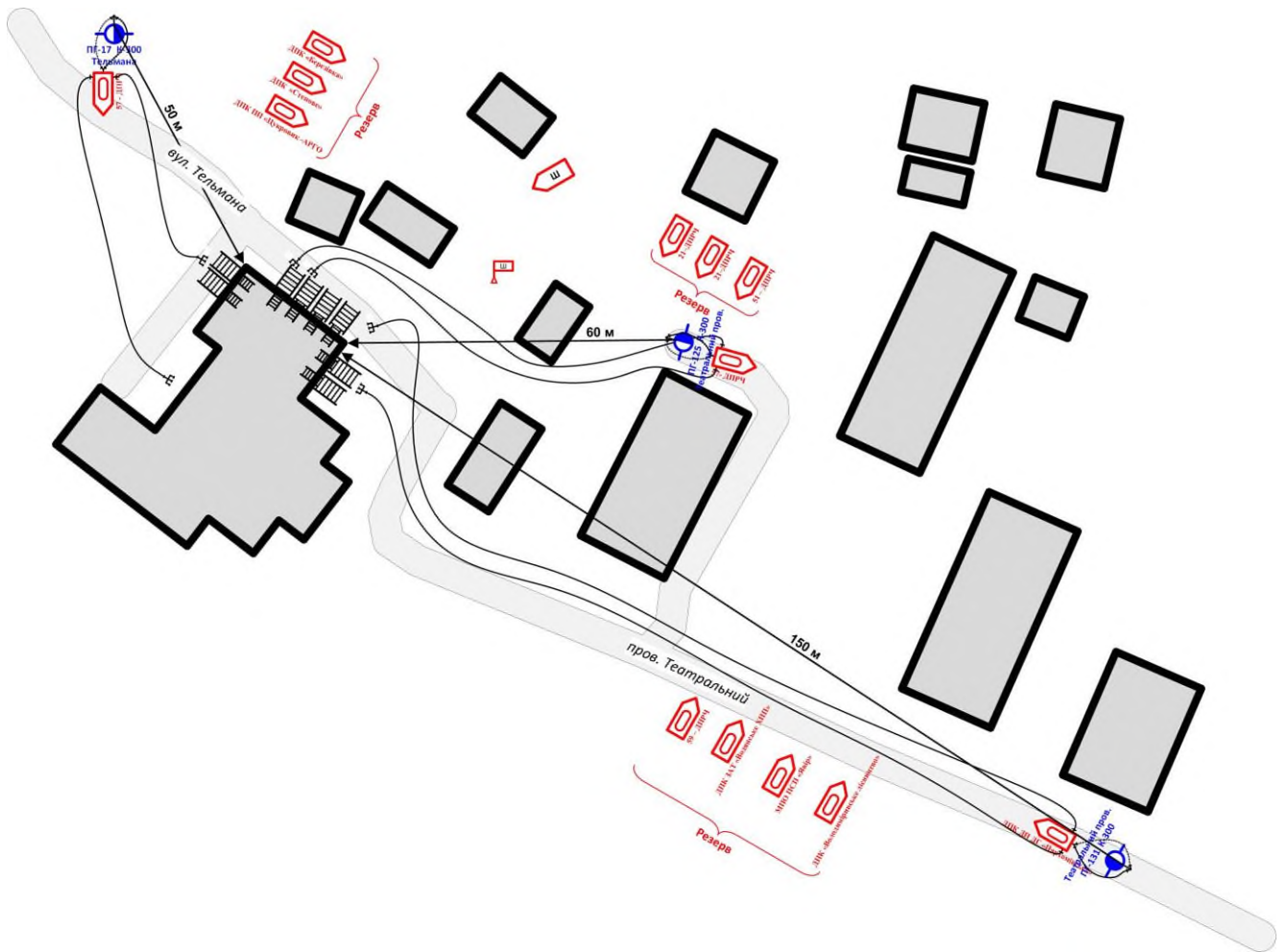


Рис. 2.6 .Ситуаційний план

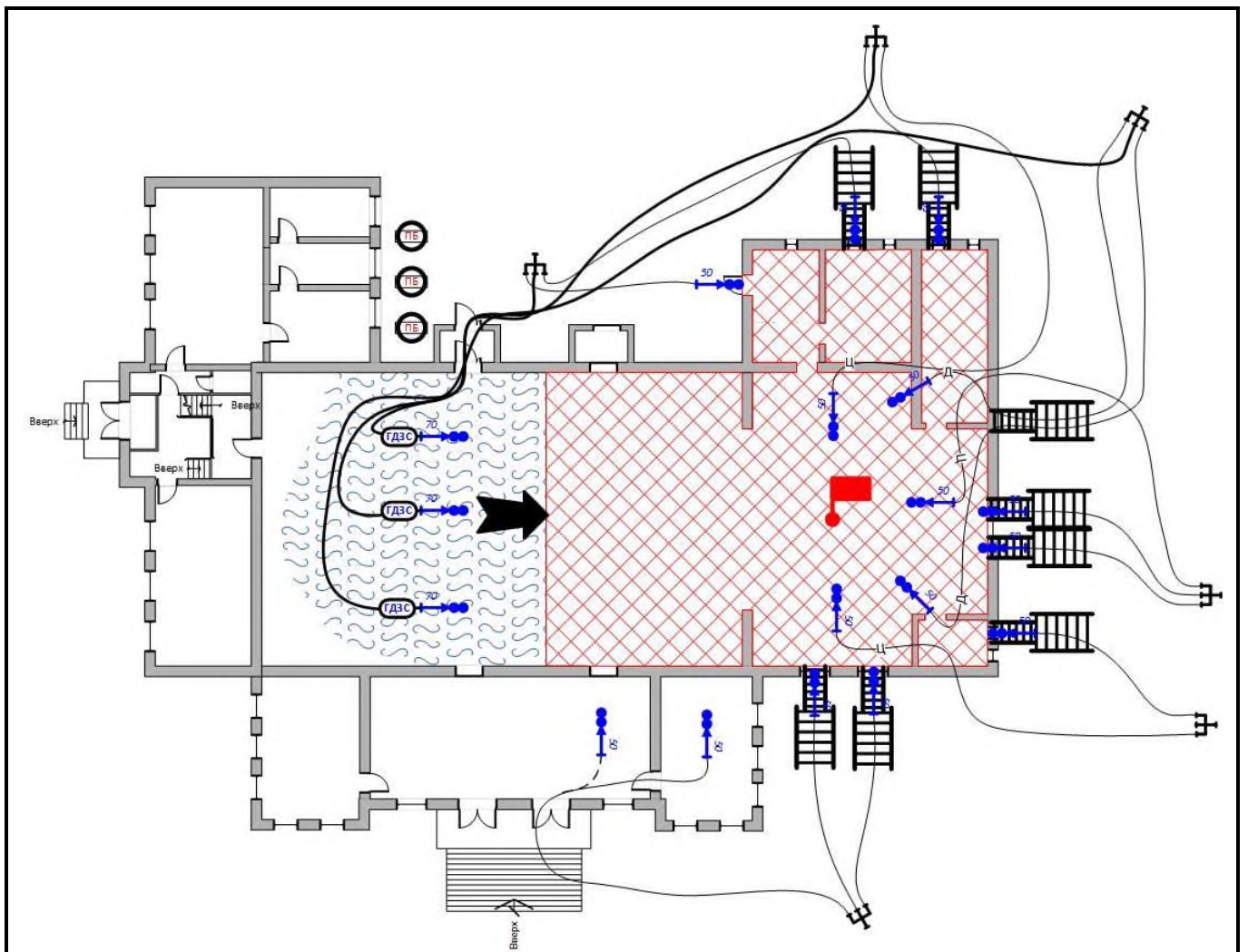


Рис. 2.7 Схема гасіння

2.2. Розрахунок ефективності пожежогасіння в приміщеннях з газовими пожежними сповіщувачами

Беручи до уваги той факт, що для гасіння пожежі необхідно залучити досить велику кількість особового складу та техніки, необхідно внести пропозицію щодо установки газових пожежних сповіщувачів, що значно зменшують час сповіщення про пожежу, які виявляють її на ранніх стадіях.

На момент прибуття перших пожежно-рятувальних підрозділів площа пожежі склала 433,18 м², в основному це пов'язано з тим що багато часу витрачено на виявлення пожежі та сповіщення про неї а саме 10 хв. Якщо буде встановлено автоматичну систему виявлення пожежі то час виявлення та сповіщення про пожежу буде дорівнювати 1 хв.

2.2.1. Розрахунок параметрів розвитку пожежі в приміщеннях з газовими пожежними сповіщувачами

Визначаємо радіус пожежі під час її виявлення ($t_{\text{вияв}} = 2 \text{ хв.}$), так як $t \leq 10 \text{ хв.}$, радіус пожежі визначаємо за формулою:

$$R_{\text{вияв}} = 0,5 \cdot v_{\text{л}} \cdot t_{\text{вияв}} = 0,5 \cdot 2 \cdot 2 = 2 \text{ м} \quad (2.39)$$

Пожежа у задньому кармані сцени буде мати кутову форму

Визначаємо площу пожежі на момент її виявлення.

$$S_{\text{пож вияв.}} = \pi \cdot \frac{R^2}{2} = \pi \cdot \frac{2^2}{2} = 6,28 \text{ м}^2 \quad (2.40)$$

