

УДК 614.841

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ ПІД ЧАС ПОЖЕЖИ

О. М. Тесленко*, С. З. Цимбалістий, Н. В. Кравченко, О. Г. Доценко, О. М. Крикун
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 23.04.2019
Пройшла рецензування: 07.06.2019

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

евакуація, протипожежні заходи, моделювання, програмний комплекс, візуалізація.

АНОТАЦІЯ

В статті розглядаються існуючі програми для розрахунку часу евакуації людей під час пожежі. Розглянуто наукові роботи з вивчення моделей руху людей під час евакуації з приміщень з використанням різних методів математичного розрахунку. Проведений порівняльний аналіз існуючих програмних комплексів в області розрахунків. Наведено порівняльний аналіз математичних методів закономірностей руху людей під час пожежі у програмних продуктах. Дано висновок щодо функціональності досліджуваних програмних комплексів.

Однією з найважливіших вимог пожежної безпеки для об'єктів є забезпечення безпечного та своєчасного евакуювання людей з будинків та споруд під час пожежі. Забезпечення пожежної безпеки людей вимагає організації їх безпечної евакуації. Достовірне визначення часу евакуації та параметрів шляхів евакуації впливає як на рівень протипожежного захисту об'єкта в цілому так і на забезпечення безпеки людей, що в ньому перебувають. Критерії безпечної евакуації людей є своєчасність і безперешкодність, які перевіряються розрахунками за допомогою математичних моделей, реалізованих з використанням програмного забезпечення.

В останні кілька років моделюванню евакуації людей з приміщень було присвячено багато досліджень. Аналіз існуючих робіт показує, що, в основному, розрахунки проводяться з використанням наступних трьох математичних моделей: спрощеної, імітаційно-стохастичної та індивідуально-поточної моделей. Всі ці моделі детально описані в

наукових працях Холщевникова В. В. [3, 14], Самошина Д. А. [1, 3, 14], Парфененко А. П. [14], Кудрина І. С. [14], Олейнік С. М. [15], Білосохова І. Р. [14] тощо. При аналізі було виявлені наступні відмінності, які наведено в таблиці 1.

Рух людей під час евакуації вивчався на натурних випробуваннях протягом останніх десятиліть. Методи досліджень були засновані на прямих спостереженнях, фотографіях і плівках відеозаписів. Крім вивчення поведінки, основна мета цих досліджень полягала в розробці комп'ютерних анімаційних реалістичних програм з елементами будівельних об'єктів. Наприклад, люди завжди намагаються знайти найшвидший і простий спосіб дістатися до кінцевого пункту призначення. Якщо можливо, вони уникають обхідних шляхів, навіть якщо найкоротший шлях переповнений. Основним принципом є принцип найменших зусиль, а це означає, що кожен прагне максимально швидко досягти своєї мети, витрачаючи найменшу кількість енергії і часу.

Таблиця 1 – Врахування закономірностей руху людей під час евакуації у програмних продуктах

Процеси моделей	Спрощена модель	Імітаційно-стохастична модель	Модель індивідуально-поточного руху
Перетин межі суміжної ділянки шляху	+	+	+
Переформування	-	+	+
Розтікання	-	+	+
Розподіл потоку	+	+	+
Злиття	+	+	+
Неодноразовість злиття	-	+	+
Створення та розтікання скупчень	-	+	+
Розщільнення	-	+	+

Врахування варіабельності фізичного і емоційного стану людей	-	*	+
Врахування особливостей вибору людьми маршрутів евакуації	-	-	+
Врахування індивідуальних «сценаріїв» евакуації (виконання інструкцій, завдання ролей)	-	-	+
Врахування протитечії і пересічних потоків	-	+	+

Умовні позначення: + враховуються повністю, - не враховується, * - враховується неповністю у порівнянні з реальними процесами.

Застосування програм в моделюванні руху людських потоків під час евакуації обумовлюється необхідністю відтворення реального різноманіття станів системи, їх поєднань і переходів. На сьогодні існують детерміновані й імовірнісні моделі, за допомогою яких моделюється рух людей по шляхах евакуації при пожежі.

