

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Kalynovskyi A.J.

*PhD, Associate professor
National University of Civil Defense of Ukraine*

Shakhov S.M.

*PhD, lecturer
National University of Civil Defense of Ukraine*

Saveliev D.I.

*PhD, senior lecturer
National University of Civil Defense of Ukraine*

Polivanov O.G.

*Graduate student
National University of Civil Defense of Ukraine*

RESEARCH OF FIRE DEVELOPMENT IN MULTI-STORY BUILDINGS IN CITIES OF UKRAINE

Калиновський А.Я.

*Кандидат технічних наук, доцент
Національний університет цивільного захисту України*

Шахов С.М.

Кандидат технічних наук, викладач Національного університету цивільного захисту України, м. Харків, Україна

Савельєв Д.І.

*Кандидат технічних наук, старший викладач
Національний університет цивільного захисту України*

Поліванов О.Г.

Ад'юнкт Національного університету цивільного захисту України, м. Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖ У БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЛЯХ У МІСТАХ УКРАЇНИ

DOI: [10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.72.113](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.72.113)

Summary. The division of urban settlements into appropriate groups by population and area using the methods of cluster analysis. Statistical data characterizing the process of extinguishing fires by emergency rescue formations of cities have been processed. One settlement was selected from each group of cities and data on fires for the period of 2020 were further processed on them. The relationship of the following parameters is established: combustion area; floor of the building; time of fire localization. The obtained static data show that the area of the fire and the localization time increase on average from 3.5 to 6 times. The result of the data analysis makes it possible to calculate the amount of required extinguishing agents when using the method of discrete delivery.

Анотація. Проведено поділ міських населених пунктів на відповідні групи за чисельністю населення та площею території із використанням методів кластерного аналізу. Опрацьовано статистичні дані, які характеризують процес гасіння пожеж аварійно-рятувальними формуваннями міст. З кожної групи міст було відібрано по одному населеному пункту і далі по ним опрацьовані дані щодо пожеж за період 2020 року. Встановлено взаємозв'язок зв'язку наступних параметрів: площа горіння; поверх будівлі; час локалізації пожежі. Отримані статичні дані свідчать що площа пожежі та час локалізації локалізації збільшується у середньому від 3,5 до 6 разів. Результат аналізу даних надає можливість розрахувати кількість необхідної вогнегасної речовини під час використання способу дискретної доставки.

Key words: *multi-storey buildings, fire extinguishing, fire extinguishing substances, discrete delivery method.*

Ключові слова: *багатоповерхові будівлі, пожежогасіння, вогнегасні речовини, дискретний спосіб доставки.*

Постановка проблеми. З розвитком технологій та устаткування, що використовується у будівництві, щорічно зростає кількість висотних будівель. Будівлі підвищеної поверховості належать до об'єктів з масовим перебуванням людей. Крім того там знаходяться великі матеріальні цінності. Виникнення пожеж та надзвичайних ситуацій у цих будівлях може призвести до великих матеріальних збитків та

загибелі людей. Саме цим і обумовлено особливу увагу до проблеми забезпечення безпеки людей в багатоповерхових будівлях при виникненні пожежі. Масштабні пожежі, що сталися в останні роки довели необхідність переозброєння оперативного-рятувальних підрозділів підрозділів новою технікою та засобами пожежогасіння. Одним з перспективних напрямків пожежогасіння у багатоповерхових будівлях [1] є застосування

дискретної доставки вогнегасних речовин до осередку пожежі. Завдяки цьому способу, можливо знизити час локалізації пожежі, але необхідні знати, яку забезпечити кількість вогнегасної речовини. Відомо, що чим більша площа пожежі, тим більше необхідно засобів пожежогасіння для успішної локалізації та ліквідації горіння. Але на сьогодні невідомі дані або статистика, завдяки яким можливо розрахувати кількість вогнегасних речовин для успішної локалізації пожежі. Отже невирішеною частиною проблеми гасіння пожеж у багатоповерхових будинках є встановлення зв'язку між такими параметрами, як площа горіння, поверхом будівлі де виникло загорання та часом локалізації пожежі. Зв'язок цих параметрів дозволить визначити кількість вогнегасної речовини, в залежності від поверху пожежі, під час використання способу дискретної доставки вогнегасних речовин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

