

УДК 614.8.084

С.В. Цвіркун, к.т.н., доц., В.С. Щербина, П.І. Заїка, к.т.н., доц.,
Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

ОЦІНКА ІНДИВІДУАЛЬНОГО ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ

Представлено приклад проведення розрахунків значень пожежного ризику для типової громадської будівлі (школа) різними методами.

Ключові слова: пожежний ризик, небезпечні фактори пожежі, необхідний час евакуації, критичне значення небезпечного фактора пожежі.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день відповідно до закону України «Про основні засади державного нагляду (контролю) за господарською діяльністю» від 2007 року державний пожежний нагляд у сфері господарської діяльності та терміни здійснення планових заходів мають бути диференційовані залежно від ступеня ризику, оцінка якого має ґрунтуватися на оцінці пожежних ризиків. Тому в Україні актуальним є подальше запровадження змін у наглядовій діяльності у сфері пожежної безпеки. Відповідно до проекту «Концепції вдосконалення наглядової діяльності у сфері пожежної безпеки на основі ризик-орієнтованого підходу» основною зміною є запровадження механізму оцінювання пожежних ризиків, тобто визначення кількісного значення пожежного ризику для кожного окремо взятого об'єкта та порівняння його з нормованими значеннями. Нормування значень пожежних ризиків передбачає наявність надійної методики їх кількісного оцінювання. Таким чином, окремі питання щодо оцінювання пожежних ризиків в Україні залишаються невирішеними. Зокрема, не встановлено кількісних значень ступенів ризиків, необхідна розробка методик визначення розрахункових значень пожежних ризиків для об'єктів різного функціонального призначення, одним із основних завдань також є розвиток нормативної бази, яка регламентує діяльність, пов'язану із забезпеченням пожежної безпеки на основі аналізу й оцінювання пожежних ризиків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методологія оцінювання ризику виникнення пожеж є на теперішній час основою для підтримання прийняття рішень щодо забезпечення прийняттого рівня безпеки практично в усіх сферах людської діяльності. Слід зазначити, що це є законодавчою нормою європейських країн [1]. Сучасні науково-методологічні підходи та досвід розвинених країн свідчать, що ефективна модель такого захисту має спиратися на оцінку ризику виникнення пожежі та її можливих наслідків.

Значний внесок у вирішення проблеми аналізу та оцінки ризику виникнення пожеж на різного роду об'єктах внесли вітчизняні та закордонні вчені, у складі яких: А. Корольченко, С. Якуш, С. Пузач, В. Акімов, В. Бегун, М. Брушлінський, А. Качинський, Г. Лисиченко та інші. Оцінку ризику виникнення небажаної події, вони розглядають як перший крок до кількісного вираження небезпеки від функціонування об'єктів та пропонують критерії прийняттого ризику використовувати для розробки планів дій у надзвичайних ситуаціях і вжиття заходів щодо зниження рівня потенційної небезпеки суб'єктів господарювання.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи є розрахунок значення пожежного ризику для типової громадської будівлі (школа колегіум «Берегиня» м. Черкаси) різними методами.

Виклад основного матеріалу.

Очевидним є те, що нормування значень пожежних ризиків не повинно здійснюватись без наявності надійної методики їх кількісного оцінювання, розробку якої доцільно здійснювати із врахуванням досвіду використання раніше розроблених методик.

В рамках участі в науково-дослідній роботі «Пожежні ризики» передбачалось на прикладі громадських будівель провести апробацію «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [2], котра розроблена на основі міждержавного ГОСТ 12.1.004-91 [3] і використовується в Російській Федерації з 2009 року. Об'єктом для апробації було обрано школу колегіум «Берегиня» м.Черкаси, яка має типову для багатьох шкіл планувальну схему.

Згідно пункту 7 розділу II Методики [2] приміщення, яке характеризується можливістю виникнення найбільш складних умов евакуації людей та можливістю найбільш високої динаміки розвитку пожежі, є приміщення актової зали, тому розрахунок індивідуального пожежного ризику проводився саме для людей в ньому.

