

*Е.М. Гуліда, д-р техн. наук, професор
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ВПЛИВ ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ НА ВЕЛИЧИНУ ЗБИТКІВ ВІД ПОЖЕЖІ В ПРИМІЩЕННЯХ РІЗНИХ ОБ'ЄКТІВ

Розроблена методологія прогнозування збитків від пожежі на об'єкті залежно від значення пожежного ризику. Встановлено вплив значення пожежного ризику об'єкта на тривалість процесу вільного розвитку пожежі. Також встановлено залежність пожежного ризику і тривалості процесу вільного розвитку пожежі від наявності на об'єкті засобів протипожежного захисту. До основних засобів протипожежного захисту в першу чергу були віднесені: приймально-контрольний пристрій пожежної сигналізації, пожежні сповіщувачі і пожежні оповіщувачі. При визначенні збитків об'єкта від пожежі уточнювалася площа пожежі з врахуванням її збільшення в процесі локалізації пожежі.

Ключові слова: пожежа, пожежний ризик, вільний розвиток пожежі, збитки від пожежі.

Э.Н. Гулида

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРНОГО РИСКА НА ВЕЛИЧИНУ УБЫТКОВ ОТ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИЯХ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

Разработана методология прогнозирования убытков от пожара на объекте в зависимости от значения пожарного риска. Установлено влияние значения пожарного риска объекта на продолжительность процесса свободного развития пожара. Также установлена зависимость пожарного риска и продолжительности процесса свободного развития пожара от наличия на объекте средств противопожарной защиты. К основным средствам противопожарной защиты в первую очередь были отнесены: приемно-контрольное устройство пожарной сигнализации, пожарные извещатели и пожарные оповещатели. При определении убытков объекта от пожара уточнялась площадь пожара за счет учета ее увеличения в процессе его локализации.

Ключевые слова: пожар, пожарный риск, свободное развитие пожара, ущерб от пожара.

E.M. Hulida

INFLUENCE OF FIRE RISK ON FIRE LOSSES IN THE ROOMS OF VARIOUS FACILITIES

The methodology for fire losses predicting depending on the fire risk has been developed. The influence of the fire risk value on the duration of free development of fire has been defined. The influence of the on-site fire protection devices availability on the fire risk value and on the duration of free development of fire has been also calculated. Automatic fire fighting equipment has been regarded as the main fire protection devices. In the process of fire losses determining the fire area increasing during the process of fire localization has been taken into account.

Key words: fire, fire risk, free development of fire, fire losses.

Постановка проблеми. Згідно із даними роботи [1] стосовно пожежних ризиків, основними для будь-якого об'єкта є: *пожежний ризик; індивідуальний пожежний ризик і соціальний пожежний ризик*. Ці пожежні ризики, згідно із рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я і Постанови Кабінету міністрів України [2, 3], класифікують так:

- 1) незначний ризик $\varepsilon \leq 10^{-6}$;
- 2) середній ризик $\varepsilon = 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-5}$;
- 3) високий (терпимий) ризик $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-4}$;
- 4) неприйнятний ризик $\varepsilon > 5 \cdot 10^{-4}$.

Розглядаючи наведені пожежні ризики та їх значення можна констатувати, що сам ризик не впливає на виникнення пожежі. Пожежа на об'єкті може виникнути і при незначному, за класифікацією, ризику, але її наслідки при цьому можуть бути різними. Виходячи з цього положення пожежний ризик вказує тільки на міру можливості реалізації пожежної небезпеки об'єкта захисту завдяки забезпеченню його всіма необхідними протипожежними засобами [11]. При забезпеченні допустимого значення пожежного ризику для об'єкта існує імовірність оперативно виконувати евакуацію людей із зони пожежі [12, 13], оперативно викликати пожежно-рятувальні підрозділи (ПРП) та за значно менший час вільного горіння своєчасно приступити до ліквідації пожежі. Такий підхід до забезпечення допустимого значення пожежного ризику для об'єкта дає змогу значно зменшити збитки від пожежі і не допустити загибелі людей. Але в технічній і науковій літературі практично не розглядаються питання, які пов'язані з прогнозуванням збитків від пожежі залежно від значення пожежного ризику для об'єкта захисту. Тому виникає проблема у необхідності розроблення методології прогнозування збитків від пожежі залежно від значення пожежного ризику для об'єкта.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. В роботі [4] наведено методику визначення індивідуального пожежного ризику, в якій надаються загальні залежності без визначення значень їх складових. Для визначення складових в методиці наведені дані, які рекомендовані на підставі статистики, але вони не дають змоги визначити ризик для кожного конкретного випадку. На підставі аналізу значної кількості результатів досліджень в роботі [1] наведено допустиме значення соціального пожежного ризику для виробничих приміщень, а саме $[\varepsilon_c] = 10^{-7}$. Визначення складових пожежного ризику для житлового сектора наведено в роботі [5]. При цьому використовувалися основні положення теорії надійності. Крім цього, в роботі також наведені рекомендації для визначення деяких складових пожежного і соціального пожежного ризику.