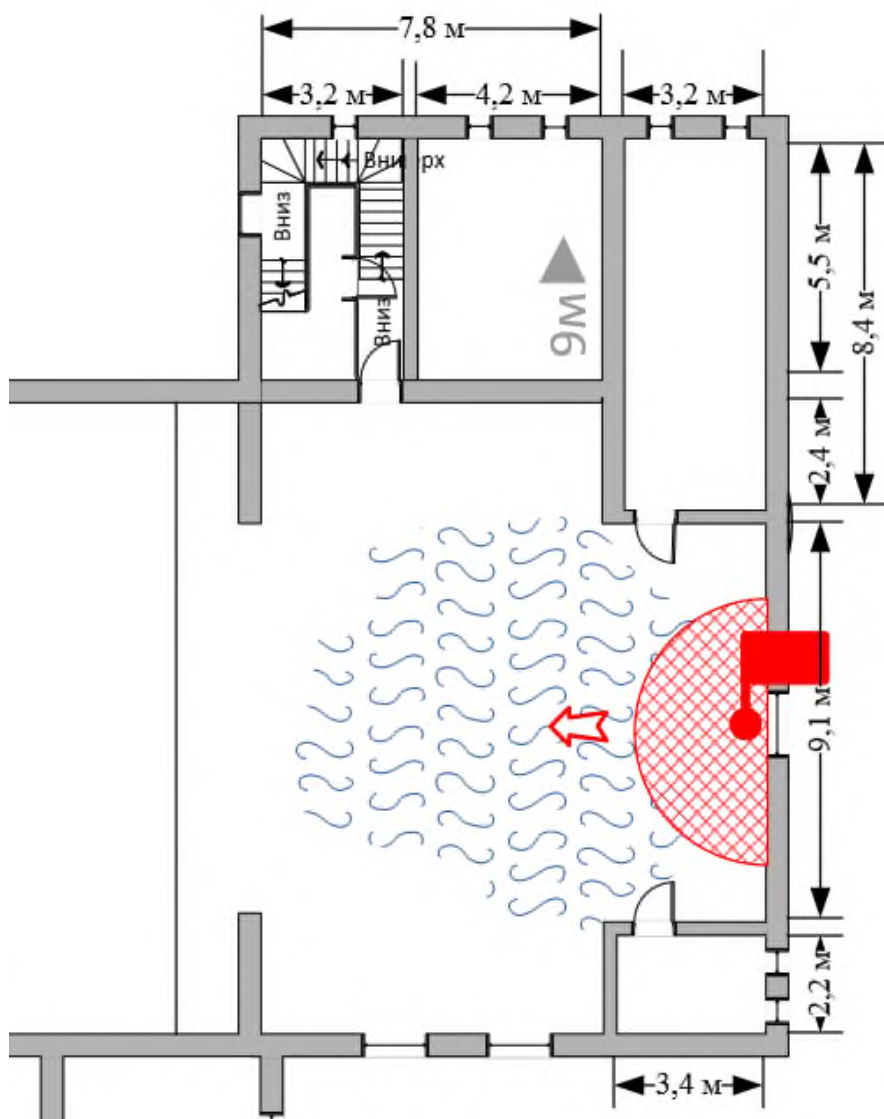


Рис. 2.8 Розвиток пожежі під час її виявлення $t_{вияв} = 2$ хв

Час вільного розвитку пожежі складатиме:

$$t_{вр} = t_{вияв} + t_{нов} + t_{зб.в.} + t_{прям.} + t_{о.р.} = 2 + 1 + 1 + 3 + 3 = 10 \text{ хв.}, \quad (2.41)$$

де $t_{нов}$ - час до повідомлення про пожежу, хв.;

$t_{вияв}$ - час виявлення пожежі, хв.;

$t_{зб}$ - час збору підрозділу по тривозі, хв.;

$t_{ор}$ - час оперативного розгортання, хв.;

$t_{сл}$ - час слідування підрозділу до місця виклику, хв.

Радіус вільного розвитку пожежі складає:

$$R_{в.р.} = 0,5 \cdot v_{л} \cdot t_1 = 0,5 \cdot 2 \cdot 10 = 10 \text{ м} \quad (2.42)$$

Визначаємо радіус пожежі під час ведення перших стволів ($t_{в.розв} = 10$ хв.), так як $t \leq 10$ хв., радіус пожежі визначаємо за формулою:

$$R_{вияв} = 0,5 \cdot v_{л} \cdot t_{вияв} = 0,5 \cdot 2 \cdot 10 = 10 \text{ м} \quad (2.43)$$

Оскільки сцена має розмір $14,5 \times 9,5$ метрів, а пожежа виникла у задньому кармані сцени і має радіус пожежі 10 м., то пожежа, поширившись, охопила всю сценічну частину (у тому числі лівий та правий кармани), частину гримерної, частину акторської кімнати, частину сходової клітини.

Форма пожежі прямокутна.

Визначаємо площу пожежі під час її виявлення:

$$S_{виявл} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4, \quad (2.44)$$

де $S_{виявл}$ – площа пожежі на момент виявлення, м^2 ;

S_{1-7} – площі пожежі у приміщеннях згідно рис. 2.9, м^2 .

Визначаємо відстані від осередку пожежі до дверей приміщень.

Розраховуємо відстань до дверей акторської кімнати та гримерної. Відстані до горизонтальної осі, на якій розташовані двері по вертикалі приймаємо рівній половині ширини ар'єрсцени, для зручності цю відстань назвемо літерою «а», отже $a = \frac{9,1}{2} = 4,55$ м. Відстань до вертикальної осі, на якій розташовані двері по горизонталі дорівнює 2,8 м для зручності цю відстань назвемо літерою «b», отже $b = 2,8$ м. Користуючись теоремою Піфагора, маємо

$$R'' = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{4,55^2 + 2,8^2} = 5,3 \text{ м.}$$

Розраховуємо відстань до дверей сходової клітини. Відстань до горизонтальної осі, на якій розташовані двері по вертикалі приймаємо 6,95 м, для зручності цю відстань назвемо літерою «а», отже $a = 6,95$ м. Відстань до вертикальної осі, на якій розташовані двері по горизонталі дорівнює 7,4 м для зручності цю відстань назвемо літерою «b», отже $b = 7,4$ м. Користуючись теоремою Піфагора, маємо

$R'' = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{6,95^2 + 7,4^2} = 10,15 \text{ м.}$, звідси маємо, що на момент виявлення пожежі на сходовій клітині пожежа не поширюється

Визначаємо радіуси пожеж у кімнатах:

- акторської кімнати $R_{\text{актор}} = R_{\text{вияв}} - R'' = 10 - 5,3 = 4,7 \text{ м}$

- гримерної $R_{\text{грим}} = R_{\text{приб}} - R''' = 10 - 5,3 = 4,7 \text{ м}$

Форму поширення пожежі визначаємо:

- для сцени, гримерної та акторської кімнати – як прямокутну;

Визначаємо площу пожежі:

$$S_{\text{п}} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 \quad (2.45)$$

де S_n – площа пожежі, м^2 ;

S_{1-4} – площі пожежі у приміщеннях згідно рис. 2.9, м^2 .

- площа пожежі на сцені з карманами:

$$S_1 = a \cdot b = 14,5 \cdot 6,8 = 98,6 \text{ м}^2 \quad (2.46)$$

- площа пожежі в ар'єрцені:

$$S_2 = a \cdot b = 9,1 \cdot 3,2 = 29,12 \text{ м}^2 \quad (2.47)$$

- площа пожежі в гримерній:

$$S_3 = a \cdot b = 2,2 \cdot 3,4 = 7,48 \text{ м}^2 \quad (2.48)$$

- площа пожежі в акторській кімнаті:

$$S_4 = a \cdot b = 4,7 \cdot 3,2 = 15,04 \text{ м}^2 \quad (2.49)$$

Загальна площа пожежі на момент виявлення:

$$S_{\text{п}} = 98,6 + 29,12 + 7,48 + 15,04 = 150,24 \text{ м}^2$$

Виходячи з цього, ми, насамперед, зменшимо площу ймовірної пожежі, а, значить, зменшаться і прямі матеріальні збитки від пожежі. Також зменшиться кількість особового складу та техніки, задіяної в ліквідації даної НС.

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		74

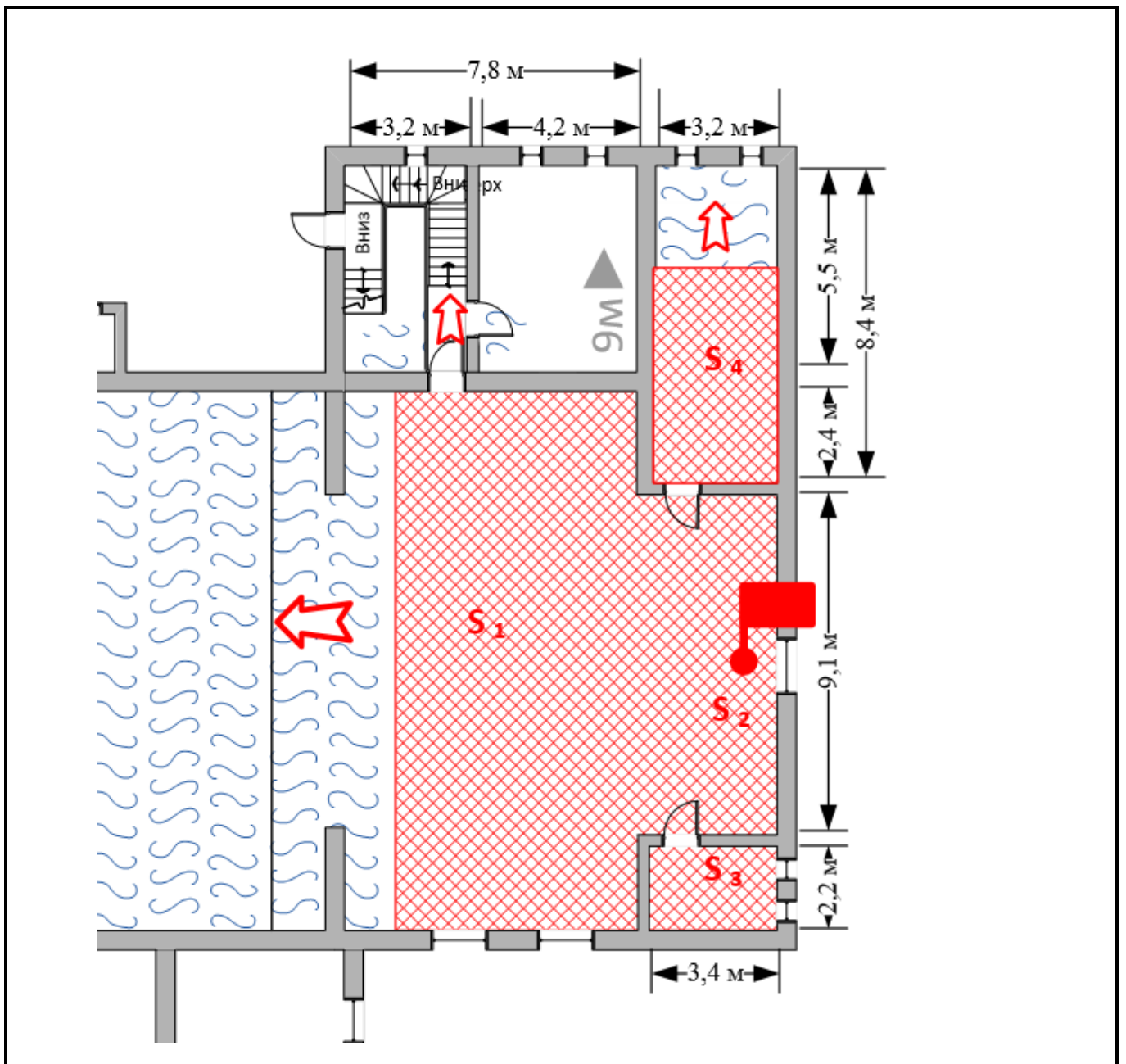


Рис. 2.9. Розвиток пожежі в момент подачі перших стволів (припинення вільного розвитку) $t_{ep} = 10 \text{ хв}$

2.2.2. Розрахунок кількості сил та засобів для гасіння пожежі у випадку спрацювання газових пожежних сповіщувачів

Найдоцільнішим способом гасіння пожежі у даному випадку є подавання вогнегасячої речовини по всій площі, тобто $S_{\text{гас}}=S_{\text{пож}}$. Для гасіння пожежі у сценічній частині пропоную подати стволи «А», для гасіння пожежі у гримерній та в акторській кімнаті – стволи «Б».