На початку 80-х років минулого століття проф. В. В. Холщевніковим була розроблена модель ADLPV [3], яка в рамках сучасної термінології називається імітаційно-стохастичною. Ця модель значно точніша спрощеної аналітичної моделі за рахунок поділу будівлі на елементарні ділянки шириною близько 1 м і виконання кількох розрахункових операцій в секунду для кожної ділянки.

Для реалізації зазначених моделей (спрощеної аналітичної та імітаційно-стохастичною) розроблено програмне забезпечення – модель «Флоутек».

У програмі «СІТІС: Флоутек ВД» реалізовані обидві моделі для розрахунку швидкості потоку залежно від його щільності [4].

За даним аналізом у всьому світі саме моделі класу «індивідуально-потоківий рух» отримали найбільш широке поширення. Найбільш відомими і перевіреними практикою (офіційно були використані при проектуванні будинків і споруд з масовим перебуванням людей) є моделі SIMULEX [5], Pathfinder [6], STEPS [7], Building Exodus [8].

Зважаючи на вищесказане, оскільки реальний експеримент вимагає значних витрат, іноді як експериментальні дані можуть виступати лише результати реальних пожеж, часом з трагічним результатом, виникає необхідність комп'ютерного моделювання руху

людей, наприклад, з метою визначення найкращої геометрії простору, де передбачається скупчення людей, або визначення часу евакуації.

Після проведення аналітичних досліджень [9] було обрано та розглянуто певне програмне забезпечення, що використовується для розрахунку часу евакуації людей з будівель під час пожежі та наведено його стислий опис, переваги, недоліки та особливості.

Building Exodus – програмний комплекс для моделювання евакуації людей з різних типів будівельних конструкцій, який проводиться за допомогою двовимірної просторової сітки. У ньому реалізована спроба розгляду впливу пожежі на процес евакуації людей. Комплекс складається з підмодулів, які взаємодіють один з одним для передачі інформації про процес моделювання евакуації людей, даних про геометрію об'єкта, даних про людей, їх рух і поведінку, концентрацію токсичних продуктів горіння, диму та температури [8].

Green Line – програмний комплекс призначений для визначення розрахункового часу евакуації людей при пожежі за методикою, що описана в [10] та отримання результатів у вигляді звіту, що містить весь хід обчислень.

Програмний комплекс дозволяє введення вихідних даних для розрахунку за допомогою графічного редактора з можливістю використання підкладки з планами будівлі, автоматизує визначення довжини ділянок евакуаційних шляхів за допомогою заданої масштабної ділянки, формує звіт з результатами обчислень параметрів руху людей по кожній ділянці у форматі дос.

Проте програма не дозволяє задавати масштаб зображень з планами будівель з відповідною точністю, що призводить до деяких неточностей у розрахунку та не враховує

методику розрахунку впливу небезпечних чинників пожежі на людей.

Simulex – програмний комплекс з можливістю моделювання евакуації людей з будівель зі складною геометрією [5].

Він заснований на визначенні відстані між людьми, від якої залежить їх швидкість руху. Модель дозволяє людям здійснювати обгін, обертання навколо осі тіла, рух боком і рух назад невеликим кроками. Структура моделі – це суцільна просторова сітка. Плани поверхів і сходи розподілені на блоки, що мають решітку розміром 0,2×0,2 м. Модель містить алгоритм, який розраховує відстань від кожного блоку до найближчого виходу та відображає цю інформацію на плані. Рух кожної людини розглядається індивідуально та відстежується програмою її вихід за межі визначеної розрахункової області, що демонструється під час візуалізації розрахунків. Дозволяється задати рух людей до найближчого виходу за умовчанням або створити окремий маршрут для людини за заданим маршрутом з блокуванням окремих виходів. Програмним комплексом передбачена неявна поведінка агентів, а саме: змінна швидкість руху, рух в бік, обертання навколо осі тіла, обгін та ін., в основі якої закладено результати багатьох відеоспостережень та аналізу результатів окремих спостережень ряду наукових досліджень [1, 5].

Програмний комплекс **FDS+Evac** розроблено Центром Технічних Досліджень Фінляндії VTT (VTT Technical Research Centre of Finland) [18]. EVAC є модулем до Fire Dynamics Simulator (FDS), проводить моделювання процесу евакуації людей, моделювання поведінки людей за допомогою моделі індивідуально-поточного руху людей. Моделювання евакуації повністю інтегрується з процесом моделювання поширення пожежі, дозволяє моделювати різні «сценарії», візуалізує отримані результати та перебіг процесів евакуації і розповсюдження пожежі. Також при моделюванні можливе врахування впливу небезпечних чинників пожежі на процес евакуації.