У [2] авторами проведено аналіз нормативних документів в галузі пожежної безпеки для багатоповерхових будівель, досліджено причини загибелі та травмування людей в будівлях від 17 поверхів і вище. Визначено кількісний та якісний склад пожежної навантаги в сучасних квартирах висотних будівель, але поза увагою авторів залишилося дослідження площі пожеж та часу локалізації.

Дослідниками [3] проаналізовано умови пожежного захисту висотних будівель, наведено приклади розподілу будівель на відсіки, запропоновано комплекси розрахунків для забезпечення пожежної безпеки. Слід зауважити, що авторами не виявлено закономірності між поверхом будівлі, де виникла пожежа, площею гасіння та часом локалізації.

У роботі [4] проаналізовано пожежну небезпеку висотних будівель. Зіставлені способи гасіння пожежі в залежності від функціонального призначення будівлі. Наведений механізм гасіння тонко розпиленою водою. Підтверджена ефективність застосування системи гасіння тонко розпиленою водою, але не виявлено взаємозв'язок між площею горіння, поверхом будівлі та кількістю необхідної вогнегасної речовини.

Авторами [5] розглянуто статистику пожеж у хмарочосах та причини їх виникнення. Визначено основні чинники, що сприяли розвитку пожеж, та чинники, що ускладнюють процес гасіння. У [6] проведено аналіз пожеж у висотних будівлях, надані рекомендації щодо підвищення ефективності системи ліквідації пожеж оперативно-рятувальними підрозділами.

Дослідниками [7] визначено основні протипожежні вимоги до висотних будівель, проведено аналіз існуючих норм проектування протипожежного захисту будівель з різними функціональними групами приміщень. Надані рекомендації по забезпеченню пожежної безпеки висотних будівель та споруджень.

У дослідженні [8] виявлено, що ризики загибелі від пожеж на верхніх поверхах будівель залежать від наявності у будинках систем пожежної автоматики, а також від наявності спеціальної пожежно-рятувальної техніки та своєчасної можливості її доставки до місця пожежі. Встановлено, що середній час слідування підрозділів до місця виклику становить 6 хвилин, а максимальний 29 хвилин, що є неприпустимим.

Авторами [9] проведено аналіз пожеж у багатоповерхових будівлях та виділено основні причини виникнення цих пожеж. Показана можливість забезпечення пожежної безпеки конструктивними методами, а саме поділом будівлі по вертикалі на протипожежні відсіки за функціональними ознаками приміщень, що дозволяє локалізувати пожежу та запобігти її розповсюдженню по усій будівлі. Проведено розрахунки температури в умовах вільного розвитку пожежі в приміщенні гаражу, центра, офісної частини будівлі та жилих приміщень.

У [10] авторами проаналізовано розрахунок пожежного ризику у висотних будівлях різних класів функціональної пожежної небезпеки. Наведено, що комбіновано евакуації є єдиним способом забезпечення своєчасної та безпечної евакуації. Авторами [11] виявлено основні проблеми нормативної бази у галузі архітектурно-будівельного проектування висотних будівель у частині пожежної безпеки. Проаналізовані рішення та технічні можливості, які сприяють скороченню часу евакуації людей та проведенню аварійно-рятувальних робіт під час пожежі у багатоповерхових будівлях.

Отже, в результаті огляду літературних джерел [2–11] були виявлені питання, ще не досліджені іншими авторами, а саме взаємозв'язок між такими параметрами, як площа пожежі, поверх де вона виникла, та час локалізації такої пожежі. Це дозволяє сформулювати наступний напрямок досліджень, результат яких дозволить визначити кількість вогнегасної речовини, в залежності від поверху пожежі, при використанні способу дискретної доставки.