Тому приймаємо

$$S_{\text{гас1}}=S_1 + S_2=98,6+29,12= 127,72 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{гас2}}=S_3 + S_4=7,48+15,04= 22,52 \text{ м}^2$$

Визначимо потрібну витрату вогнегасних засобів на гасіння пожежі.

Обчислимо потрібні витрати вогнегасних речовин для гасіння:

$$Q_{\text{потр}}^{\text{гас}} = S_{\text{гас}} \cdot I_{\text{потр}}^{\text{гас}} \quad (2.50)$$

де $I_{\text{потр}}^{\text{гас}}$ - інтенсивність подачі вогнегасних засобів для гасіння пожежі, л/м²*с, приймаємо рівним 0,2 (Довідник КГП, стор. 52).

$$Q_{\text{потр1}}^{\text{гас}} = S_{\text{гас1}} \cdot I_{\text{потр}}^{\text{гас}} = 127,72 \cdot 0,2 = 25,54 \text{ л/с} \quad (2.51)$$

$$Q_{\text{потр2}}^{\text{гас}} = S_{\text{гас2}} \cdot I_{\text{потр}}^{\text{гас}} = 22,52 \cdot 0,2 = 4,504 \text{ л/с} \quad (2.52)$$

Визначимо кількість приладів для подачі вогнегасних речовин для гасіння. Зважаючи, що витрата одного «А» по воді складає – 7,4 л/с. :

$$N_{\text{ств}}^{\text{гас}} = \frac{Q_{\text{потр}}^{\text{гас}}}{Q_{\text{ств}}} = \frac{25,54}{7,4} = 3,45 \text{ – приймаємо 4 стволи «А»} \quad (2.53)$$

де $Q_{\text{ств}}$ - витрати води зі ствола л/сек.

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		76

Зважаючи, що витрата одного «Б» по воді складає – 3,7 л/с. :

$$N_{ств}^2 = \frac{Q_{ном}^{зас}}{Q_{ств}} = \frac{4,504}{3,7} = 1,21 - \text{приймаємо 2 стволи «Б»} \quad (2.54)$$

де $Q_{ств}$ - витрати води зі ствола л/сек.

Виходячи з вимог Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту визначаємо, що для гасіння пожежі необхідно ввести 4 стволів «А», а саме: 2 ствола зі сторони глядацької зали, 1 ствол правого карману сцени, 1 ствол з вікна ар'єрсцени, та 2 стволи «Б» один з яких подається з вікна акторської кімнати інший з вікна гри-мерної.

Оскільки дана пожежа завдасть найбільші збитки при поширенні по глядацькій залі, то керуємося четвертим принципом вибору вирішального напрямку, а саме подаємо перші стволи зі сторони глядацької зали. Надалі, коли зі сторони глядацької зали буде подано 2 стволи «А», що забезпечить нам локалізацію пожежі на даному напрямку, по прибуттю інших пожежних підрозділів подаємо стволи по флангам.

Визначимо фактичну витрату води на гасіння пожежі:

$$Q_{фак}^{зас} = N_{ств} \cdot Q_{ств} = 4 \cdot 7,4 + 2 \cdot 3,7 = 37 \text{ л/с} \quad (2.55)$$

Визначаємо необхідні витрати води на захист цокольного поверху:

$$Q_{потр}^{зах} = 0,25 \cdot I_{гас} \cdot S_{зах} = 0,25 \cdot 0,2 \cdot 127,72 = 6,38 \text{ л/с}, \quad (2.56)$$

$$\text{де } S_{зах} = S_1 + S_2 = 98,6 + 29,12 = 127,72 \text{ м}^2$$

Визначаємо кількість стволів «Б», необхідних для захисту цокольного поверху, витрати ствола «Б» складатимуть 3,7 л/с:

$$N_{прил}^{зах} = \frac{Q_{зах}}{Q_{прил}} = \frac{6,38}{3,7} = 1,72 \quad (2.57)$$

Приймаємо 2 стволи «Б».

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		77

Визначаємо необхідні витрати води на захист даху над сценою будинку культури

$$Q_{\text{потр}}^{\text{зах}} = 0,25 \cdot I_{\text{гас}} \cdot S_{\text{пож}} = 0,25 \cdot 0,2 \cdot 98,6 = 4,93 \text{ л/с} \quad (2.58)$$

Визначаємо кількість стволів «Б», необхідних для захисту даху :

$$N_{\text{прил}}^{\text{зах}} = \frac{Q_{\text{зах}}}{Q_{\text{прил}}} = \frac{4,93}{3,7} = 1,33 \text{ л/с} \quad (2.59)$$

Приймаємо 2 стволи «Б» .

Визначаємо сумарну фактичну витрату на захист будівлі будинку культури

$$Q_{\text{факт}}^{\text{зах}} = \sum N_{\text{ств}} \cdot Q_{\text{ств}} = 4 \cdot 3,7 = 14,8 \text{ л/с}$$

Визначаємо загальні витрати води на захист і гасіння пожежі:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{факт}}^{\text{гас}} + Q_{\text{факт}}^{\text{зах}} = 37 + 14,8 = 51,8 \text{ л/с} \quad (2.60)$$

Визначаємо забезпеченість об'єкту водою. Безпосередньо біля об'єкту розташовані пожежні гідранти, отже при використанні гідранту навіть при найнижчому напорі 3 атмосфери, водовіддача буде становити приблизно 70 л/с. Отже для гасіння даної пожежі нам знадобиться $70 / 51,8 = 1,35 \approx 2$ ПГ.

При використанні пожежних гідрантів та пожежного водоймища з точки зору водовіддачі, об'єкт являється забезпечений водою для гасіння даної пожежі.

Знаходимо необхідну кількість пожежних машин для подачі вогнегасної речовини:

$$N_{\text{машин}} = \frac{Q_{\text{факт}}^{\text{заг}}}{(0,8 \cdot Q_{\text{насоса}})} = \frac{51,8}{(0,8 \cdot 40)} = 1,61 \approx 2 \text{ ПА} \quad (2.61)$$

Розраховуємо кількість о/с для забезпечення подачі розрахованої кількості:

$$N_{\text{о/с}} = N_{\text{ГДЗС}} \cdot 3 + N_{\text{ПБ}} \cdot 1 + N_{\text{розг}} \cdot 1 + N_{\text{гас}}^A \cdot 2 + N_{\text{орабин}} \cdot 1 + N_{\text{зах}}^B \cdot 1 + N_{\text{зах.вис.}}^B \cdot 2 = 4 \cdot 3 + 4 \cdot 1 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 2 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 2 = 32 \text{ осіб} \quad (2.62)$$

де $N_{\text{ГДЗС}}$ - кількість пожежних-рятувальників для подачі ствола «А», виходячи з того, що стволи «А» подає ланка ГДЗС, то її мінімальна кількість 3 чоловіка;

$N_{\text{зах}}^B$ - кількість пожежних-рятувальників для подачі ствола «Б» на захист;

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		78

$N_{зах.вис.}^Б$ - кількість пожежних-рятувальників для подачі ствола «Б» на захист на висоті;

$N_{драбин}$ - кількість пожежних-рятувальників для страхування висувної драбини;

$N_{ПБ}$ - кількість пожежних-рятувальників на посту безпеки;

$N_{розг}$ - кількість пожежних-рятувальників при роботі на розгалуженні.

Визначаємо кількість відділень на основних ПА:

$$N_{від} = N_{о/с} / 4 = 32 / 4 = 8 \text{ приймаємо } 8 \text{ відділень} \quad (2.63)$$

Для організації гасіння пожежі та успішної її ліквідації в другому випадку знадобиться 8 відділень на основних пожежних автомобілях, з підвищенням номеру виклику до № 3. Для наочності зобразимо результати проведених розрахунків на рис. 2.10. та рис. 2.11