Місце виникнення пожежі за сценарієм розташовується ближче до виходу №1, котрий має більшу пропускну здатність, і відповідно даний вихід з моменту початку пожежі є заблокованим, тому всі люди будуть виходити через вихід №2.

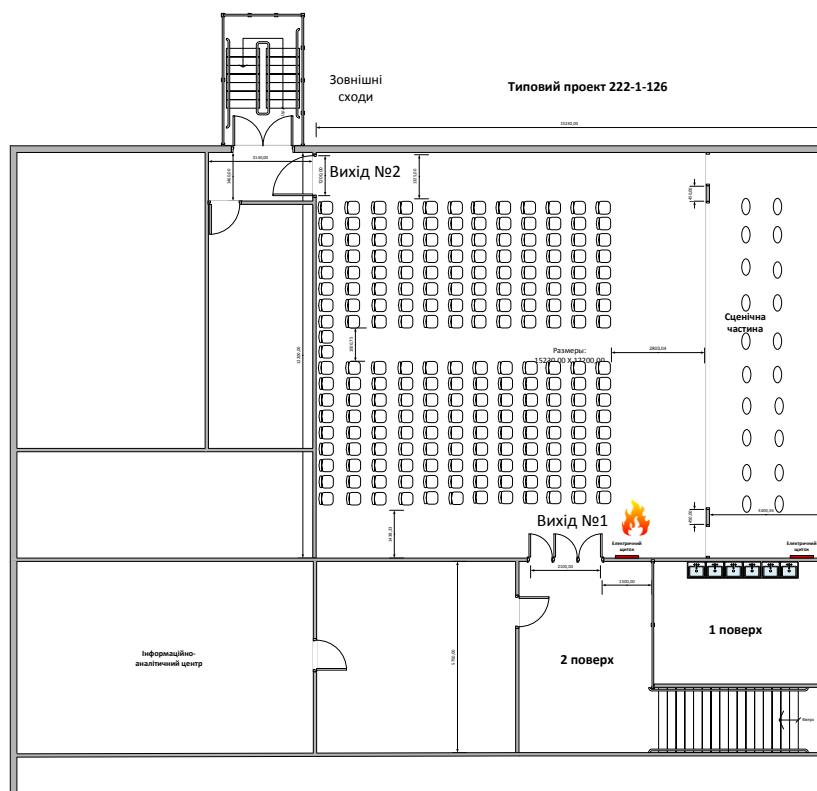


Рисунок 1 - Схема актового залу, виходів з нього та прилеглих приміщень.

Розрахунок часу блокування шляхів евакуації $t_{бл}$ визначався двома методами: інтегральним та польовим (диференціальним).

В розрахунку була використана стандартна пожежна навантага адміністративно-громадського приміщення, навчальні класи шкіл, ВУЗів, кабінети поліклінік [4].

- нижня теплота згоряння 14 МДж/кг;
- лінійна швидкість розповсюдження полум'я 0,0045 м/с
- питома масова швидкість вигорання 0,0137 кг/м²с
- димоутворююча здатність 47,7 Нпм²/кг
- споживання кисню 1,369 кг/кг
- виділення вуглекислого газу 1,478 кг/кг
- виділення чадного газу 0,03 кг/кг
- виділення хлористого водню 0,0058 кг/кг

Інтегральним методом були отримані такі значення комплексів A, B, Z :

$$A = 1,05 \cdot \psi \cdot V_{лин}^2 = 2,913 \cdot 10^{-7} \quad (1)$$

де: V - лінійна швидкість поширення полум'я поверхнею горючого матеріалу, м/с;
 ψ - питома стала масова швидкість вигорання рідини, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$;

$$B = \frac{353C_p \cdot V}{(1 - \varphi)\eta Q} = 31,227 \quad (2)$$

де: C_p - питома ізобарна теплоємність газу МДж/кг·К;
 φ - коефіцієнт тепловтрат;
 η - коефіцієнт повноти горіння.