Метою дослідження є обробка статичних даних щодо виникнення пожеж у багатоповерхових будівлях в 4 містах на прикладі України, та встановлення зв'язку між площею горіння, поверхом будівлі та часом локалізації пожежі, що у подальшому надасть можливість розрахувати кількість необхідної вогнегасної речовини під час використання дискретної доставки вогнегасних речовин.

Виклад основного матеріалу.

Міста можуть значно відрізнятися по чисельності населення та площі території, що впливає на кількість викликів підрозділів та час виконання окремих оперативних робіт. Враховуючи це, необхідно провести поділ міських населених пунктів на відповідні групи за чисельністю населення та площею території. Вказане дослідження проводилося на прикладі

міських населених пунктів України. Загалом були зібрані статистичні дані про чисельність населення міських населених пунктів та площу їх територій. Вказані статистичні дані були отримані з офіційних сайтів Головних управлінь статистики в областях та офіційних сайтів міських рад. Загалом для дослідження були відібрані дані про 176 міських населених пунктів України. Поділ населених пунктів на групи проводився із використанням методів кластерного аналізу. Через те, що статистичні дані для проведення аналізу мали різні розмірності, на першому етапі було проведено нормування даних. Наступний етап досліджень передбачав проведення ієрархічного кластерного аналізу з побудовою вертикальної дендрограми. У якості міри відстані для ознак кластеризації було обрано евклідову метрику, а з метою побудови ієрархічної структури був використаний метод Варда. За принципом наочності кластиризації за

дендрограмою було визначено кількість кластерів. Їх кількість склала чотири. На третьому етапі досліджень було проведено перевірку точності отриманих за результатами ієрархічного кластерного аналізу результатів шляхом виконання повторного аналізу з використанням ітеративного методу групування k -середніх. Мірою відстані для ознак кластеризації під час використання вказаного методу групування була також евклідова метрика. В результаті проведення цього аналізу було виконано групування міських населених пунктів України на чотири групи за чисельністю населення та площею території. Різниця між визначеними кластерами за критерієм евклідової відстані наведена в табл. 1. Чисельність населених пунктів по визначеним групам та середні значення і середнє квадратичне відхилення показників за якими проводилося групування наведені в табл. 2.

Таблиця 1

Евклідова відстань між кластерами

Номер кластеру	1	2	3	4
1	0	42,54474	74,99847	68,18812
2	6,522633	0	4,88304	3,63132
3	8,660166	2,20976	0	0,23931
4	8,257609	1,90560	0,48919	0

Таблиця 2

Результати проведення кластерного аналізу ітераційним методом k -середніх

Номер кластеру	Кількість населених пунктів, які входять у групу	Середня чисельність населення міст, чоловік	Середнє квадратичне відхилення показника чисельності населення міст, чоловік	Середня площа міст, км ²	Середнє квадратичне відхилення показника площі міст, км ²
1	1	2965255	–	836	–
2	12	682725	366233	366,3	118,1
3	15	80207	30122	92,9	22,2
4	16	280365	60002	95,2	35,6

В склад першого кластеру ввійшло тільки одне місто – Київ. В другий кластер ввійшли міські населені пункти з чисельністю населення від 316492 до 1048958 чоловік та площею від 248,2 до 484,4 км². До цих міст належать, наприклад: Харків, Одеса, Львів, Луганськ, Донецьк, Дніпро та ін. Третій кластер складають міські населені пункти з чисельністю населення від 50085 до 110329 чоловік та площею від 70,7 до 115,1 км². До цієї групи міст ввійшли: Бахмут, Бердянськ, Довжанськ, Ірпінь, Лисичанськ, Селидове, Покров та ін. Четвертий кластер складають міські населені пункти з чисельністю населення від 220363 до 340367 чоловік та площею від 59,6 до 130,8 км². Міськими населеними пунктами, які ввійшли до цього кластеру, наприклад є: Вінниця, Житомир, Івано-