Через велику кількість функцій, потужний розрахунковий апарат, детальне моделювання і візуалізацію результатів, програмний комплекс має доволі високі вимоги до технічних параметрів обчислювальної техніки та відносно суттєвий час проведення моделювання.

Програмний комплекс **Citic Еватек** використовується для моделювання евакуації людей з різних типів будівель. Передбачено отримання даних про процес евакуації людей, а саме: часу евакуації з будівлі або її частини,

щільності потоків в будь-який момент часу і будь-якій частині будівлі, пропускної спроможності частин будівлі тощо. В ньому реалізовано алгоритм відповідно до [10]. За основу комплексу обрано модель індивідуального руху людини в потоці [4].

Особливості програмного комплексу:

- розрахунок часу евакуації людей з урахуванням особливостей індивідуального руху людини у потоці;

- наявність бази даних по різних профілях людини;

- алгоритм руху – пошук найкоротшого шляху з врахуванням динамічного огинання перешкод і можливістю формування потоків;

- залежність швидкості руху людини від щільності потоку у прямокутній області навколо неї згідно [10];

- можливість створення декількох профілів людини і «сценаріїв» поведінки;

- введення вихідних даних для розрахунку за допомогою вбудованого графічного редактора, можливість імпорту геометрії з DXF файлів;

- відображення карти щільності, і пройденого поточного шляху для всіх людей з можливістю відтворення і запису результатів розрахунку;

- 2D / 3D режими візуалізації руху;

- формування звіту, що включає вихідні дані, результати моделювання, графіки, максимальної і середньої щільності в моменти часу, відсоток виходів, що використовуються;

- експорт оформленого звіту в формат RTF.

Програмний комплекс **Citic Флоутек** може бути використаний для різних типів будівель. Реалізовано алгоритм відповідно до [10].

Особливості програмного комплексу:

- введення вихідних даних для розрахунку за допомогою вбудованого графічного редактора на основі сканованих планів будівлі;

- підтримка параметризації. Значення деяких властивостей, наприклад, кількість людей, щільність, час початку евакуації можна задавати у вигляді математичних виразів;

- можливість створення декількох «сценаріїв» евакуації;

- відображення карти розрахункових ділянок та шляхів евакуації, перегляд основних параметрів для кожної розрахункової ділянки;

- 2D / 3D анімація руху людських потоків з можливістю покрокового перегляду;

- формування звіту, що включає вихідні дані, таблиці розрахунку часу евакуації з кожного приміщення, таблиці часу виходу з

поверхів, таблиці ділянок із затримкою руху, зведену таблицю часу евакуації для всіх «сценаріїв», карти ділянок розрахунку, зображення шляхів евакуації;

– експорт оформленого звіту в формат RTF.

Програмний комплекс **Evacnet 4** використовується для різних типів будівель, таких як офісні будівлі, стадіони, висотні будівлі, готелі, ресторани і школи. Основним завданням моделі є оптимізація евакуації з будівлі для мінімізації часу евакуації [11].

Тип моделі – модель руху. Модель поведінки агентів непередбачена.

Програмний комплекс **PedGo** призначений моделювання руху натовпу людей, моделювання евакуації людей з будівель, кораблів, літаків та інших видів громадського транспорту [12].

Структура моделі: «дрібна сітка», яка розподіляє поверх на сітку розміром 0,4×0,4 м і являє собою простір, що займає людина. Стіни, меблі та інші перешкоди постійно зайняті сіткою в процесі моделювання. Поведінка людини неявна. Кожна людина в моделі представлена індивідуально з можливістю вибору маршрутів руху. Модель пропонує перед початком розрахунків задати для людей певні характеристики, такі як: затримка перед початком евакуації, час очікування, реагування, бездіяльність, вплив. Цей набір параметрів використовується для опису характеристик поведінки людей і призначається окремим з них в процесі моделювання за нормальним розподілом. Два з цих параметрів, час затримки і вплив, є стохастичними.