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp(1,4 \cdot H) = 0,7269 \quad (3)$$

де: $h_{отм}$ - висота відмітки зони знаходження людей над підлогою приміщення, м;
 H - висота приміщення, м.

В результаті проведених обчислень отримані такі критичні значення настання небезпечних факторів пожежі:

Критична тривалість пожежі за підвищеною температурою;

$$t_{кр}^T = 282,75 \text{ с}$$

Критична тривалість пожежі за втратою видимості;

$$t_{кр}^{BB} = 188,79 \text{ с}$$

Критична тривалість пожежі за зниженому вмісті кисню;

$$t_{кр}^{O_2} = 352,43 \text{ с}$$

Критична тривалість пожежі за підвищеним вмістом карбоноksиду вуглецю;

$$t_{кр}^{CO} = 565,04 \text{ с}$$

Критична тривалість пожежі за підвищеним вмістом карбондіоксиду вуглецю;

$$t_{кр}^{CO_2} = \text{не опасно}$$

Критична тривалість пожежі за підвищеним вмістом хлоридної кислоти;

$$t_{кр}^{HCl} = 210,64 \text{ с}$$

Польовим методом (з використанням програмного комплексу FDS [5]) були отримані наступні результати. Геометрія приміщення була створена в графічному редакторі Pyrosim [6]. Датчики, які знімали показники небезпечних факторів пожежі, розміщені біля виходу №2 з приміщення на рівні 1,7 метри.

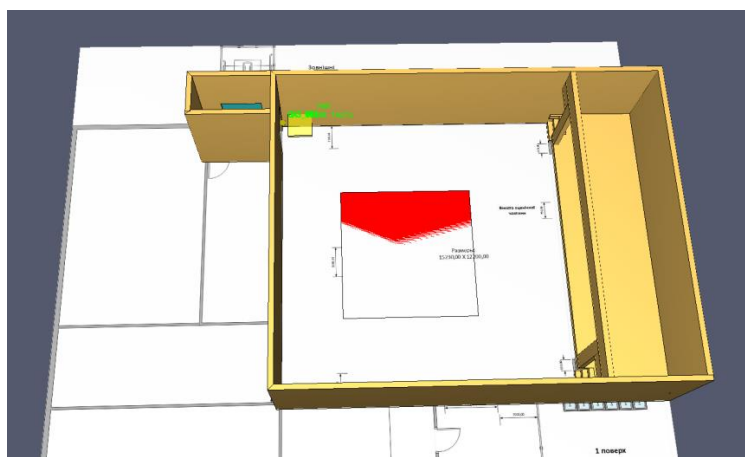


Рисунок 2 - План поверху в графічному редакторі Pyrosim.

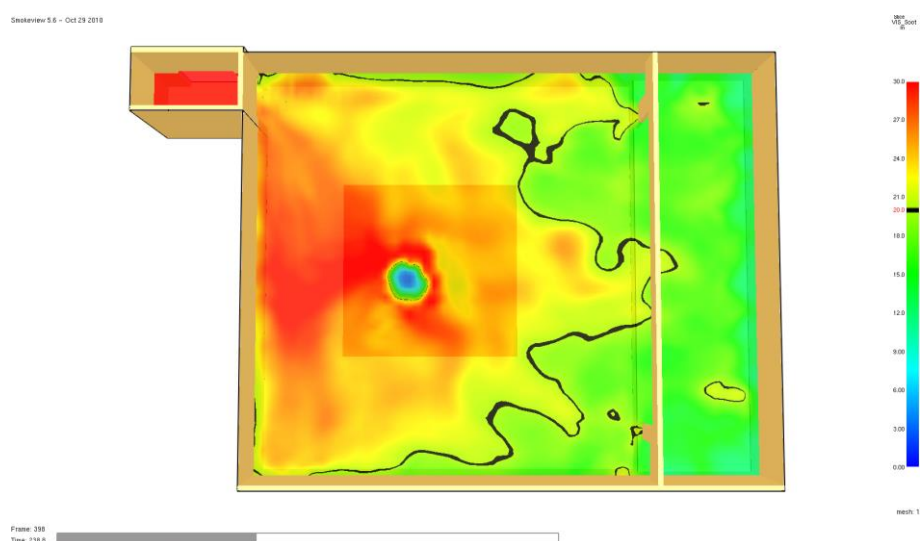


Рисунок 3 - Розподілення полів видимості в приміщенні на 234 с.