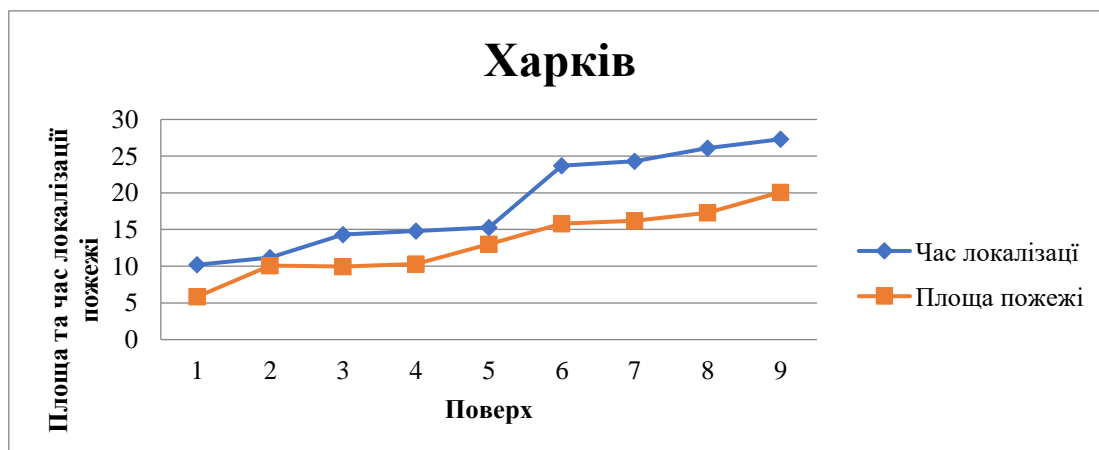
Франківськ, Кременчук, Рівне, Полтава, Маріуполь, Суми, Чернігів та ін.

Наступним кроком було опрацювання статистичних даних, які характеризують процес гасіння пожеж аварійно-рятувальними формуваннями міст. Дані були взяті з електронної системи ведення обліку пожеж та їх наслідків, яка використовується ДСНС України. З кожної групи міст було відібрано по одному населеному пункту і далі по ним опрацьовані дані щодо пожеж за період 2020 року. Для проведення досліджень були відібрані наступні міські населені пункти: Київ (1-й кластер), Харків (2-й кластер), Бердянськ (3-й кластер), Полтава (4-й кластер). У табл. 3 вказані дані щодо поверхів, де виникла пожежа, площі пожежі та часу ліквідації.

Результати обробки статистичних даних.

Харків			Київ		
Поверх	Час локалізації	Площа пожежі	Поверх	Час локалізації	Площа пожежі
1	10,2	5,86	1	6,2	4,3
2	11,2	10,07	2	7,2	6,16
3	14,3	9,97	3	8,1	6,54
4	14,8	10,3	4	8,6	9,9
5	15,3	13	5	9,5	11,2
6	23,7	15,79	6	13,4	15,4
7	24,3	16,2	7	16,2	17,2
8	26,1	17,3	8	19,3	21,3
9	27,3	20,1	9	23,4	25,4
Бердянськ			Полтава		
Поверх	Час локалізації	Площа пожежі	Поверх	Час локалізації	Площа пожежі
1	6	3,3	1	10	6,25
2	5	5,2	2	12,25	8,1
3	8,5	11	3	13,5	9,3
4	9,75	11,2	4	15,6	11,2
5	11,1	13,2	5	17	14,1
6	23	16,3	6	20,2	16,4
7	28	20,5	7	24	18,1
8	29	22	8	24,5	19,2
9	27,2	20	9	25	22,1

Графічні результати обробки статистичних даних у м. Харкові подано на рисунку 1.



Рисунк 1. Залежність площі та часу локалізації пожежі від поверху де вона виникла, м Харків.

Аналізуючи графічну залежність, яка подана на рисунку 1, встановлено, що для м. Харків характерне збільшення часу локалізації пожежі, та відповідно збільшення її площі, при підвищенні

поверху будівлі. Час локалізації при виникненні на 1 поверсі будівлі становить близько 10 хвилин, а площа пожежі приблизно 6 м². У разі виникнення пожежі на 9 поверсі час локалізації та площа пожежі збільшується майже у 3 рази, та становить 27 хвилин. Площа пожежі відповідно збільшується

приблизно у 3,5 рази та становить майже 20 м². Отже результати свідчать, що при підвищенні висоти (поверху) зростає час локалізації і площа.