Pathfinder, цей програмний комплекс використовує сучасні методи досліджень в галузі інформатики для моделювання руху людей. Має декілька режимів моделювання, дозволяє налаштовувати параметри людей і моделювати різні сценарії розвитку подій [6].

В **Pathfinder** кожна людина використовує набір окремих параметрів та моделюється незалежно одна від одної протягом всього часу моделювання з використанням моделі індивідуально-поточного руху людей. На додаток до передового стимулятора руху людей, **Pathfinder** включає в себе інтегрований інтерфейс і 3D-візуалізацію результатів.

Програмний комплекс дозволяє враховувати вплив небезпечних чинників пожежі (блокування шляхів евакуації) на процес евакуації людей, в будівлі та умови розповсюдження пожежі. В цьому випадку, необхідно буде шукати інші шляхи евакуації

людей. З урахуванням цього можливе отримання результату, який суттєво може відрізнятись від того, що не враховує вплив на людей небезпечних чинників пожежі.

В **Fenix+** є одна особливість, яка дозволяє при розрахунку часу евакуації не розбивати будівлю на окремі ділянки. Це особливо зручно при розрахунку евакуації з будівель з приміщеннями складної (непрямокутної) конфігурації [13].

Результати моделювання кожного «сценарію» зберігаються в окремий текстовий файл, який може бути відкритий іншою програмою (наприклад, Excel) для отримання додаткової інформації. Анімація відтворення результатів моделювання з можливістю покрокового перегляду.

При розрахунку часу евакуації для кожної людини можна задати наступні параметри:

- мобільність;
- площа горизонтальної проекції;
- час початку евакуації;
- вихід, через який повинна евакуюватися людина;
- розміщення людей в момент початку евакуації;
- можливість розміщення як однієї людини, так і групи людей у довільно заданій області.

Для розрахунку в **Fenix+** реалізована модель індивідуально-поточного руху людей при пожежі.

Модель руху людини включає кілька складових:

- рух до евакуаційного виходу по найкоротшому шляху;
- обхід перешкод;
- запобігання зіткнень з іншими людьми.

Також є можливість відображати весь шлях кожної людини, пройдений шлях або тільки майбутній шлях, а також, відключити відображення шляху. Крім цього, для додаткової зручності програма дозволяє відтворювати евакуацію з різною швидкістю.

Аналіз сучасних програмних комплексів показує високий рівень теоретичної обґрунтованості і відповідності реальним результатам, який дозволяє оцінювати ступінь ризику для людей при моделюванні евакуації людей як випадкового процесу. Цими підходами враховані моделі індивідуальної поведінки людей у потоці, що дозволяють передбачити особливості перебігу процесу евакуації з урахуванням психофізіологічних показників, що відхиляються від середньостатистичних показників у будівлях різних класів пожежної небезпеки. Такі моделі допоможуть також

прогнозувати необхідність і вибір раціональних способів порятунку людей. Крім того, є можливість моделювання небезпечного фактору, який можна враховувати при евакуації людей. Науково обґрунтоване прогнозування динаміки небезпечних факторів пожежі у приміщенні є основою економічно оптимального та ефективного рівня забезпечення пожежної безпеки людей та об'єктів.

Слід наголосити, що наведені програмні комплекси не враховують психологічний стан людини на процес евакуації, який може викликати дезорієнтацію у просторі та давку у вузьких отворах приміщень, що в подальшому може призвести до загибелі та травматизму. Це пов'язано з тим, що в умовах загроз зміна емоційного стану людей призводить до зміни швидкостей руху в напрямку евакуаційних виходів та несе за собою прямий фізичний вплив на щільність скупчення людей. В психофізиці

відомо декілька законів, які описують відображення зовнішніх впливів на людину. Їх аналіз показав, що встановлені взаємозв'язки в найбільшій ступені можуть відповідати загальному закону Вебера – Фехнера [14]. Також лишається недослідженим сумарний накопичувальний вплив шкідливих токсичних речовини, що не враховується в існуючих розрахункових моделях.