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		79

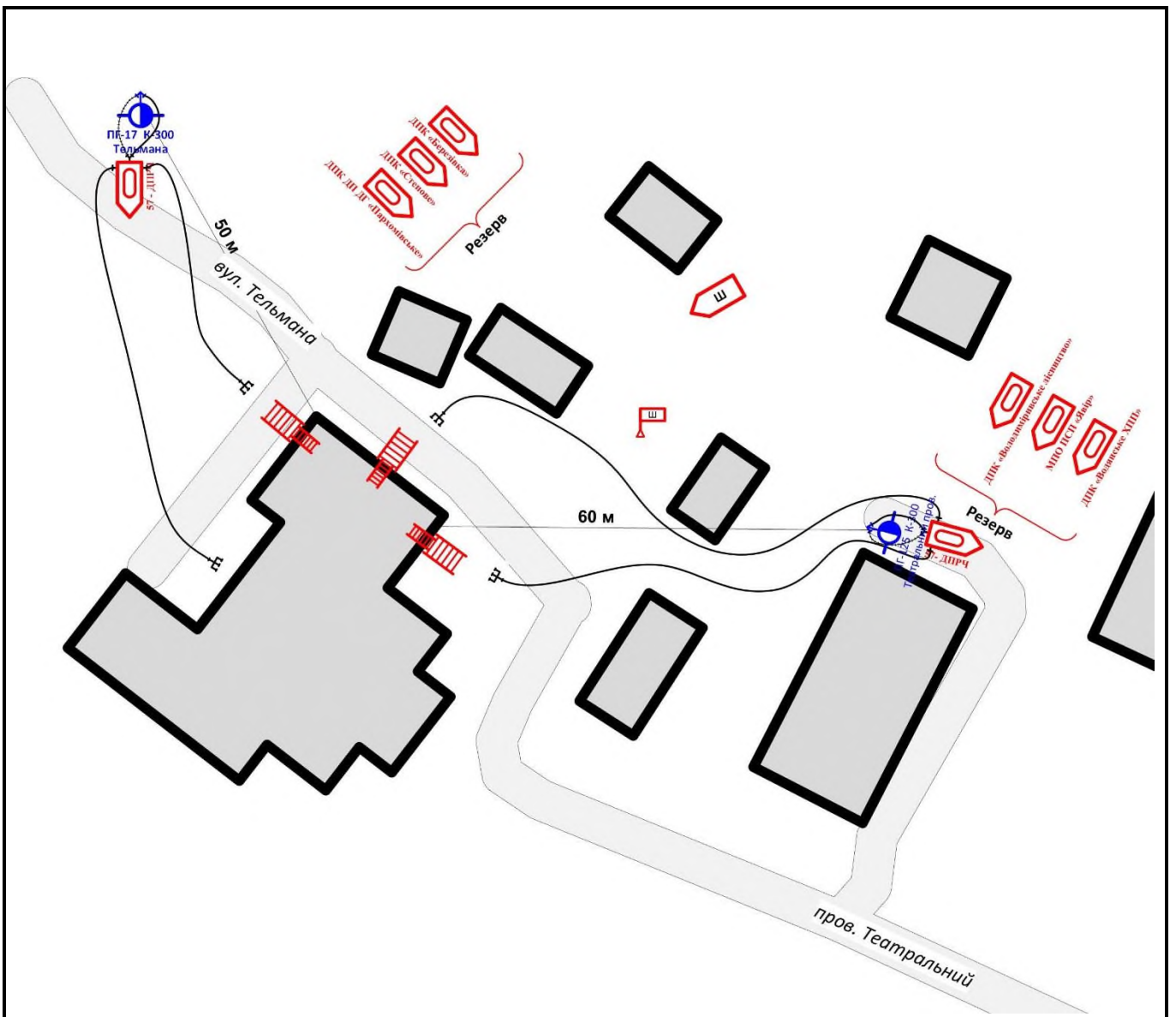


Рис. 2.10. Ситуаційний план за другим випадком (при спрацюванні газових пожежних сповіщувачів)

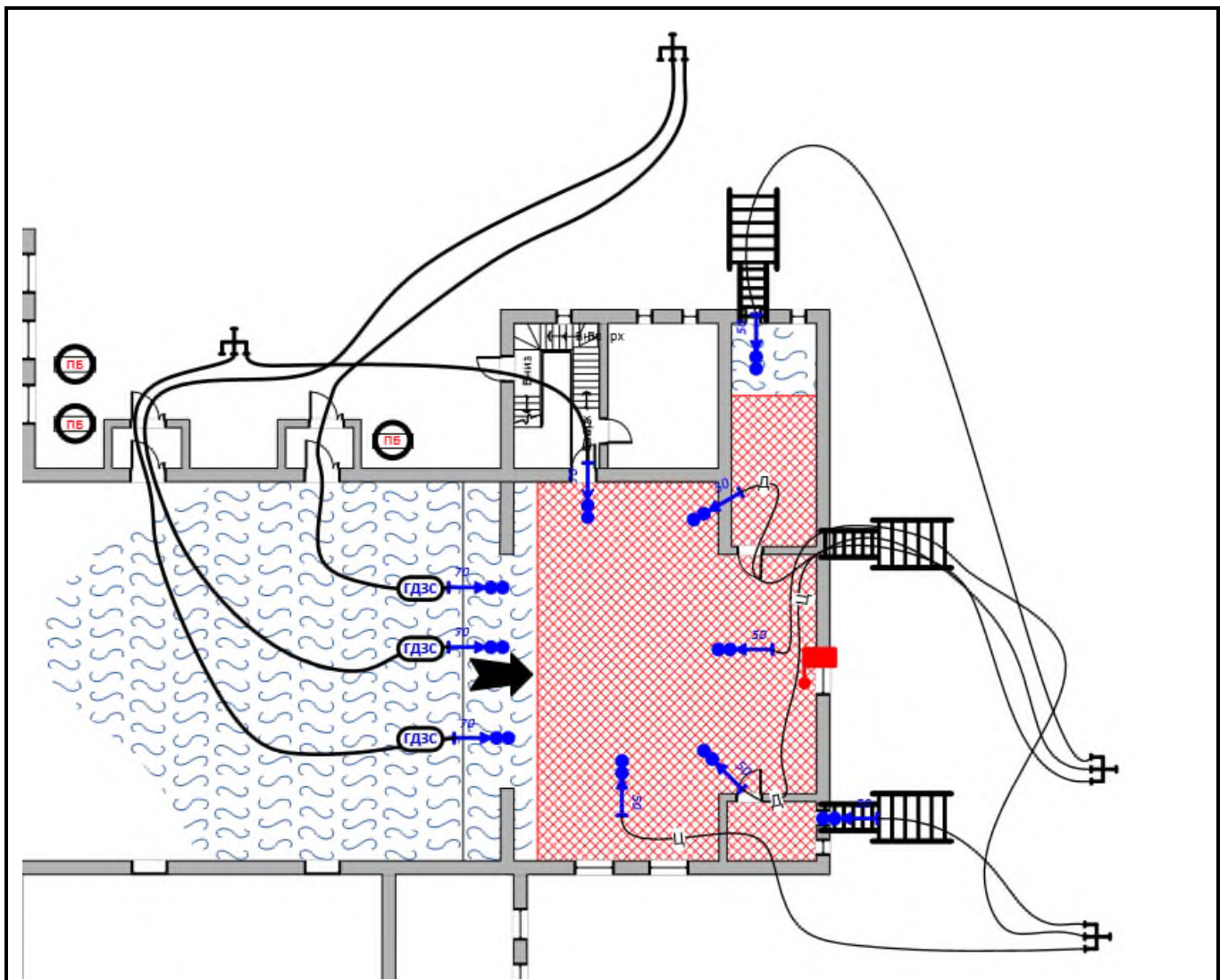


Рис. 2.11 – Схема гасіння за другим випадком (при спрацюванні газових пожежних сповіщувачів)

Для організації гасіння пожежі та успішної її ліквідації в другому випадку знадобиться 8 відділень на основних пожежних автомобілях, з підвищенням номеру виклику до № 3.

2.3. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЙ ПОЖЕЖОГАСІННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ З РІЗНИМИ СХЕМАМИ ПО- ЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

Проведені розрахунки щодо ефективності використання димових та газових пожежних сповіщувачів у приміщеннях культурно-видовищних закладів показали, що розміри умовної пожежі на момент її виявлення у випадку використання димових пожежних сповіщувачів складає 150,24 м², а у випадку використання газових пожежних сповіщувачів площа пожежі складає 6,28 м². Це зумовлене тим, що середній час спрацювання димових пожежних сповіщувачів з урахуванням інерції може сягати від 10 до 15 хвилин, а у газових пожежних сповіщувачів може складати до 2 хвилин.

Таблиця 2.1

№ З/п	Характеристика	Димовий ПС	Газовий ПС
1.	Час сповіщення	10-15 хв	До 2 хв
2.	Площа пожежі на момент сповіщення	150,24 м ²	6,28 м ²
3.	Площа пожежі на момент введення перших стволів	433,15 м ²	150,24 м ²
4.	Кількість ланок ГДЗС	3 шт.	3 шт.
5.	Кількість стволів: «А» «Б»	3 шт. 14 шт.	4 шт. 6 шт.
6.	Сумарні витрати води на пожежогасіння	74 л/с	51,8 л/с
7.	Кількість залученої техніки	13 од.	8 од.
8.	Кількість техніки, що безпосередньо залучені для гасіння пожежі (від яких подають ВВР)	3 од.	2 од.
9.	Кількість залученого особового складу	49 чол.	32 чол.

Отже, провівши порівняльний аналіз ефективності технологій пожежогасіння в приміщеннях з різними схемами пожежної сигналізації, що зображені в таблиці 2.1, можна стверджувати, що газові пожежні сповіщувачі мають ряд переваг над димовими пожежними сповіщувачами, щодо ефективності залучення сил та засобів для пожежогасіння в приміщеннях культурно-видовищних закладів.

2.4. Висновки до розділу

1. В розділі проведено розрахунки параметрів пожежі при спрацюванні різних типів пожежних сповіщувачів, які показали перевагу ГПС над ДПС, за часом виявлення та площею пожежі на момент виявлення.

2. Проведено розрахунки необхідних сил та засобів для ліквідації пожежі при спрацюванні різних типів пожежних сповіщувачів, які показали що для гасіння пожежі при спрацюванні ГПС необхідно залучити значно менше особового складу, техніки, вогнегасячих речовин, а також паливно-мастильних матеріалів.

3. Проведено порівняльний аналіз ефективності технологій пожежогасіння в приміщеннях з різними схемами пожежної сигналізації.

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		83

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ПОЖЕЖОГАСІННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ З РІЗНИМИ СХЕМАМИ ПРОТИПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

В даному розділі буде проведений розрахунок економічної ефективності пожежної сигналізації з димовими та газовими пожежними сповіщувачами в приміщеннях культурно-видовищних закладів та їх порівняльний аналіз за допомогою методики [52].

3.1. Умови економічних розрахунків

При виконанні дипломного проекту необхідно на основі вихідних техніко-економічних показників базової і запропонованої системи протипожежного захисту визначити річну економічну ефективність від упровадження нового варіанта. До прибуття перших пожежних підрозділів площа пожежі сягатиме 433,18 м², для її локалізації необхідно буде ввести стволи з чотирьох напрямків, але встановлення по сценою та карманами сцени суттєво зменшить розповсюдження пожежі, площа її сягатиме тільки 150,24 м², для її локалізації необхідно буде ввести стволи з двох напрямків. Виходячи з цього, ми, насамперед, зменшимо площу ймовірної пожежі, а, значить, зменшаться і прямі матеріальні збитки від пожежі. Також зменшиться кількість особового складу та техніки, задіяної в ліквідації даної НС. Методичне забезпечення проведення розрахунків економічної ефективності являє собою комплекс формул розрахунку техніко-економічних показників. Послідовність використання цих формул показує алгоритм виконання необхідних розрахунків. Техніко-економічний аналіз дозволяє дати узагальнену оцінку у вартісному вираженні різних переваг та недоліків нового організаційно-технічного або інженерного рішення. При виборі системи забезпечення пожежної безпеки перевага віддається варіанту з мінімальними приведеними витратами.