Графічні результати обробки статистичних даних у м. Київ подано на рисунку 2.

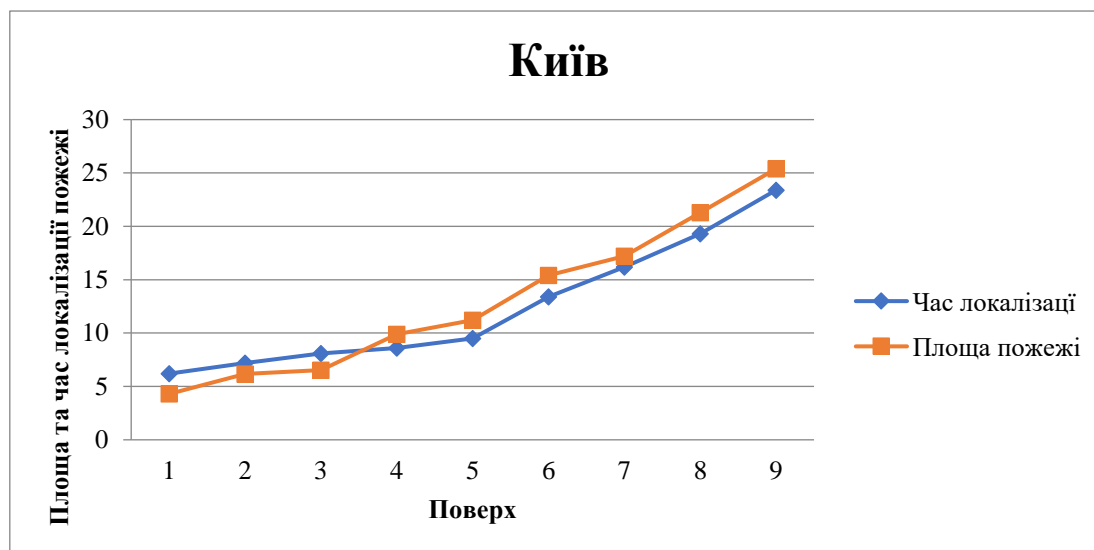


Рисунок 2. Залежність площі та часу локалізації пожежі від поверху де вона виникла, м. Київ

Графік на рисунку 2 свідчить, що час локалізації та площа пожежі мають характерність збільшуватися при підвищенні рівня (поверху) де виникла пожежа. Встановлено що найбільший час локалізації спостерігається при виникненні пожежі на 9 поверсі та становить майже 24 хвилини, площа пожежі відповідно складає 25,4 м². При зниженні

рівня (поверху) виникнення пожежі, час локалізації зменшується у 4 рази та становить 6 хвилин. Площа пожежі знижується у 6 разів, відповідно від 25 м² до 4,3 м².

Графічні результати обробки статистичних даних у м. Бердянськ подано на рисунку 3.