Як висновок, можна зазначити, що незважаючи на значний розвиток програмних комплексів призначених для моделювання процесів евакуації людей у разі пожежі залишаються актуальними питання взаємозв'язку параметрів психофізіологічного стану людини з параметрами її руху, а також впливу, зокрема, кумулятивного, небезпечних факторів пожежі на людину в процесі її евакуації, що є предметом подальших досліджень авторів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Самошин Д. А., Программные комплексы для расчета эвакуации людей // Материалы международной конференции «Производство. Технология. Экология». Ижевск. 2010. С. 50–52.
2. Kuligowski ED, Peacock RD (2005) A review of building evacuation models. Technical report 1471. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg
3. Холщевников В. В. Обзор компьютерных программ моделирования эвакуации зданий и сооружений / В. В. Холщевников, Д. А. Самошин, Н. Н. Галушка // Пожаровзрывобезопасность. – 2002. – № 5. – С. 40–49.
4. Техническое руководство СИТИС: Флоутек ВД 2.20. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: – 3-я ред. – 2011. URL: <http://sitis.ru/media/documentation/FVD-TR-03.pdf>.
5. SIMULEX [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.iesve.com/Software/VE-Pro/Simulex.
6. PYROSIM [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://pyrosim.ru/raschet-vremeni-ehvakuacii-lyudej>
7. MOTT McDonald [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.mottmac.com/>. Дата обращения 29.11.2010 10.
8. Owen M., Galea E. R., Lawrence P. J. The Exodus evacuation model applied to building evacuation scenarios. // J. of Fire Protection Engr. – 1996. – 8(2), p. 65–86.
9. Провести дослідження щодо удосконалення методики розрахунку часу евакуації людей з будинків та споруд під час пожежі [Текст]: звіт про НДР (закл. ін.) / Український науково-дослідний інститут цивільного захисту; кер. теми С.З.Цимбалістий; викон. О.М.Тесленко [та ін.]. Шифр теми Евакуація-методика. Київ, 2019, 203 л.
10. ГОСТ 12.1.004-91 (1999) – ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
11. EVACNET 4 [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.iklimnet.com/hotelfires/fire_egress_software_10.html
12. Traffgo [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.traffgoht.com/en/pedestrians/products/pedgo/index.
13. Fenix+ [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://mst.su/fenix/>
14. Холщевников В. В., Самошин Д. А., Парфененко А. П., Кудрин И. С., Истратов Р. Н., Белосохов И. Р. // Эвакуация и поведение людей при пожарах. Учебное пособие, Москва 2015, с. 260
15. Olenick, S. M. & Carpenter, D. J. (2003). Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke. Journal of Fire Protection Engineering, 13, 87–110.
16. Gwynne, S., Galea, E. R., Lawrence, P. J., Owen, M., & Filippidis, L. (1999). A Review of the Methodologies used in the Computer Simulation of Evacuation from the Built Environment. Building and Environment, 34, 741–749.
17. SIMULEX [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.ies4d.com/content/default.asp?page=s1_2_1.
18. FDS+Evac Miscellaneous Examples [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/examples_fds6.html

REFERENCES

1. Samoshin D. A., Programmnye komplekсы dlya rascheta evakuatsii lyudej [Software complexes for calculating of people evacuation]. Proceedings of the «Proizvodstvo. Tekhnologiya. Ekologiya». Izhevsk. 2010. pp. 50–52. (in Russian)