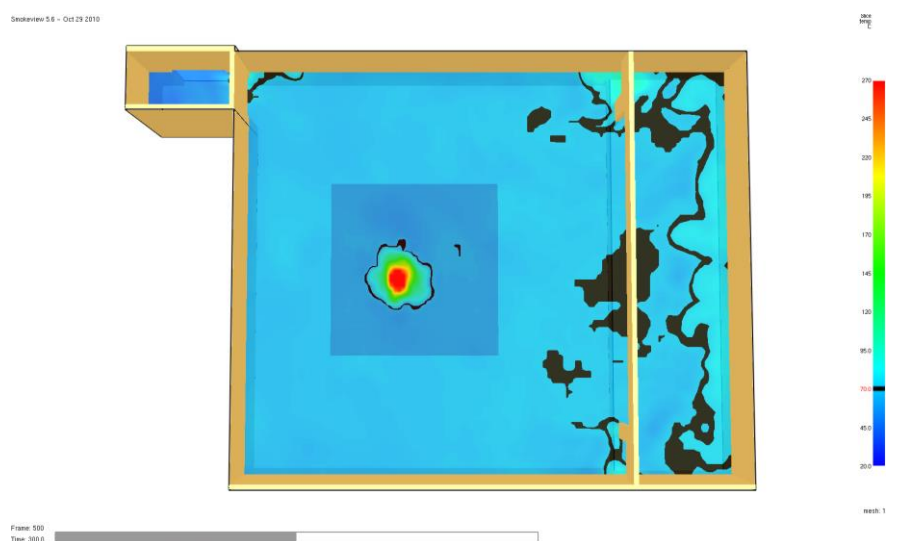


Рисунок 4 - Розподілення температурних полів в приміщенні на 300 с.

Таблиця 1 - Час досягнення небезпечного фактору пожежі

Модель розрахунку	Час досягнення небезпечного фактору пожежі					
	Втрата видимості	Підвищена температура	Занижений вміст кисню	Вміст CO	Вміст CO ₂	Вміст HCl
Інтегральний метод	188,79	282,75	352,43	565,04	-	210,64
FDS (польовий)	234	300	295	-	-	251

Таблиця 2 - Час блокування шляхів евакуації

Модель розрахунку	Час блокування шляхів евакуації, с	Час блокування шляхів евакуації, хв
Інтегральний метод	188,79	3,15
FDS (польовий)	234	3,9

Розрахунок часу евакуації з приміщення актової зали визначався як спрощеним аналітичним методом (додаток №2) до Методики [2], так і програмним комплексом Pathfinder (багатоагентне імітаційне моделювання евакуації) [7].