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		84

При цьому в процесі рішення задачі необхідно представити по базовому і запропонованому варіанту розрахунок поточних, капітальних витрат, а також середньорічного збитку від пожеж.

При виконанні роботи необхідно визначити річний економічний ефект від упровадження нового варіанта системи забезпечення пожежної безпеки.

3.2. Проведення економічних розрахунків

Для визначення економічного ефекту від впровадження запропонованого варіанта протипожежного захисту використовуємо формулу:

$$E = Z_1 - Z_2, \quad (3.1)$$

де Z_1, Z_2 - відповідно сума річних витрат і збитку по базовому і запропонованому варіанту системи забезпечення пожежної безпеки.

Сума річних витрат і збитку по аналізованих варіантах системи забезпечення пожежної безпеки розраховується за формулою:

$$Z_i = K_i * E_n + C_i + U_i, \quad (3.2)$$

де K_i - капітальні вкладення i -того варіанту системи забезпечення пожежної безпеки, грн./рік;

C_i - поточні витрати i -того варіанту системи забезпечення пожежної безпеки, грн./рік. для системи протипожежної сигналізації з димовими пожежними сповіщувачами витрати на обслуговування становлять 5000 грн., для системи протипожежної сигналізації з газовими пожежними сповіщувачами витрати на обслуговування становлять 7000 грн. ;

U_i - збиток від пожежі по i -тому варіанту системи забезпечення пожежної безпеки, грн./рік.

E_n - коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень,

$$E_n = 1/T_{ок},$$

де $T_{ок}$ - Строк окупності, грн.

Номінальна вартість будинку культури за даними бухгалтерії сягає 6 млн грн.

Площа приміщень будинку культури складає 1175 м².

Розраховуємо середню вартість кожного квадратного метру культурно-видовищного закладу.

$$6000000/1175=5106,3 \text{ грн/м}^2.$$

Матеріальні втрати від пожежі у культурно-видовищних закладах визначаються за формулою:

$$Y_i = S_{\text{п}} \cdot V_{\text{мц}} \cdot P, \quad (3.3)$$

де: $S_{\text{п}}$ - можлива площа пожежі, м²;

$V_{\text{мц}}$ – балансова вартість матеріальних цінностей на об'єкті, грн./м²;

P – ймовірність виникнення пожежі в культурно-видовищних закладах

$P=0,12$.

$$Y_1 = 433,18 \cdot 5106,3 \cdot 0,12 = 265433,6 \text{ грн}$$

$$Y_2 = 150,24 \cdot 5106,3 \cdot 0,12 = 92060,4 \text{ грн}$$

Зобразимо витрати на придбання та монтаж димових пожежних сповіщувачів у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Найменування засобів та види робіт	Витрати, грн.	Всього, грн.
Вартість димового пожежного сповіщувача	150*20	3000
Вартість системи протипожежної сигналізації (ППКП + шлейфи)	8000	8000
Вартість монтажу системи протипожежної сигналізації	6000	6000
Разом K_1	-	17000

Зобразимо витрати на придбання та монтаж газових пожежних сповіщувачів у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Найменування засобів та види робіт	Витрати, грн.	Всього, грн.
Вартість газового пожежного сповіщувача	600*15	9000
Вартість системи протипожежної сигналізації (ППКП + шлейфи)	8000	8000
Вартість монтажу системи протипожежної сигналізації	6000	6000
Разом K_2	-	23000

Підставляємо отримані значення в формулу 3.2:

$$Z_i = K_i E_i + C_i + Y_i,$$

$$Z_1 = K_1 E_1 + C_1 + Y_1 = 17000 + 5000 + 265433,6 = 287433,6 \text{ грн}$$

$$Z_2 = K_2 E_2 + C_2 + Y_2 = 23000 + 7000 + 92060,4 = 115760,4 \text{ грн}$$

Строк окупності знайдемо за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_2}{\Delta C + \Delta Y} \quad (3.4)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{23000}{2000 + 173373,2} = 0,13 \text{ р.}$$

Тоді за формулою 3.1:

$$E = Z_1 - Z_2$$

$$E = Z_1 - Z_2 = 287433,6 - 115760,4 = 171673,2 \text{ грн}$$

Згідно ПКМУ № 2030 від 26.12.2003 р. розраховуємо показник витрат держави на виконання функцій здійснення заходів із запобігання виникненню та гасіння пожеж (вартість виїзду одного пожежного автомобіля) визначається за формулою:

$$U_{\text{ПГ}} = U_{\text{ДСНС}} / N_{\text{В}}, \quad (3.5)$$

де: $U_{\text{ДСНС}}$ – сума витрат на утримання працівників пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС та сума витрат на забезпечення функціонування пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС (вартість вогнегасних речовин, пально-мастильних матеріалів тощо) за попередній рік складає 3617122200 грн.;

$N_{\text{В}}$ – кількість виїздів безпосередньо на пожежі пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС за сигналом «Тривога» за попередній рік становить 82771.

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		87

$$U_{\text{ПГ}} = 3617122200 / 82771 = 43700 \text{ грн.}$$

В першому випадку на пожежу виїжджають 13 автомобілів, в другому – 8. Виходячи з цього, маємо вартість виїзду пожежних автомобілів в першому та другому випадках:

$$U_{\text{ПГ1}} = U_{\text{ПГ}} * N_{\text{ПГ1}} = 43700 * 13 = 568100 \text{ грн.} \quad (3.6)$$

$$U_{\text{ПГ2}} = U_{\text{ПГ}} * N_{\text{ПГ2}} = 43700 * 8 = 349600 \text{ грн.}$$

$$U_{\text{поб}} = 182026 - 112016 = 21800 \text{ грн.}$$

3.3. Порівняльний аналіз отриманих результатів

Отримані в розрахунках показники зобразимо графічно у вигляді діаграми.

Нам видно з рис. 3.1. переконлива перевага технології пожежогасіння у випадку використання газових пожежнихсповіщувачів з напівпровідниковими датчиками спіралеподібного типу: прямі збитки складають 92 тис. грн проти 265 тис. грн., побічні збитки – 349 тис. грн. проти 586 тис. грн., витрати на монтаж та обслуговування пожежної сигналізації складають 30 тис. грн. проти 22 тис. грн.

Якщо ми складемо ці всі витрати то отримаємо економічний ефект у 171 тис.грн.

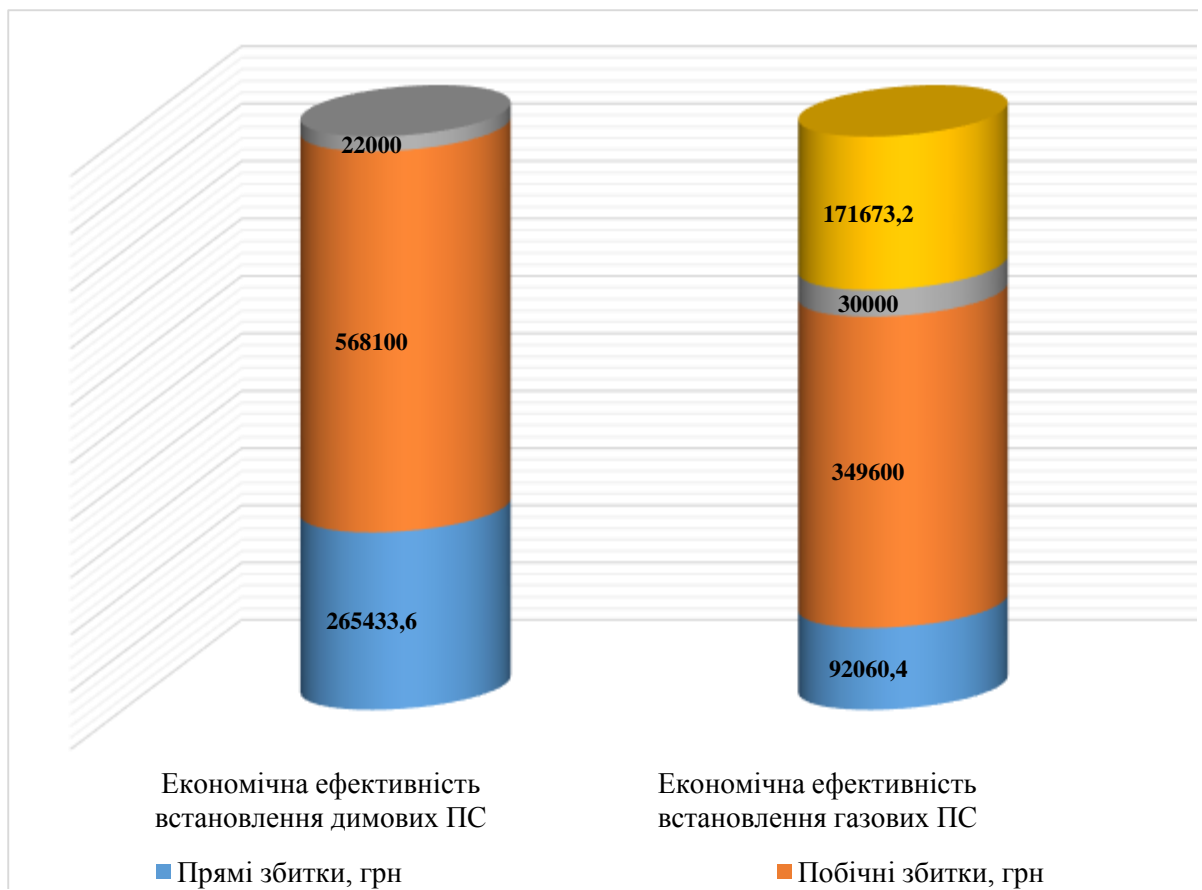


Рис. 3.1 Порівняльне відображення витрат та економічного ефекту від запропонованих заходів

3.4.Висновки до розділу

В даному розділі проведений розрахунок економічної ефективності пожежної сигналізації з димовими та газовими пожежними сповіщувачами в приміщеннях культурно-видовищних закладів та їх порівняльний аналіз, який показав, що прямі та побічні збитки від пожежі, на якій спрацював ГПС, будуть на багато менші, ніж такі самі збитки на пожежі, на якій спрацював ДПС. Незважаючи на більшу собівартість пожежної сигналізації з ГПС та більшу вартість обслуговування, пожежна сигналізація з ГПС матиме досить високу ефективність так як економічний ефект складатиме 171,6 тис. грн.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

4.1. Охорона праці

Гасіння пожеж, проведення занять та навчань слід організувати і здійснювати у суворій відповідності з вимогами Статуту дій у надзвичайних ситуаціях [44], а в частині забезпечення безпеки проведення робіт та Правил безпеки праці [45]. Будь-яка пожежа супроводжується виділенням великої кількості продуктів горіння. Кількість і склад продуктів горіння залежить від виду горючих речовин і матеріалів, що знаходяться в зоні горіння.