2. Kuligowski ED, Peacock RD (2005) A review of building evacuation models. Technical report 1471. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg.
3. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D.A., Galushka N.N. (2002) Obzor komp'yuternykh programm modelirovaniya evakuatsii zdaniy i sooruzheniy [An overview of computer programs for modeling the evacuation of buildings and structures]. Pozharovzryvobezopasnost, vol. 5. – pp. 40–49. (in Russian)
4. Tekhnicheskoe rukovodstvo SITIS: Floutek VD 2.20 [Technical Manual SITIS: Floutek VD 2.20]– 3-я ред. – 2011 available at : <http://sitis.ru/media/documentation/FVD-TR-03.pdf>.
5. SIMULEX, available at : www.iesve.com/Software/VE-Pro/Simulex.
6. PYROSIM, available at : <https://pyrosim.ru/raschet-vremeni-ehvakuacii-lyudej>.
7. MOTT McDonald, available at : <http://www.mottmac.com>
8. Owen M., Galea E. R., Lawrence P. J. (1996) The Exodus evacuation model applied to building evacuation scenarios. J. of Fire Protection Engr., vol 8(2), pp. 65–86.
9. Provesty doslidzhennia shchodo udoskonalennia metodyky rozrakhunku chasu evakuatsii liudei z budyнкiv ta sporud pid chas pozhezhi [To conduct research on the improvement of the methods for calculating the evacuation time of people from buildings and structures during a fire]. Zvit pro NDR (zakliuchn.)/ Ukrainskyi naukovо-doslidnyi instytut tsyvilnoho zakhystu; ker.temy S.Z.Tsymbalystyi;vykon.O.M.Teslenko [ta in.]. Shyfr temy Evakuatsiia-metodyka. Kyiv, 2019.
10. GOST 12.1.004-91 SSBT. Pozharnaya bezopasnost'. Obshchie trebovaniya.
11. EVACNET 4 available at : http://www.iklimnet.com/hotelfires/fire_egress_software_10.html
12. Traffgo available at : <https://www.traffgo-ht.com/en/index.html>
13. Fenix+ available at : <https://mst.su/fenix/>
14. Kholshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Parfenenko A. P., Kudrin I. S., Istratov R. N. (2015) Belosokhov I. R. Evakuatsiya i povedenie lyudey pri pozharakh [Evacuation and behavior of people during fires]. Uchebnoe posobie, Moscow (in Russian)
15. Olenick, S. M. & Carpenter, D. J. (2003). Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke. Journal of Fire Protection Engineering, vol.13, pp. 87–110.
16. Gwynne, S., Galea, E. R., Lawrence, P. J., Owen, M., & Filippidis, L. (1999). A Review of the Methodologies used in the Computer Simulation of Evacuation from the Built Environment. Building and Environment, vol 34, pp.741–749.
17. SIMULEX available at : www.ies4d.com/content/default.asp?page=s1_2_1.
18. FDS+Evac Miscellaneous Examples available at : http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/examples_fds6.html

ANALYSIS OF EXISTING SOFTWARE COMPLEXES FOR CALCULATING THE EVACUATION TIME OF PEOPLE DURING A FIRE

O. Teslenko, S. Tsymbalistyi, N. Kravchenko, O. Dotsenko, O. Krykun
The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

evacuation, fire prevention measures, modeling, software complex, visualization.

ANNOTATION

This article is devoted to the review of modern methods for assessing the fire risk. The article examines existing programs for calculating the evacuation time of people during a fire. The scientific work on studying the models of movement of people during evacuation from the premises using various methods of mathematical calculation is considered. A comparative analysis of existing software systems in the sphere of calculations was carried out. The comparative analysis of mathematical methods of the regularity of movement of people during a fire in software products is presented, namely, the mathematical aspects of calculating the actual time of evacuation of people from the premises by means of simulation of existing software complexes that allow us to calculate the evacuation from the analytical model of the human flow, the mathematical model of the individual-current movement of people and simulation stochastic model of movement of human flows in accordance with the method of determining the estimated values of fire risk in the building structures and buildings of different classes of functional fire hazard. The advantages and disadvantages of each of the studied programs for modeling the calculated fire risk values are analyzed. The problematic issues concerning the non-consideration of other software factors in the existing software systems are described, which can influence the evacuation process and the estimated values of fire risk in buildings, structures and buildings of different classes of functional fire danger. The main of the factors is the behavior of people, which is practically not yet fully used in the existing software complexes for modeling the evacuation of people from the premises. This is due to the fact that at present the existing methods taking into account the psycho-emotional state are still being studied all over the world, therefore, it has no precise calculation mathematical methods for its use in the above-mentioned models. The conclusion on the functionality of the studied software complexes is given and the directions of scientific activity are highlighted, which will be considered by the authors in the future.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ

А. Н. Тесленко, С. З. Цимбалыстый, Н. В. Кравченко, А. Г. Доценко, А. Н. Крикун
Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

эвакуация, противопожарные мероприятия, моделирование, программный комплекс, визуализация.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются существующие программы для расчета времени эвакуации людей при пожаре. Рассмотрены научные работы по изучению моделей движения людей при эвакуации из помещений с использованием различных методов математического расчета. Проведен сравнительный анализ существующих программных комплексов в области расчетов. Приведен сравнительный анализ математических методов закономерностей движения людей при пожаре в программных продуктах. Дано заключение по функциональности исследуемых программных комплексов.