Розглядаючи і аналізуючи всі роботи, в яких досліджують пожежний ризик [1, 2, 4, 5, 7, 11, 12], було встановлено, що в них зовсім відсутні дані для прогнозування можливих збитків від пожежі залежно від пожежного ризику для об'єкта. Тому аналізуючи останні досягнення і публікації можна констатувати, що питанню впливу пожежного ризику на збитки від пожежі на об'єктах не приділялося необхідної уваги.

Мета роботи. На підставі результатів теоретичних і експериментальних досліджень розробити методологію прогнозування збитків від пожежі на об'єкті залежно від значення пожежного ризику.

Постановка задачі та її розв'язання. Для реалізації поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

1. Встановити вплив значення пожежного ризику на тривалість вільного горіння при пожежі.
2. Визначити прямі збитки від пожежі для об'єкта залежно від тривалості вільного горіння.
3. Визначити витрати пожежно-рятувальних підрозділів, які пов'язані з ліквідацією пожежі.
4. Встановити вплив значення пожежного ризику на сумарні збитки від пожежі.

На першому етапі розглянемо вплив значення пожежного ризику на тривалість вільного горіння при пожежі. Прогнозований час вільного горіння визначають за залежністю

$$\tau_{в.г} = \tau_{в.в} + \tau_{сн} + \tau_{о.о} + \tau_{з.с} + \tau_{зб} + \tau_{сл} + \tau_{роз}; \quad (1)$$

де $\tau_{в.в}$ – час з моменту виникнення до виявлення пожежі, хв (тривалість з моменту виникнення до виявлення пожежі без використання системи протипожежної сигналізації 6...9 хв; за наявності системи протипожежної сигналізації 1...2 хв [1]); $\tau_{сн}$ – час з моменту виявлення пожежі до сповіщення про неї в пожежно-рятувальний підрозділ, хв (за відсутності системи протипожежного захисту $\tau_{сн} = 3...5$ хв; за наявності системи протипожежного захисту $\tau_{сн} = 1...2$ хв [1]); $\tau_{о.о}$ – час на отримання та опрацювання сповіщення про пожежу, хв ($\tau_{о.о} = 1$ хв [6]); $\tau_{з.с}$ – час на залучення сил та засобів гарнізону для гасіння пожежі, хв ($\tau_{з.с} = 3$ хв згідно з наказом МВС України №325 від 01.07. 1993); $\tau_{зб}$ – час збору особового складу, хв ($\tau_{зб} = 1$ хв [6]); $\tau_{сл}$ – час слідування на пожежу, хв

$$\tau_{сл} = \frac{60Lk_n}{V_{сл}}; \quad (2)$$

L – відстань від пожежно-рятувальної частини до об'єкта, на якому виникла пожежа, км; k_n – коефіцієнт, який враховує непрямолінійність вуличної мережі (в містобудівельній практиці його максимальне значення приймають $k_n = 1,4$); $V_{сл}$ – середня швидкість руху пожежних автомобілів, км/год (в денний час $V_{сл} = 32$ км/год; вночі – до 60 км/год [7]); $\tau_{роз}$ – час оперативного розгортання, хв; ($\tau_{роз} = 7$ хв [8]);

Після врахування наведених даних та найбільшої відстані обслуговування одним пожежним депо до об'єкта захисту ($L = 3$ км), отримуємо:

- тривалість вільного горіння за відсутності на об'єкті засобів протипожежного захисту $\tau_{в.г} = 33,9$ хв;
- тривалість вільного горіння за відсутності на об'єкті приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації та пожежних сповіщувачів $\tau_{в.г} = 25,9$ хв;
- тривалість вільного горіння за наявності на об'єкті необхідних засобів протипожежного захисту $\tau_{в.г} = 23,9$ хв.