Основна небезпека димових газів полягає в наступному:

- витиснення кисню;
- отруйний вплив на живі організми;
- підвищення оптичної щільності середовища.

Для нормального дихання людині необхідно не менше 14% кисню в навколишньому середовищі, а для процесу горіння - 16%. Деякі речовини витискують кисень із зони пожежі за рахунок більшої маси, і відбувається зменшення концентрації - внаслідок чого людина відчуває кисневий голод.

Отруєння димовими газами може відбутися в атмосфері з утриманням кисню і більш 14%, за рахунок утворення хімічних сполук у живих організмах, що перешкоджає нормальній життєдіяльності.

Наприклад, при концентрації чадного газу 1% достатньо 1 хвилини перебування в отруєній зоні для летального виходу людини.

Вплив різноманітних речовин на людину і навколишнє середовище різне, наприклад, чадний газ - утворюється при горінні: безбарвний газ без запаху і смаку; при вдиханні диму в крові блокується зв'язок гемоглобіну з киснем і обмежуються умови для його переносу з кров'ю від легень; смертельна концентрація в повітрі - 1%.

У випадку виникнення пожежі на людину і навколишнє середовище можуть

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		90

впливати наступні факти:

- відкритий вогонь і іскри;
- знижена концентрація кисню;
- дим.

При горінні деревини в складі продуктів горіння буде міститися велика кількість небезпечних продуктів неповного горіння, таким є вугілля, оцтова кислота, метанол, смола, ацетон, двооксид вуглецю, оксид вуглецю, метан, вуглеводні. На великих пожежах особливо при горінні штабелів лісоматеріалів, виникають настільки могутні потоки, що іскри, голівки і цілі палаючі колоди і дошки несуться на десятки і сотні метрів від місця пожеж, викликаючи нові вогнища горіння. Нові вогнища горіння – це розширені зони екологічної поразки навколишнього середовища. У глобальному масштабі великі пожежі, на яких знищуються мільйони метрів кубічних повітря, приводять до необоротних змін у біосфері.

Зменшити екологічно несприятливі впливи на пожежі можуть тільки чіткі і злагоджені дії підрозділів ДСНС України при гасінні пожежі.

Недоліки в роботі підрозділів ДСНС України в області екологічної безпеки і той факт, що підрозділи ДСНС України нерідко залучаються для ліквідації наслідків, що наносять екологічну втрату навколишньому середовищу, зараз вимагають:

- коригування і зміни програм навчання пожежних-рятувальників спрямованих на використання спеціальної техніки, вивчення способів визначення небезпечних речовин, тактики боротьби з ними, засобів і способів захисту особового складу;
- залучення фахівців токсикологічних, санітарних, метрологічних і інших служб при відпрацьовуванні планів пожежогасіння на об'єктах із застосуванням небезпечних матеріалів;
- розробки і впровадженні нових екологічно безпечних вогнегасних засобів.

Не менш важливою складовою при виникненні пожежі є безпека праці працівників підрозділів ДСНС України. Основними регламентуючими докумен-

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		91

тами по безпеці праці є Закон України [47] та наказ МНС [45]. Основні положення безпеки праці при проведенні гасіння пожежі комплексної будівлі, в залежності від обстановки на пожежі будуть наступними:

- збір та виїзд чергових караулів за сигналом тривоги має виконуватись чітко і швидко. Особовому складу забороняється кидати на шляху руху до гаража одяг та інші предмети, зупинятися в проходах і створювати перепони на шляхах руху[44];

- порядок посадки особового складу чергових караулів у пожежні автомобілі згідно з табелем обов'язків оперативного розрахунку (в гаражі чи поза ним) установлюється наказом начальника державної пожежно-рятувальної частини, виходячи з умов забезпечення безпеки і місцевих особливостей. Водій перед виїздом має упевнитись, що всі відсіки автомобіля зачинені і на шляху виїзду з гаража відсутні люди або сторонні предмети. Забороняється під час посадки пробігати перед автомобілями, що виїжджають.

- під час руху автомобіля особовому складу оперативного розрахунку забороняється палити, висовуватися з вікон, відчиняти двері, стояти на підніжках, крім тих випадків, коли це визначено інструкцією з експлуатації автомобіля (прокладання рукавної лінії).

- особовий склад караулу, що прибув до місця виклику, виходить з кабіни пожежного автомобіля тільки за розпорядженням командира відділення або старшої посадової особи, яка прибула на чолі караулу.

- під час проведення розвідки пожежі:

- склад розвідки та його екіпіровка залежно від обстановки на пожежі визначається відповідно до вимог статуту дій у надзвичайних ситуаціях[44].

- з метою забезпечення безпеки при проведенні розвідки із застосуванням апаратів захисту органів дихання необхідно дотримуватися також вимог Настанови з організації газодимозахисної служби [46].

Під час проведення розвідки пожежі група розвідки зобов'язана:

- прямувати один за одним, оцінюючи стан будівельних конструкцій та можливість швидкого розповсюдження вогню, запам'ятовувати пройдений шлях;

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		92

- відчиняти двері з пересторогою, захищаючись ними від можливого викиду полум'я і розжарених продуктів горіння;
- рухатись у приміщенні, як правило, вздовж капітальних стін чи стін з вікнами;
- входити в приміщення, де є електроустановки високої напруги, тільки після узгодження з адміністрацією об'єкта, дотримуючись рекомендованих правил безпеки;
- негайно доповідати старшому групи про загрозу обвалення конструкцій, інтенсивне поширення горіння, а також у випадку погіршення самопочуття.

Перед віддаванням команди на оперативне розгортання керівник гасіння пожежі зобов'язаний:

- вказати безпечні місця установки пожежної техніки; при цьому пожежні автомобілі встановлюють на безпечній відстані від будівель, споруд та інших об'єктів, які можуть зруйнуватись (не менше висоти цих об'єктів), як правило, з навітряного боку;
- обрати та вказати особовому складу найбільш безпечні та короткі шляхи прокладання рукавних ліній, перенесення інструменту та інвентарю;
- постійно слідкувати за виконанням заходів щодо безпечного проведення робіт під час розгортання на транспортних магістралях: автомобілі та обладнання не повинні ускладнювати розстановку сил та засобів, що прибувають, їх зосередження на оперативних ділянках і, за можливості, не перешкоджати нормальному дорожньому руху. Під час оперативного розгортання забороняється:
 - розпочинати його проведення до повної зупинки пожежного автомобіля;
 - освітлювати колодязі пожежних гідрантів, газо- і теплокомунікацій відкритим вогнем;
 - спускатися в колодязь водокомунікацій без ізолюючих протигазів та рятувальної мотузки;
 - одягати на себе лямку приєднаного до рукавної лінії пожежного ствола під час підйому на висоту і роботи на висоті;

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		93

- перебувати під вантажем під час його підйому чи спускання на мотузках;
- переносити інструмент, повернений робочими поверхнями (ріжучими, колючими та ін.) за напрямком руху, а поперечні пилки та пилки-ножівки - без чохлів;
- подавати воду в незакріплені рукава до виходу стільників на вихідні позиції або підйому на висоту (вертикальні рукавні лінії мають кріпитися із розрахунку не менше однієї рукавної затримки на кожний рукав);
- підіймати на висоту рукавну лінію, заповнену водою.

Під час гасіння пожеж

- під час проведення оперативних дій в непридатному для дихання середовищі особовий склад ДСНС України має виконувати роботи в ізолюючих протигазах з дотриманням вимог безпеки, встановлених Настанови з організації газодимозахисної [46] та Статуту дій у надзвичайних ситуаціях [44].
- у разі недостатньої видимості слід застосовувати додаткове освітлення і засоби зв'язку;
- під час гасіння пожеж кожен працівник зобов'язаний слідкувати за змінами обстановки, поведінкою будівельних конструкцій, станом технологічного обладнання і, у разі виникнення небезпеки, негайно шляхом подачі встановленого сигналу попередити всіх працюючих на небезпечній ділянці та керівника гасіння пожежі для забезпечення негайного відходу особового складу в безпечне місце[45].

Під час роботи з електроінструментом, прожекторами і приладами необхідно:

- тримати і переносити інструменти і прилади тільки в гумових і прогумованих рукавицях;
- перед запуском електроінструменту одягнути захисні окуляри;
- встановити прожектори і прилади на міцну і стійку основу в тих місцях, де немає небезпеки попадання на них води (піни);

- вимикати струмоприймачі в разі попадання напруги на корпус електроінструменту або приладу, а також виявлення інших несправностей;
- вимикати електроінструмент під час перерви подавання струму і у разі переміщення на нове місце роботи.

Забороняється передавати електрифікований інструмент особам, які не мають допуску для роботи з ним.

Особовий склад на пожежі (під час аварії, стихійного лиха) зобов'язаний постійно слідкувати за появою обвислих (обірваних, обгорілих) електричних проводів у місцях роботи стільників, при розбиранні конструкцій будівель, встановлюванні драбин і прокладанні рукавних ліній та своєчасно доповідати про них керівнику гасіння пожежі, а також негайно застерігати осіб, які працюють у небезпечній зоні. Доки не буде встановлено, що виявлені проводи знеструмлені, необхідно вважати їх під напругою і дотримуватись відповідних заходів безпеки.

Відключення електрообладнання при фазній напрузі в мережі не вище 220 В може виконуватись особовим складом підрозділів ДСНС України тільки за вказівкою керівника гасіння пожежі, керівника оперативної ділянки. У разі неможливості застосовувати для цього відключаючи пристрої (рубильники, запобіжники тощо) електропроводи перерізають спеціальними ножицями.

Роботи, пов'язані з перерізанням електропроводів, мають виконуватись під контролем начальника караулу (командира відділення) тільки особами, які пройшли практичне навчання і споряджені ножицями для перерізання електропроводів, гумовими діелектричними рукавицями і калошами (ботами) [45].