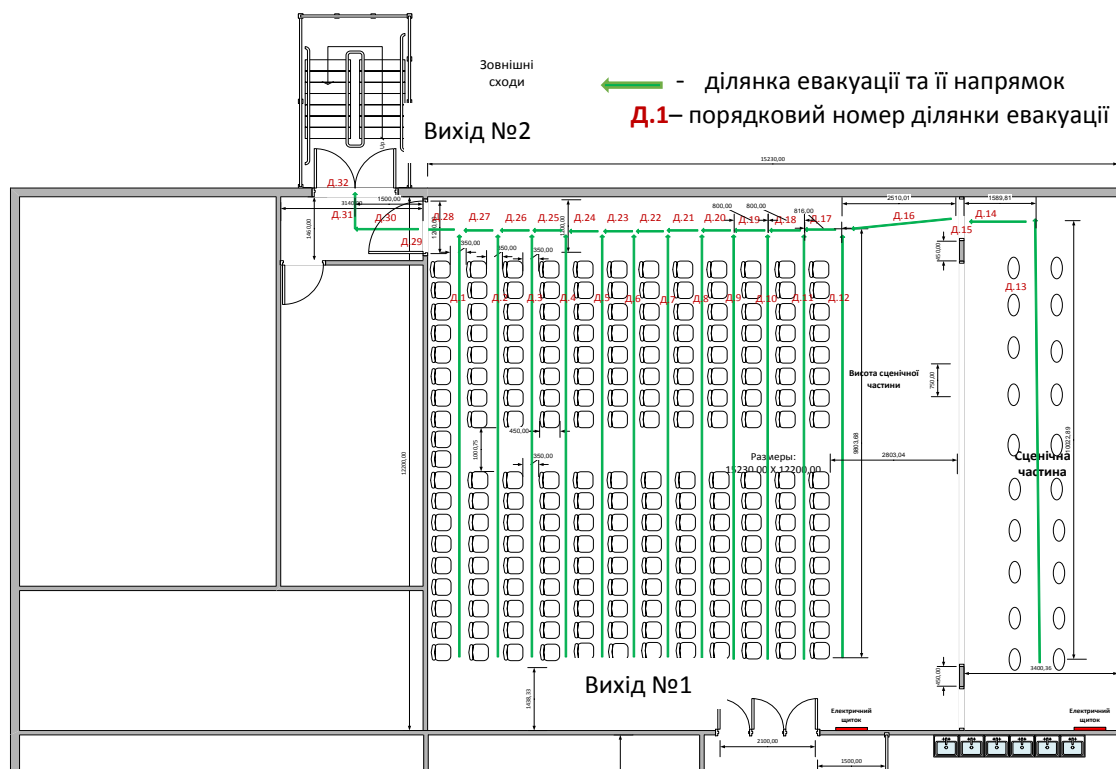


Рисунок 5 - Розрахункова схема евакуації людей з актової зали для аналітичного методу(додаток №2) до Методики [2].

З використанням спрощеного аналітичного методу руху людських потоків[2] було визначено час евакуації для людей, котрі знаходяться найдалше від виходу на сцені, отримано $t_p = 2,8$ хв, та в глядацькій залі, отримано $t_p = 3,065$ хв. Враховуючи необхідність брати за основу гірший варіант, прийнято $z t_p = 3,065$ хв.

Розрахунковий час евакуації людей з актовї зали колегіуму «Берегиня» згідно розрахунків, проведених за допомогою програмного комплексу Pathfinder, отримано та прийнято $t_p = 2,4$ хв.

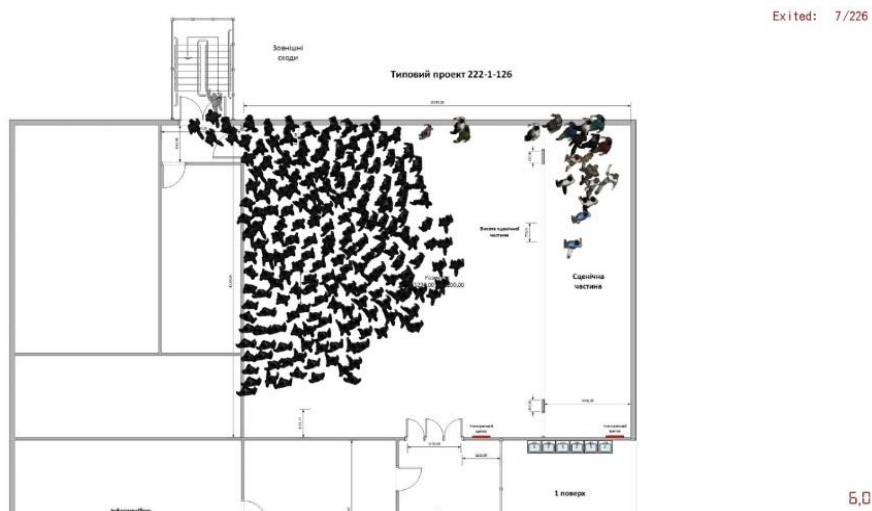


Рисунок 6 - Розташування людей в актовї залі на 6 с від початку евакуації з використанням програмного комплексу Pathfinder.