Згідно з існуючими положеннями та рекомендаціями про пожежний ризик [4], його значення можна визначити за залежністю

$$\varepsilon_o = \varepsilon_n P_l \varepsilon_{н.к.н} \varepsilon_{н.с} \varepsilon_{н.о} \varepsilon_{н.з} \varepsilon_{е.д} (1 - P_e), \quad (3)$$

де ε_n – ризик виникнення пожежі в приміщенні об'єкта (розраховується на підставі статистичних даних для розглядуваного приміщення; у випадку відсутності статистичних даних допускається приймати $\varepsilon_n = 4 \cdot 10^{-2}$ [4]); P_l – імовірність присутності людей в приміщенні

$$P_l = \frac{\tau_l}{24}; \quad (4)$$

τ_l – час присутності людей на об'єкті, год (в більшості випадків $\tau_l = 16...24$ год); $\varepsilon_{н.к.н}$ – ризик відмови приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації; $\varepsilon_{н.с}$ – ризик відмови пожежного сповіщувача; $\varepsilon_{н.о}$ – ризик відмови звукового пожежного оповіщувача; $\varepsilon_{н.з}$ – ризик відмови системи протидимного захисту; $\varepsilon_{е.д}$ – ризик відмови евакуйовальних дверей з системою їх автоматичного відкриття; P_e – імовірність евакуювання людей із об'єкта у випадку виникнення пожежі.

Використовуючи залежності для визначення значень ризиків, які наведені в роботі [9], були отримані значення складових залежності (3) за умови, що об'єкт повністю обладнаний необхідними засобами протипожежного захисту: $P_l = 1,0$; $\varepsilon_{н.к.н} = 0,1$; $\varepsilon_{н.с} = 0,1$; $\varepsilon_{н.о} = 0,25$; $\varepsilon_{н.з} = 0,4$; $\varepsilon_{е.д} = 0,25$; $P_e = 0,9$. В цьому випадку пожежний ризик буде дорівнювати

$$\varepsilon_o = \varepsilon_n P_l \varepsilon_{н.к.н} \varepsilon_{н.с} \varepsilon_{н.о} \varepsilon_{н.з} \varepsilon_{е.д} (1 - P_e) = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,25 \cdot 0,4 \cdot 0,25 (1 - 0,9) = 10^{-6}.$$

У випадку, коли на об'єкті відсутні приймально-контрольний пристрій пожежної сигналізації та пожежні сповіщувачі, значення пожежного ризику буде $\varepsilon_o = 10^{-4}$.

Для випадку, коли на об'єкті відсутні засоби протипожежного захисту, тобто $P_n = 1,0$; $\varepsilon_{n.k.n} = 1$; $\varepsilon_{n.c} = 1$; $\varepsilon_{n.o} = 1$; $\varepsilon_{n.z} = 0,4$; $\varepsilon_{e.o} = 0,25$; $P_e = 0,8$, пожежний ризик буде $\varepsilon_o = 8 \cdot 10^{-4}$.

Використовуючи отримані значення ризиків, які впливають на зміну тривалості часу вільного горіння при пожежі, встановлюємо залежність виду

$$\tau_{e.z} = f(\varepsilon_o). \quad (5)$$

Для зручності побудови графічної залежності впливу ε_o на зміну тривалості часу вільного горіння $\tau_{e.z}$ при пожежі будемо враховувати не ε_o , а значення $\varepsilon_o \cdot 10^4$.

Тоді отримаємо залежність, яка зображена на рис. 1.

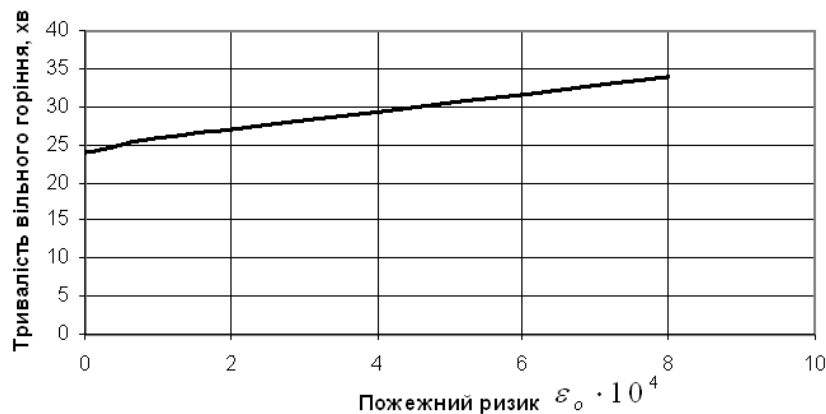


Рисунок 1 – Вплив значення пожежного ризику на тривалість вільного горіння при пожежі