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		95

4.2. Екологічна безпека

Ще декілька років назад не виникало серйозних занепокоєнь в тому, що екологічні наслідки аварій і катастроф, які супроводжуються пожежами, виявляються такими масштабними і трагічними. З одного боку, пожежі - це забруднення навколишнього середовища, а з другого-великі втрати матеріальних ресурсів. Так, більш глибокий аналіз наслідків впливу техногенних (антропогенних) пожеж на навколишнє природне середовище свідчить про те, що наслідки їх не передбачувани: це токсичне, хімічне забруднення (ураження) атмосфери, ґрунту, води, рослинності, живих організмів.

Згорання повітря на пожежі є одним із основних небезпечних факторів екологічної небезпеки, тому що безпосередньо впливає на стан навколишнього середовища.

При протіканні процесу горіння (пожежі) в природному середовищі всі продукти згорання поступають в атмосферу. Продуктами горіння називають газоподібні, рідкі і тверді речовини, що утворюються в результаті з'єднання горючої речовини з киснем в процесі горіння. Склад їх залежить від хімічного складу горючої речовини і умов їх горіння.

При пожежі в культурно-глядацьких горять різні речовини, основну долю яких представляють органічні речовини (деревина, тканина, гума, синтетичні речовини) в склад яких входить головним чином вуглець, водень, кисень і азот. При горінні їх в достатній кількості повітря і при високій температурі утворюються продукти повного згорання: CO_2 , H_2O , N_2 . При горінні в недостатній кількості повітря і при низькій температурі, крім продуктів повного згорання утворюються продукти неповного згорання CO , C (сажа).

Основна небезпека димових газів полягає в наступному:

- витиснення кисню;
- отруйний вплив на живі організми;
- підвищення оптичної щільності середовища.

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		96

Для нормального дихання людині необхідно не менше 14% кисню в навколишньому середовищі, а для процесу горіння - 16%. Деякі речовини витискують кисень із зони пожежі за рахунок більшої маси, і відбувається зменшення концентрації - внаслідок чого людина відчуває кисневий голод.

Отруєння димовими газами може відбутися в атмосфері з утриманням кисню і більш 14%, за рахунок утворення хімічних сполук у живих організмах, що перешкоджає нормальній життєдіяльності.

Наприклад, при концентрації чадного газу 1% достатньо 1 хвилини перебування в отруєній зоні для летального виходу людини.

Вплив різноманітних речовин на людину і навколишнє середовище різне, наприклад, чадний газ - утворюється при горінні: безбарвний газ без запаху і смаку; при вдиханні диму в крові блокується зв'язок гемоглобіну з киснем і обмежуються умови для його переносу з кров'ю від легень; смертельна концентрація в повітрі - 1%.

У випадку виникнення пожежі на людину і навколишнє середовище можуть впливати наступні факти:

- відкритий вогонь і іскри;
- знижена концентрація кисню;
- дим.

При горінні деревини в складі продуктів горіння буде міститися велика кількість небезпечних продуктів неповного горіння, таким є вугілля, оцтова кислота, метанол, смола, ацетон, двооксид вуглецю, оксид вуглецю, метан, вуглеводні. На великих пожежах виникають настільки могутні потоки, що іскри несуться на десятки і сотні метрів від місця пожежі, викликаючи нові вогнища горіння. Нові вогнища горіння – це розширені зони екологічної поразки навколишнього середовища. У глобальному масштабі великі пожежі, на яких знищуються мільйони метрів кубічних повітря, приводять до необоротних змін у біосфері.

Зменшити екологічно несприятливі впливи на пожежі можуть тільки чіткі і злагоджені дії підрозділів ДСНС України при гасінні пожежі.

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		97

Недоліки в роботі підрозділів ДСНС України в області екологічної безпеки і той факт, що підрозділи ДСНС України нерідко залучаються для ліквідації наслідків, що наносять екологічну втрату навколишньому середовищу, зараз вимагають:

- коригування і зміни програм навчання пожежних-рятувальників спрямованих на використання спеціальної техніки, вивчення способів визначення небезпечних речовин, тактики боротьби з ними, засобів і способів захисту особового складу;
- залучення фахівців токсикологічних, санітарних, метрологічних і інших служб при відпрацьовуванні планів пожежогасіння на об'єктах із застосуванням небезпечних матеріалів;
- розробки і впровадженні нових екологічно безпечних вогнегасних засобів.

За довідковими даними на ліквідацію однієї середньо статичної пожежі витрачається біля 50 м³ води. Враховуючи, що на світі щорічно виникає біля 5,5 млн. пожеж, то для гасіння необхідно 275 млн. м³ води, тобто 0,275 тис. км³, що рівноцінно стаціонарним водним ресурсам озер, рік і більшої частини (54 %) ґрунтової вологи, разом взятих. На утворення 1 г. водяного пару під час пожежі використовують 619 кал. теплоти.

Негативний вплив на навколишнє середовище здійснює не тільки пожежа, але і засоби, що використовуються для її гасіння (піноутворювач, порошки, вуглекислоти, хладони) як відомо 94% всіх пожеж гасять водою [51].

Але, виявляється, і при використанні і цього засобу боротьби з вогнем можна нанести шкоду природі. Про це свідчать приклади пожеж на складах ядохімікатів. Тому в ряді Європейських країн використовують установки збору води для повторної її використання.

Аналіз оперативних дій пожежних підрозділів нерідко свідчить про те, що мають місце недоліки роботи пожежних підрозділів в області екологічної безпеки. А тому надалі необхідно:

- внести коректування та зміни в програми підготовки пожежних, направ-

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		98

лених на використання спеціальної техніки, вивчення способів визначення небезпечних речовин, тактики боротьби з ними, засобів та способів захисту особового складу;

- залучення спеціалістів токсикологічних, санітарних, метрологічних і інших служб при відпрацюванні оперативних планів пожежогасіння;

- розробка та впровадження нових екологічно-безпечних вогнегасних засобів;

- організація системи повторного використання не використаних при гасінні залишків засобів пожежогасіння.

Виходячи з вище викладеного, можна зробити висновок, що першочерговим завданням забезпечення пожежної безпеки навколишнього середовища будинку культури є:

- визначення і аналіз пожежної небезпеки будинку культури;
- уточнення найбільш пожеженебезпечних приміщень;
- встановлення небезпечних факторів пожежі, що можуть виникнути;
- встановлення небезпечних явищ, що можуть виникнути в процесі гасіння пожежі.

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		99

ВИСНОВКИ

1. В роботі проведено обґрунтування вибору найбільш ефективних пожежних сповіщувачів шляхом порівняння різних типів сповіщувачів за часом спрацювання та місць установки. Представлені дослідження показали, що газові пожежні сповіщувачі мають безперечну перевагу над тепловими та димовими пожежними сповіщувачами.

2. Розглянуто види конструкцій та хімічний склад чутливої маси ГПС. Встановлено, що серед існуючих найефективнішим є напівпровідниковий датчик спіралеподібного типу, у якого чутливість (порог спрацювання) складає 1ppm що відповідає значенню аналітичного сигналу 5 мВ .). В конструкції датчиків ГПС використовується високоомний матеріал ніхром (Ni-Cr), який володіє більшим, опором в порівнянні з золотом і платиною. Поєднання ніхром – чутлива маса забезпечує різнобічне спрямування температурних векторів на відміну від пар золото - чутлива маса або платина - чутлива маса, що сприяє самостійній термокомпенсації конструкції НПД СТ.

3. Запропоновано використовувати в технології виробництва НПД СТ найтонші шари оксиду Ті TiO_2 , як компонента чутливої маси, що виконує функцію протикорозійного-хімічного захисту.

4. Проведено термодинамічні розрахунки реакції горіння на різних стадіях. Визначено яким повинне бути порогове значення по різниці ΔH_r° продуктів горіння для спрацювання газового пожежного сповіщувача. Дана величина повинна дорівнювати $-946,7\text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$ або по теплоті продуктів згоряння $434,25\text{ кДж/кг}$. В той же час реакції горіння, які фіксуються ДПС, перебігають на рівні $\Delta H_r^\circ \approx 7000-17000\text{ кДж/кг}$.

5. Проведені розрахунки параметрів пожежі і сил та засобів для гасіння умовної пожежі при спрацюванні ДПС показали, що для гасіння пожежі, необхідно тринадцять відділень на основних пожежних автомобілях, а для гасіння

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		100

умовної пожежі при спрацюванні ГПС необхідно вісім відділень на основних пожежних автомобілях.

6. Розрахунки показали, до прибуття перших пожежних підрозділів площа пожежі при спрацюванні ДПС сягатиме 433 м², але при спрацюванні ГПС – тільки 150 м². Виходячи з цього відношення, існує реальна можливість зменшити площу ймовірної пожежі, прямі матеріальні збитки та кількість особового складу та техніки, задіяної в ліквідації даної НС.

7. Проведено розрахунки економічної ефективності, які показали, що використання ГПС є економічно доцільним і раціональним в плані покращення протипожежного захисту культурно-глядацьких закладів.

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		101

ЛІТЕРАТУРА

1. [Кодекс цивільного захисту України](#) : Кодекс. - [чинний від 2013-07-01]. – К.: Міністерство з надзвичайних ситуацій України, 2013. – 82 с. – (Кодекс України).
2. Шаровар Ф.И. Методы раннего обнаружения загораний/ Ф.И. Шаровар – М.: Стройиздат, 1988. – 337 с.
3. Исаева Л.К. Пожары и окружающая среда / Л.К. Исаева – М.: Калан, 2001. – С. 103 – 112.
4. Исследование условий для газовых извещателей и извещателей пламени в составе систем автоматической пожарной сигнализации и разработка предложений по их применению на объектах защиты: Отчет ВНИИПО. – М., 1991. – 81 с.
5. Извещатели пожарные газовые. Общие технические требования. Методы испытаний: НПБ 71-98. – Введен 27.07.1998.
6. Хом'як Я.І. Аналіз стану з пожежами і наслідками від них в Україні за період з 2000 по 2008 рік та прогноз основних показників статистики на 2009 рік / Я.І. Хом'як, Р.В. Климась, Т.М. Скоробагатько // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2009. - №1(19). – С.7 – 24.
7. Мировые тенденции развития рынка пожарных извещателей (техника и технологии: прошлое, настоящее и будущее).[Электронный ресурс]/ Скофильд С. - режим доступа: <http://www.fire-engine.ru/article/izveshateli/tendencii-rynka/>
8. Буцынская Т.А. Анализ направлений совершенствования пожарной сигнализации на основе патентной информации / Т.А. Буцынская // Пожаровзрывобезопасность. —2005. - №3. – С. 75-77.
9. Буцынская Т.А. Анализ развития рынка технических средств пожарной сигнализации в России / Т.А. Буцынская // Пожаровзрывобезопасность. - 2006. - №3. - С. 67-69.
10. Федоров А.В. Экспериментальные исследования полей концентраций водорода и оксида углерода на ранней стадии пожара в помещениях и определе-

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		102

ние рациональных мест установки газовых пожарных извещателей / А.В. Федоров, А.А. Лукьяненко, А.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. - 2006. - №3. - С. 74—84.