Розрахункова величина індивідуального пожежного ризику для певного сценарію пожежі в будівлі розраховується згідно Методики [2] по формулі:

$$Q_{v,i} = Q_{п,i} \cdot (1 - K_{ап,i}) \cdot P_{пр,i} \cdot (1 - P_{э,i}) \cdot (1 - K_{п.з,i}) \quad (4)$$

де $Q_{п,i}$ – частота виникнення пожежі в будівлі протягом року, прийнято згідно пункту 4 таблиці додатку №1 Методики - $Q_{п} = 1,16 \cdot 10^{-2}$;

$K_{ап,i}$ – коефіцієнт, що враховує відповідність нормам установок автоматичного пожежогасіння, прийнято $K_{ап} = 0,9$ (обладнання установкою автоматичного пожежогасіння даного приміщення не вимагається).

$P_{пр,i}$ – вірогідність присутності людей в будівлі $P_{пр,i} = t_{функціонування,i} / 24$, відповідно $P_{пр} = 8 / 24 = 0,3$.

$K_{п.з,i}$ – коефіцієнт, що враховує відповідність нормам системи протипожежного захисту, призначеної для забезпечення безпечної евакуації людей при пожежі, визначено по формулі:

$$K_{п.з} = 1 - (1 - K_{обн} \cdot K_{СОУЗ}) \cdot (1 - K_{обн} \cdot K_{ПДЗ}) \quad (5)$$

де $K_{обн}$ – коефіцієнт, що враховує відповідність нормам системи пожежної сигналізації, прийнято $K_{обн} = 0$ (система пожежної сигналізації змонтована, але документи підтверджуючі її обслуговування і працездатність відсутні);

$K_{COУЭ}$ – коефіцієнт, що враховує відповідність нормам системи оповіщення людей про пожежу та управління евакуацією людей, прийнято $K_{COУЭ} = 0$ (будівля згідно будівельних норм повинна обладнуватися системою оповіщення 3-го типу, але такою системою не обладнана);

$K_{ПДЗ}$ – коефіцієнт, що враховує відповідність нормам системи протидимного захисту, $K_{ПДЗ} = 0,8$ (обладнання будівлі спеціальними технічними системами протидимного захисту не вимагається);

Відповідно $K_{п.з.} = 1 - (1 - 0 \cdot 0) \cdot (1 - 0 \cdot 0,8) = 0$

$P_{э,i}$ – вірогідність евакуації людей, визначалась згідно Методики за формулою:

$$P_e = \begin{cases} 0,999 \cdot \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нэ}}, & \text{якщо } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэ} \text{ та } t_{ск} \leq 6 \text{ хв} \\ 0,999, & \text{якщо } t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ та } t_{ск} \leq 6 \text{ хв} \\ 0,000, & \text{якщо } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ або } t_{ск} > 6 \text{ хв} \end{cases} \quad (6)$$

де $t_{нэ}$ – час від початку пожежі до початку евакуації, згідно додатку №5 Методики, $t_{нэ} = 5 + 0,01 \cdot F = 5 + 0,01 \cdot 183,9 = 6,83 \text{ с} = 0,1 \text{ хв}$

$t_{ск}$ – час існування скупчень людей на ділянках шляху евакуації, враховуючи що загальний час евакуації $t_p = 3,065 \text{ хв}$ або $2,4 \text{ хв}$, прийнято що $t_{ск} < 6 \text{ хв}$.

Підставивши до формули (6) $t_p = 3,065$ (додаток №2 Методики) та $t_{бл} = 3,15$ (додаток №6 Методики) отримано значення $P_э = 0,000$.