Використовуючи основні положення математичної статистики, на підставі графічної залежності, отримуємо залежність виду

$$\tau_{e.z} = 1,2(\varepsilon_o \cdot 10^4) + 24,3. \quad (5)$$

На другому етапі визначаємо прямі збитки від пожежі для об'єкта залежно від тривалості вільного горіння. Для визначення збитків об'єкта від пожежі скористаємося залежністю

$$Z_o = C_o S_{II}, \quad (6)$$

де C_o – середня вартість одного квадратного метра площі об'єкта, яка знищена пожежею, грн/м²; S_{II} – площа об'єкта, яка знищена пожежею, м².

Для визначення площі S_{II} скористаємося рекомендаціями роботи [10]. В цьому випадку отримаємо

$$S_{II} = S_{II1} + S_{II2} + S_{II3}, \quad (7)$$

де S_{II1} – площа пожежі за перші 10 хв тривалості вільного розвитку пожежі, м²; S_{II2} – площа пожежі за час тривалості вільного розвитку пожежі без урахування перших 10 хв, м²; S_{II3} – площа пожежі за час тривалості локалізації пожежі, м².

Площа пожежі за перші 10 хв тривалості вільного розвитку пожежі враховується на тій підставі, що початок її локалізації ПРП починає виконуватися за час, значно більший ніж 10 хв. В цьому випадку площа пожежі S_{II1} можна визначити за залежністю

$$S_{II1} = (0,5V_n)^2 10^2 \alpha = 25V_n^2 \alpha \quad (8)$$

де V_n – лінійна швидкість розповсюдження пожежі, м/хв; α – кутовий коефіцієнт, який враховує форму пожежі: кругова (360°) $\alpha = 3,14$ рад; кутова (180°) $\alpha = 1,57$ рад; кутова (90°) $\alpha = 0,785$ рад.

Площа пожежі S_{II2} за час тривалості вільного розвитку пожежі після перших 10 хв:

$$S_{II2} = (\tau_{a.a} - 10)^2 V_e^2 \alpha. \quad (9)$$

Площа пожежі S_{II3} за час $\tau_{лок}$ тривалості локалізації пожежі:

$$S_{ПЗ} = \tau_{лок}^2 (0,5V_l)^2 \alpha = 0,25\tau_{лок}^2 V_l^2 \alpha. \quad (10)$$

На підставі отриманих даних втрати об'єкта від пожежі будуть:

$$Z_o = C_o V_l^2 \alpha (\tau_{в.г}^2 - 20\tau_{в.г} + 0,25\tau_{лок}^2 + 125). \quad (11)$$

На третьому етапі визначаємо витрати пожежно-рятувальних підрозділів, які пов'язані з ліквідацією пожежі. Для цього визначаємо прогнозований час зайнятості $\tau_{з.п.п}$ ПРП для ліквідації пожежі

$$\tau_{з.п.п} = \tau_{в.г} - (\tau_{в.в} + \tau_{сн}) + \tau_{лок} + \tau_2 + \tau_{лік}, \text{ хв}, \quad (12)$$

де τ_2 – тривалість гасіння пожежі можна визначити за залежністю

$$\tau_2 = \tau_{лок} \left(\frac{S_{П}}{S_{лок}} - 1 \right), \text{ хв} \quad (13)$$

$S_{лок}$ – площа локалізації, м²; $\tau_{лік}$ – час закінчення ліквідації пожежі (кінцева ліквідація спалів після гасіння) можна визначити за залежністю

$$\tau_{лік} = 0,25(\tau_{лок} + \tau_2), \text{ хв}. \quad (14)$$

На підставі отриманих даних визначаємо витрати B_n пожежно-рятувальних підрозділів

$$B_n = C_n \tau_{з.п.п}, \quad (15)$$

де C_n – середня вартість однієї хвилини роботи ПРП в процесі ліквідації пожежі, грн/хв.