11. Савин М.В. Современные системы раннего обнаружения пожара / М.В. Савин, В.Л. Здор И Пожаровзрывобезопасность. - 2003. - №6.- С. 70-73.

12. Автоматические пожарные извещатели. Выбор и размещение.Сборник учебно-методических материалов / Каталог пожарной безопасности. Оборудование, проектирование, монтаж. - С. 1-12.

13. Баратов А.Н. Особенности горения и тушения древесины / А.Н. Баратов, Л.В. Румянцев И Пожаровзрывобезопасность. - 2001. - №6. - С. 51-53.

14. Прусский А.В. Газові пожежні сповіщувачі на базі напівпровідникових сенсорів. Питання хибних спрацювань І А.В. Прусский, В.Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. - 2006. - Вип. 4. - С. 190- 197.

15. Ми Зуй Тхань. Горючая загрузка в современных жилых помещениях І Ми Зуй Тхань И Пожаровзрывобезопасность. - 2005. - Т 14 №4. - С. 30-37.

16. Гордон Л.В. Технология и оборудование лесохимических производств: учебник / Л.В. Гордон, С.О. Скворцов, В.И. Лисов - [5-е изд., доп. и перераб.]. - М.: Лесн. пром-сть, 1988. - 356 с.

17. Технология и оборудование лесохимических производств: учеб, пособие / [Л.В. Гордон, В.В. Фефилов, С.О. Скворцов, Г.Д. Атаманчуков]. - [3-е изд., перераб.]. - М., 1969. - 366 с.

18. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: ГОСТ 12.1.005-88. - [Введен 01.01.1989]. - М.: Изд-во стандартов. 1989.-47 с.

19. Большая Российская энциклопедия: химическая энциклопедия в 5 т./ [редкол.: Зефилов Н.С. (гл. ред.) и др.]. - М., 1998. - Т. 5: Триптофан - Ятрохимия. - 1998. - С. 41 – 46 .

20. Таблицы физических величин. Справочник / [под ред. акад. И.К. Кикоина]. - М.: Атомиздат, 1976. - 1008 с.

21. Прусский А.В. Анализ состояния проблемы выявления начальной стадии процесса горения (тления) горючих материалов с помощью пожарных извещателей

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		103

щателей / А.В. Прусский, В.Д. Калугин, А.Ю. Войтов // Проблемы пожарной безопасности. - 2007. - Вып. 21. - С. 208-217.

22. Васильев А.А. Газовые сенсоры для пожарных извещателей / А.А. Васильев, И.М. Олихов, А.В. Соколов // Электроника. Наука, Технология, Бизнес, 2005. - №2. - С. 24-27.

23. Прусский А.В. Електрохімічні та термодинамічні осн формування нано-плівкових напівпровідникових сенсорів пожежних сповіщувачів / А.В. Прусский, В.Д- Калугін, О.В. Тарахно// Науковий вісник Чернівецького університету. Хімія. – 2008. – Вип. 401.: - С. 126 – 128.

24. Напівпровідникові сенсори: Теорія, конструкція, застосування / [П.Ф. Буданов, Ю.Г. Данник, О.Ю. Заславська та ін.]; за ред. Ю.Г. Даника. – Харків: Нац. ун-т внутр. справ, 2001. – 252 с.

25. Прусский А.В. Модель напівпровідникового фрактального чутливого елемента датчика газосигналізатора пожежовибухонебезпечних газів та парів токсичних органічних речовин / А.В. Прусский, С.Е. Кальний, В.Д. Калугін // Проблемы пожарной безопасности. – 2005. Вып. 18. – С. 128-132.

26. Прусский А.В. Електрофізичні характеристики напівпровідникових датчиків різної конструкції газосигналізаторів пожежовибухонебезпечних газів та парів органічних рідин / А.В. Прусский, В.Д. Калугін // Проблемы пожарной безопасности. – 2005. Вып. 17. – С. 163-169.

27. Займан Д. Модели беспорядка. Теоретическая физика однородно неупорядоченіх систем / Д. Займан; [пер. с англ.]. – Мир, 1982. – 592 с .

28. Федер Е. Фракталы / Е. Федер – М.: Мир, 1998. – 248 с

29. Буданов П.Ф. Фрактальный метод обнаружения газов и модель полупроводниковых чувствительных элементов / П.Ф. Буданов, Ю.Г. Даник, С.Е. Кальной // Системи обробки інформації. – 2003. – Вип.4. – С. 22 – 26.

30. Системи пожежної сигналізації. Частина 1. Вступ (EN 54-1: 1996,IDT): ДСТУ EN 54-1 :2003 – [Чинний від 01.07.2004.]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 14 с. (Національний стандарт України).

31. Прусский А.В. Исследование технических характеристик газового по-

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		104

жарного извещателя с полупроводниковым чувствительным элементом спиралевидного типа для обнаружения газообразных продуктов пиролиза целлюлозосодержащих материалов / А. В. Прусский, В.Д. Калугин, А.Я. Шаршанов, А.Ю. Войтов // Системи обробки інформації. – 2007. – Вип. 7(65). – С. 123-128.

32. Абрамов Ю.А. Динамические характеристики полупроводникового чувствительного элемента спиралевидного типа газового пожарного извещателя / Ю.А. Абрамов, А.В. Прусский// Зб. Наук. Праць Харк. Ун-ту Повітряних Сил. – 2009. – Вип. 3(21). – С. 197 – 199.

33. Управление в технических системах с газовыми и жидкими компонентами: учебное пособие / [Ю.А. Абрамов, А.В. Прусский, А.П. Губарев, А.В. Узунов и др.]. – К.: ИСМО, 1997. – 288 с.

34. Шаровар Ф.И. Устройства и системы пожарной сигнализации / Ф.И. Шаровар – [2-е изд., перераб. И доп.]. – М.: Стройиздат, 1985. – 375 с.

35. Detecting real fires with CO detectors. D. Bywater. Перевод. [Электронный ресурс]/ Новосибирск. «ЭТРА-спецавтоматика». – Режим доступа: <http://www.etra.ru/docs/DETECTING%20REAL%20FIRES.pdf>

36. Преимущества газовых пожарных извещателей «Эксперт» и «Сегмент». [Электронный ресурс]/ Новосибирск. «ЭТРА-спецавтоматика». – Режим доступа: http://www.etra.ru/index/php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=14

37. Фотографии развития реального пожара наглядно демонстрируют возможности газового пожарного извещателя [Электронный ресурс]/ Новосибирск. «ЭТРА-спецавтоматика». – Режим доступа: http://www.etra.ru/index/php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=17

38. Газовые пожарные извещатели с полупроводниковыми датчиками: теория, технология, применение: Учебное пособие / В.Д. Калугин, А.В. Прусский, А.Ю. Войтов, Е.В. Быкова, С.А. Ерёменко – К.: ИГУГЗ НУГЗ Украины, 2011. – 195 с.

39. Указ Президента України від 16 січня 2013 року № 20/2013 «Про затвердження Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій».

40. Постанова КМУ від 14 листопада 2007 р. № 1324 «Про затвердження По-

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		105

рядку розподілу суб'єктів господарювання за ступенем ризику їх господарської діяльності для безпеки життя і здоров'я населення, навколишнього природного середовища щодо пожежної безпеки».

41. «Типове положенням про інструктажі, спеціальне навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України», затверджене Наказом ДСНС України від 29.09.2003 № 368, зареєстроване у Міністерстві юстиції України 11.12.2003 за № 1148/8469.

42. Наказ ДСНС України від 16.12.2011 №1341 «Про затвердження Методики розрахунку сил і засобів, необхідних для гасіння пожеж у будівлях і на територіях різного призначення».

43. Наказ МВС України від 07.10.2014 року № 1032 «Про затвердження Порядку організації внутрішньої, гарнізонної та караульної служб в органах управління і підрозділах Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту Державної служби України з надзвичайних ситуацій».

44. Наказ МВС України від 26.04.2018 року № 340 «Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж».

45. Наказ МНС України від 07.05.2007 року № 312 «Про затвердження Правил безпеки праці в органах і підрозділах ДСНС України».

46. Наказ ДСНС України від 16.12.2011 р. № 1342 «Про затвердження Настанови з організації газодимозахисної служби в підрозділах оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України».

47. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2695-ХІІ.

48. Баратов Н.П., Корольченко А.Я. Справочник. Пожароопасность веществ и материалов и средства их тушения М.: Стройиздат. 1987 г.

49. Методичні вказівки до виконання дипломної роботи освітнього ступеня магістра за напрямом підготовки 16 – «Хімічна та біоінженерія» кафедри спеціа-

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		106

льної хімії та хімічної технології факультету оперативно-рятувальних сил. / Укладачі: О.В. Тарахно, В.Д. Калугін, М.А. Чиркіна. –Х. : НУЦЗУ, 2018. – 38 с.

50. Иванников В.П., Ключ П.П. «Справочник руководителя тушения пожара», – М.: Стройиздат, 1987, – 288 с.

51. Ключ П.П., Палюх В.Г. Тактические возможности пожарных подразделений», Учебное пособие, – Харьков, ХИСИ-ХПТУ, 1993, –201с.

52. Альбоций А.В. Економіка цивільного захисту: Методичні рекомендації до виконання контрольної і курсової робіт з навчальної дисципліни. Для слухачів заочної форми навчання (Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр» за спеціальністю 8.092801 «пожежна безпека»). – Х.: НУЦЗУ, 2009 р. – 37 с.

					НУЦЗУ.2.17–77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		107

ДОДАТКИ

					НУЦЗУ.2.17-77 СХ та ХТ РПЗ – 11	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		108