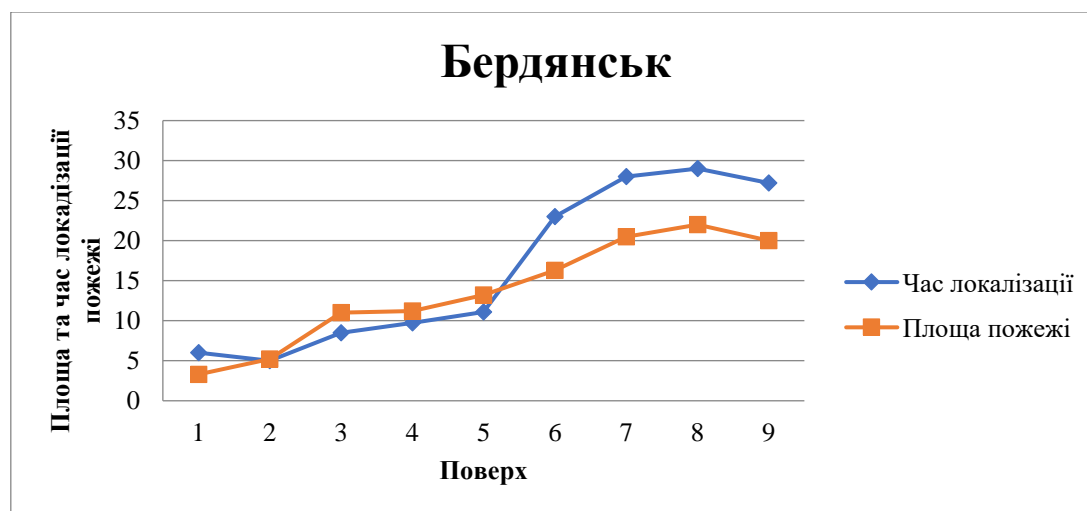


Рисунок 3. Залежність площі та часу локалізації пожежі від поверху де вона виникла, м. Бердянськ.

Обробка статистичних даних у м. Бердянськ (рисунку 3) дозволила встановити, з підвищення поверху де виникає пожежа, зростають також і час локалізації пожежі та її площа. Відповідно час локалізації при виникненні на 1 поверсі будівлі становить близько 6 хвилин, а площа пожежі приблизно 3 м². У разі виникнення пожежі на 8

поверсі час локалізації та площа пожежі збільшується майже у 4 рази, та становить 27 хвилин. Площа пожежі відповідно збільшується майже у 7 разів та становить 22 м².

Графічні результати обробки статистичних даних у м. Полтава подано на рисунку 4.

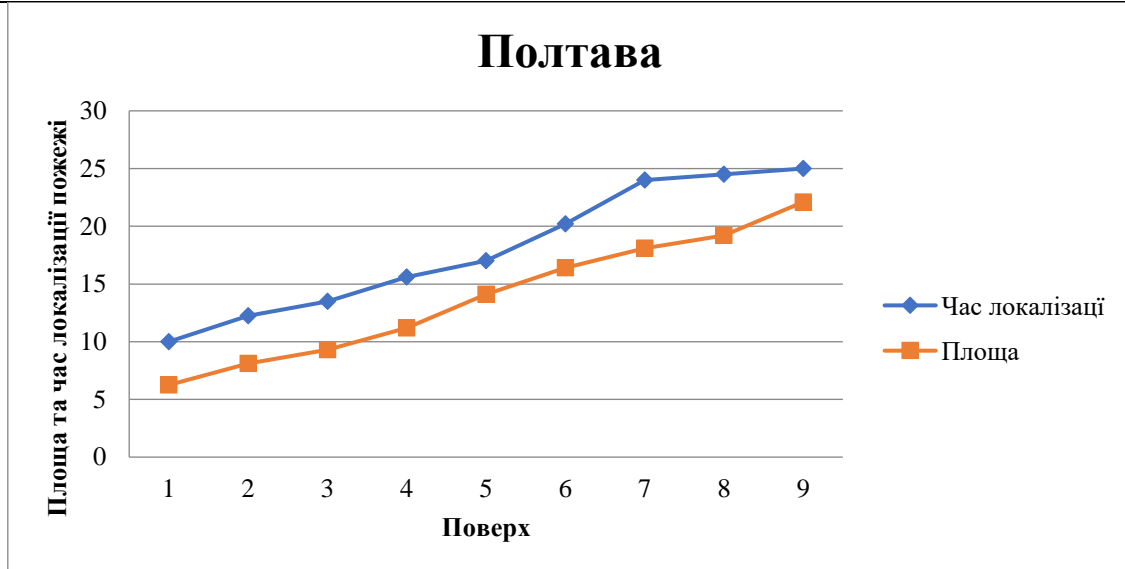


Рисунок 4. Залежність площі та часу локалізації пожежі від поверху де вона виникла, м. Полтава.