На четвертому етапі встановлюємо вплив значення пожежного ризику на сумарні збитки Z_{Σ} від пожежі. Для отримання значення сумарних збитків скористаємося залежностями (11) і (15). Тоді сумарні збитки будуть

$$Z_{\Sigma} = Z_o + B_n. \quad (16)$$

Після підстановки відповідних значень в залежність (16) отримаємо

$$Z_{\Sigma} = C_o V_l^2 \alpha \{ [1,2(\varepsilon_o \cdot 10^4) + 24,3]^2 - 20[1,2(\varepsilon_o \cdot 10^4) + 24,3] + 0,25\tau_{лок}^2 + 125 \} + C_n \{ [1,2(\varepsilon_o \cdot 10^4) + 24,3] - (\tau_{в.в} + \tau_{сн}) + \tau_{лок} + \tau_2 + \tau_{лік} \}. \quad (17)$$

Для пояснення використання розробленої методології розглянемо приклад.

Приклад. Визначити і порівняти збитки від пожежі в закритому приміщенні об'єкта з урахуванням двох варіантів:

1. Приміщення обладнано всіма необхідними протипожежними засобами з пожежним ризиком $\varepsilon_o = 10^{-6}$. Дані пожежі: $V_l = 0,8$ м/хв; $\alpha = 1,57$ рад; $\tau_{в.в} = 2$ хв; $\tau_{сн} = 2$ хв; $\tau_{лок} = 12$ хв; $\tau_2 = 20$ хв; $\tau_{лік} = 8$ хв. Об'єкт: $C_o = 2100$ грн/м². ПРП: $C_n = 70$ грн/хв.

Визначаємо сумарні збитки $Z_{\Sigma 1}$ від пожежі для першого варіанта за залежністю (17)

$$Z_{\Sigma 1} = 2100 \cdot 0,8^2 \cdot 1,57 \{ [1,2(10^{-6} \cdot 10^4) + 24,3]^2 - 20[1,2(10^{-6} \cdot 10^4) + 24,3] + 0,25 \cdot 12^2 + 125 \} + 70 \{ [1,2(10^{-6} \cdot 10^4) + 24,3] - (2 + 2) + 12 + 20 + 8 \} = 565502 \text{ грн}.$$

2. Приміщення не обладнане протипожежними засобами з пожежним ризиком $\varepsilon_o = 6 \cdot 10^{-4}$. Дані пожежі: $V_l = 0,8$ м/хв; $\alpha = 1,57$ рад; $\tau_{в.в} = 9$ хв; $\tau_{сн} = 5$ хв; $\tau_{лок} = 20$ хв; $\tau_2 = 28$ хв; $\tau_{лік} = 12$ хв. Об'єкт: $C_o = 2100$ грн/м². ПРП: $C_n = 70$ грн/хв.

Визначаємо сумарні збитки $Z_{\Sigma 2}$ від пожежі для другого варіанта

$$Z_{\Sigma 2} = 2100 \cdot 0,8^2 \cdot 1,57 \{ [1,2(6 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4) + 24,3]^2 - 20[1,2(6 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4) + 24,3] + 0,25 \cdot 20^2 + 125 \} + 70 \{ [1,2(6 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4) + 24,3] - (9 + 5) + 20 + 28 + 12 \} = 1244570 \text{ грн}.$$

Результати аналізу сумарних збитків від пожежі показали, що, наприклад, при переході від об'єкта з пожежним *незначним* ризиком ($\varepsilon_o \leq 10^{-6}$) до *неприйнятному* ($\varepsilon_o > 5 \cdot 10^{-4}$) сумарні збитки в середньому збільшуються в середньому у 2,2 раза. В першу чергу це збільшення залежить від швидкості розповсюдження полум'я пожежі. Наприклад, при $V_l = 0,6$ м/хв збитки збільшуються у 2,1 раза, а при $V_l = 1$ м/хв – у 2,3 раза. Це вказує на те, що забезпечення об'єкта протипожежними засобами, які сприяють зменшенню тривалості вільного горіння і відповідно площі пожежі, в значній мірі впливає на сумарні збитки від пожежі при її виникненні. Тому для будь-якого об'єкта необхідно визначати пожежний ризик і досягати його значення до меж *незначного* шляхом забезпечення об'єктів усіма необхідними протипожежними засобами.

Висновки

1. Розроблено метод визначення впливу пожежного ризику на сумарні збитки об'єкта від пожежі в приміщенні, який дає змогу на підставі їх аналізу за необхідності впроваджувати на об'єкті протипожежні засоби.
2. Встановлено, що на об'єкті із неприйнятним, за класифікацією, пожежним ризиком у порівнянні з незначним, сумарні збитки від пожежі у разі її виникнення, в середньому збільшуються у декілька разів.
3. Що до площі пожежі, то необхідно обов'язково враховувати її збільшення в процесі виконання процесу локалізації.
4. Тривалість вільного розвитку пожежі має лінійну залежність від пожежного ризику в межах його класифікації [3].