Відповідно, отримавши всі необхідні величини, їх підставлено до формули (4) та отримано значення індивідуального пожежного ризику для колегіуму «Берегиня» $Q_B = 3,48 \cdot 10^{-4}$.

Згідно Методики індивідуальний пожежний ризик вважається прийнятним якщо виконується умова у формулі:

$$Q_B \leq Q_B^{нв} \quad (7)$$

де $Q_B^{нв} = 10^{-6}$ - нормативне значення індивідуального пожежного ризику

Враховуючи, що при $3,48 \cdot 10^{-4} \leq 10^{-6}$ - умова не виконується, робимо висновок про недопустимість пожежного ризику для даного об'єкту за отриманих значень.

Підставивши до формули (6) $t_p = 2,4$ (індивідуально-поточна модель руху (програмний комплекс Pathfinder)) та $t_{бл} = 3,9$ (польовий метод (програмний комплекс «FDS»)) отримано значення $P_э = 0,999$, при якому величина пожежного ризику помітно змінилася $Q_B = 3,48 \cdot 10^{-7}$.

Відповідно при $3,48 \cdot 10^{-7} \leq 10^{-6}$ - умова виконується і можна зробити висновок, що значення індивідуального пожежного ризику допустиме.

Висновки. При проведенні розрахунків значення індивідуального пожежного ризику для людей в колегіумі «Берегиня» м. Черкаси за допомогою інтегрального методу визначення $t_{бл}$ (додаток №6 до Методики) та аналітичної моделі руху визначення t_p (додаток №2 до Методики) отримано недопустиме Методикою значення пожежного ризику. При використанні більш сучасних та точних методів, польового методу визначення $t_{бл}$ (програмний комплекс «FDS») та індивідуально-поточної моделі руху визначення t_p (програмний комплекс Pathfinder) отримано допустиме значення індивідуального пожежного ризику, встановлене як Методикою [2], так і ГОСТ 12.1.004-91 [3]. Такий результат свідчить, що при використанні різних методик, можна отримати результати котрі, різняться між собою та значно впливають на величину пожежного ризику на певному об'єкті.

Слід також зазначити, що при проведенні розрахунку індивідуального пожежного ризику за вищезазначеною Методикою [2], першочергове значення має ризик для життя та здоров'я людей, а сама вірогідність виникнення пожежі та знищення об'єкту не визначається. Найбільш трудомістким у даних розрахунках являється визначення вірогідності евакуації людей P_e , котра в основному залежить від розрахункового часу евакуації людей t_p та часу блокування шляхів евакуації $t_{\text{бл}}$ внаслідок настання критичного значення небезпечних факторів пожежі.

Перспективи подальших досліджень. Враховуючи те, що в Україні триває перехід на ризик-орієнтований підхід у нормуванні в галузі пожежної безпеки, метою подальших досліджень є апробація різних методик визначення величини індивідуального пожежного ризику для різнотипних об'єктів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мосов С.П. Стан питання щодо оцінювання рівня пожежної небезпеки адміністративно-громадських закладів з урахуванням зміни пожежонебезпечних навантажень/С. Мосов, В. Щербина.– К.: «Пожежна безпека: теорія і практика» №12 2012р. с.76-83.
2. Об утверждении Методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, приказ МЧС РФ от 30.06.2009 г. № 382.
3. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования.
4. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учебное пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.
5. Fire Dynamics Simulator [Електронний ресурс] <http://fds.sitis.ru/>
6. Рекомендации по использованию программы FDS с применением программ Pyro Sim 2012, Smoke View и «СИТИС: Фламмер 3.00» [Електронний ресурс] <http://sitis.ru/media/documentation/PRS-sitis-4-12.pdf>
7. Agent Based Evacuation Simulation Advanced movement simulation combined with high-quality 3-D animated results, gives you reliable answers quickly [Електронний ресурс] <http://www.thunderheadeng.com/pathfinder/>