У м. Полтава (рисунок 4) також спостерігається збільшення часу локалізації пожежі та площі горіння, при підвищенні рівня (поверху) де виникла пожежа. Таким чином найменша площа горіння та найнижчий час локалізації спостерігається на 1 поверсі, відповідно 6,25 м² та 10 хвилин. У разі виникнення пожежі на 9 поверсі час локалізації становить 25 хвилин, що у 2,5 рази більше ніж на 1 поверсі. Стосовно площі горіння, вона відповідно збільшилась у 3,5 рази та становить майже 22,1 м².

Висновки.

1. Проведено поділ міських населених пунктів на відповідні групи за чисельністю населення та площею території із використанням методів кластерного аналізу. Опрацьовано статистичні дані, які характеризують процес гасіння пожеж аварійно-рятувальними формуваннями міст. З кожної групи міст було відібрано по одному населеному пункту і далі по ним опрацьовані дані щодо пожеж за період 2020 року. Для проведення досліджень були відібрані наступні міські населені пункти: Київ (1-й кластер), Харків (2-й кластер), Бердянськ (3-й кластер), Полтава (4-й кластер).

2. Встановлено взаємозв'язок зв'язку наступних параметрів:

- площа горіння;
- поверх будівлі;
- час локалізації пожежі.

3. Для кожного з міст, що були оброблені спостерігається зростаюча динаміка стосовно площі пожежі та часу локалізації при підвищенні рівня (поверху) де виникла пожежа. Отримані статичні дані свідчать що площа пожежі та час локалізації збільшується у середньому від 3,5 до 6 разів, що зумовлює необхідність зменшення часу локалізації за рахунок подачі вогнегасних речовин у контейнерах (капсулах) зовні будівель. Результат аналізу даних надає можливість розрахувати кількість необхідної вогнегасної речовин під час

використання дискретної доставки вогнегасних речовин у контейнерах (капсулах).

Література

1. Куценко Л.М., Калиновський А.Я., Ковальов О.О., Поліванов О.Г. Новий спосіб дискретної доставки вогнегасних речовин. Проблеми пожежної безпеки, 48. 2020. С 94-103.
2. Корольченко А.Я., Ляпин А.В. Пожарная защита высотных зданий. Пожаровзрывобезопасность 2012, 21 (3) С. 57-61.
3. Иванов В.Н., Солнцев Н.Д. Пожарная нагрузка в квартирах в высотных зданиях. Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидации. 2019. С 41-49.
4. Корольченко Д.А., Громовой В.Ю., Ворогушин О.О. Применение тонкораспыленной воды для тушения пожаров в высотных зданиях. Пожаровзрывобезопасность 2011, 20 (3)
5. Таранцев А.А. Новоселов Р.Н. Родичев А.Ю. Высотные здания и их пожарная опасность. Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России» 2010. С. 1-7.
6. Кирюханцев Е.Е., Иванов В.Н. О повышении эффективности тушения пожаров в высотных зданиях. Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>) Выпуск № 5 (51), 2013 г. С. 1-5.
7. Казакова В.А., Терещенко А.Г., Недвига Е.С. Пожарная безопасность висотних багатофункціональних зданий. Строительство уникальных зданий и сооружений, 2014. №3 (18). С. 38-56.
8. С.О. Смеляненко, А.І. Харчук, О.В. Міллер, О.М. Мартин. Аналіз пожежних ризиків для висотних та багатоповерхових житлових будинків міста Львів. Пожежна безпека №27, 2015. С. 57-63.

9. А.Я. Корольченко. О.О. Ворогушин. Динамика развития пожаров в высотных зданиях. *Пожаровзрывобезопасность*. 2012, 21(12). С. 60-66.

10. Холщевников В.В. Кудрин И.С. Анализ условий обеспечения требуемого уровня индивидуального пожарного риска в высотных зданиях. *Жилищное строительство* 2010. С. 11-14.

11. Карпов В.Л., Медяник М.В. О необходимости реализации процесса превентивного спасения людей при пожаре в уникальных высотных зданиях. *Пожаровзрывобезопасность*, 2018, 26(8). С. 25-30.