Список літератури:

1. Самошин Д. А. Расчет пожарных рисков для общественных, жилых и административных зданий / Д. А. Самошин – 46 с // [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http // www.akademygps.ru](http://www.akademygps.ru).
2. Бегун В. В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / В. В. Бегун , І. М. Науменко. – К.: 2004. – 328 с.
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 29 лютого 2012 р. № 306. – К. – 3 с.
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (Приложение к приказу МЧС РФ от 30.06.2009 № 382). – М.: МЧС РФ, 2009. – 10 с.
5. Гуліда Е. М. Прогнозування виникнення пожеж в житловому секторі на підставі аналізу техногенного ризику. / Е. М. Гуліда, О. І. Башинський, І. О. Мовчан // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУ БЖД, 2012. – № 20. – С. 150-154.
6. Нормативи по пожежно-стройовій підготовці. – К.:УДПО МВС України, 1995. – 14 с.
7. Мовчан І. О. Вибір критеріїв для прийняття рішень в системі пожежогасіння / І. О. Мовчан, М. І. Васильєв // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності № 8. – Львів: ЛДУ БЖД, 2013. – С. 146-154.
8. Бут В. П. Практичний посібник з пожежної тактики. / В. П. Бут, Б. В. Куціший, Б. В. Болібрux – Львів: СПОЛЮМ, 2003. – 133 с.
9. Коваль О. М. Математична модель визначення потрібної кількості протипожежних засобів у приміщеннях деревообробних цехів / О. М. Коваль, Е. М. Гуліда. // Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.9. – С. 290-303.
10. Пархоменко Р. В. Пожежна тактика / Р. В. Пархоменко, Б. В. Болібрux, Д. О. Чалий – Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2013. – 416 с.
11. Fire risk assessments. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.gov.uk/...fire.../fire-risk-assessment>.
12. Fire safety in the workplace. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.gov.uk/workplace-fire-safety-your-responsibilities/fire-risk-assessments>.
13. Henderson L. F. On the fluid mechanics of human crowd motion. // Transportation Research, 1974, vol. 8, № 6. – P. 28-36.

References:

1. Samoshin D. A. Calculation of fire risks for public, residential and administrative buildings / Samoshin D.A – 46 // Access mode: [http // www.akademygps.ru](http://www.akademygps.ru).
2. Begun V. V. (2004) Safety. / V.V. Begun, I.M. Naumenko. – K.: – 328 p.
3. The Cabinet of Ministers of Ukraine on February 29, 2012 № 306. – K. – 3 p.
4. Method for determining the estimated value of fire risk in buildings, construction and structures of various classes of functional fire hazard (Annex to the order of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation from 30.06.2009 № 382). - M .: Russian Ministry of Emergency Situations, 2009. – 10 p.

5. Hulida E. M. (2012). Prediction of fires in the living areas on the analysis of technological risk. / E.M. Hulida, O.I. Bashynsky, I.O. Movchan // Fire safety: Collected Works. - Lviv: LSU BC. – № 20. – P. 150-154.
6. Standards for fire-drill training. - K: UDPO MIA of Ukraine, 1995. – 14 p.
7. Movchan I. O. (2013). Selection criteria for decision-making system in extinguishing / I.O. Movchan, M.I. Vasiliev // Bulletin of Lviv State University of Life Safety № 8. – Lviv: LSU BC. – P. 146-154.
8. But V.P. (2003). Practical Guide to fire tactics. / V.P. But, B.V. Kutsischiyy, B.V. Bolibrukh. – Lviv: SPOLOM. – 133 p.
9. Koval O. M. (2015). Mathematical model of determining the required number of fire vehicles on the premises woodworking shops / O.M. Koval, E.M. Hulida. // Scientific Herald NLTU Ukraine. – Issue. 25.9. – P. 290-303.
10. Parkhomenko R. V. (2013). Fire tactics / R.V. Parkhomenko, B.V. Bolibrukh, D.O. Chaly – Kamenets-Podilsky: PE «Medobory-2006». – 416 p.
11. Fire risk assessments. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.gov.uk/...fire.../fire-risk-assessment>.
12. Fire safety in the workplace. // [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.gov.uk/workplace-fire-safety-your-responsibilities/fire-risk-assessments>.
13. Henderson L. F. On the fluid mechanics of human crowd motion. // Transportation Research, 1974, vol. 8, № 6. – P. 28-36.

