

*С.О. Ємельяненко, канд. тех. наук, О.М. Щербина, канд. фарм. наук, доцент
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

МОДЕЛЬ CFAST, ЯК ЗАСІБ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПОЖЕЖІ

Програма CFAST відображає результати моделювання розповсюдження небезпечних факторів пожежі за наперед заданими розмірами приміщень. Програма CFAST є добрим інструментом для інженера, оскільки вона дає змогу визначити час за який небезпечні фактори пожежі досягнуть граничних параметрів і самостійна евакуація постраждалих буде неможлива без додаткових засобів захисту. Моделювання дає змогу виконати прогнозування небезпечних факторів пожежі при ще не влаштованих технічних рішеннях та визначити їх ефективність на основі розрахунків пожежних ризиків.

Ключові слова: CFAST, будівлі громадського призначення, небезпечні фактори пожежі

S. Yemelyanenko, O. Scherbyna

MODEL OF CFAST, AS AN AGENT FOR DETERMINING OF FIRE HAZARDS LIMIT VALUES

CFAST program reflects the results of simulations of the propagation of fire hazards on a predetermined size of the room. CFAST program is a good tool for engineers because it allows to determine the time for which the hazards of fire reach the limit values and self-rescuing is not possible without additional means of protection. If technical solutions have not been arranged yet the simulation allows to predict a fire hazard. It also allows to determine the effectiveness of such technical solutions on the basis of fire risks calculation.

Key words: CFAST, public buildings, fire hazards

S.A. Yemelyanenko, O.N. Scherbyna

МОДЕЛЬ CFAST, КАК СРЕДСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА

Программа CFAST отражает результаты моделирования распространения опасных факторов пожара по заранее заданным размерам помещений. Программа CFAST является хорошим инструментом для инженера, так как она позволяет определить время за которое опасные факторы пожара достигнут предельных параметров и самостоятельная эвакуация пострадавших будет невозможной без дополнительных средств защиты. Моделирование позволяет выполнить прогнозирование опасных факторов пожара при еще не устроенных технических решениях и определить их эффективность на основе расчетов пожарных рисков.

Ключевые слова: CFAST, здания общественного предназначения, опасные факторы пожара

На сьогодні існує багато методів та методик розрахунку небезпечних факторів пожеж, що дають змогу визначати чинники, які впливають на значення пожежних ризиків.

Одним з таких методів є розрахунок пожежних ризиків на основі методики [1] компанією – «Ситис» [2] (Строительные информационные технологии и системы) розроблені програми для розрахунку величини індивідуального пожежного ризику, а саме: «СИТИС: Флоутек ВД», «СИТИС: Блок», «СИТИС: ВИМ» і «СИТИС: Спринт», «ЭПОС: Индилайн 1.01» [2]. Вони дають змогу визначити критичні параметри для індивідуальних пожежних ризиків у будівлях і спорудах різних класів функціональної пожежної безпеки.

Також є багато інших програм, які дають змогу визначати чинники пожежних ризиків. Однією з таких програм є PyroSim [3] – програма, яка містить користувацький графічний інтерфейс для моделювання динаміки розвитку небезпечних факторів пожежі польовим методом на основі Fire Dynamics Simulator (FDS).

Програма FDS (Fire Dynamics Simulator) [4] реалізує розрахункову гідродинамічну модель тепло-масопереносу під час моделювання пожежі як на відкритих просторах, так і в огороженні. FDS розв'язує рівняння Нав'є-Стокса для низькошвидкісних температурно-залежних потоків. Особливу увагу програма приділяє розповсюдженню диму і теплопередачі під час пожежі.

Smokeview [5] – це програма, яка слугує для відтворення результатів FDS у вигляді анімаційних зображень. Програма має здатність візуально моделювати вогонь і дим. Тривимірне зображення фізичної моделі дає можливість оцінити видимість у межах зображуваних приміщень. Але найкраще з цією програмою працює модель CFAST [6], яка призначена для оцінки динаміки небезпечних факторів пожеж в житлових, громадських і промислових будівлях та спорудах. Також модель може використовуватись для визначення розрахункових параметрів проти-пожежних систем – протидимної природної чи штучної вентиляції, пожежної сигналізації.

Метою роботи є обґрунтувати застосування програми CFAST для моделювання пожеж та визначення їх гранично-допустимих значень небезпечних факторів у будівлях і спорудах громадського призначення.

Викладення основного матеріалу. Розглянемо три види будівель громадського призначення: «Дошкільні навчальні заклади», «Заклади дозвілля» та «будинки, споруди та приміщення комунального господарства». А саме на прикладі м. Львова, для будівель і споруд громадського призначення (будівля Львівського державного палацу естетичного виховання молоді, будівля дитячого дошкільного закладу №166 «Нехворійко» та 12-поверховий гуртожиток) визначено граничні значення небезпечних факторів пожежі.

Для визначення небезпечних факторів пожежі у будівлях громадського призначення використано двозонну модель CFAST, яка поділяє кожне досліджуване приміщення на три зони: конвективна колонка, пристельовий простір (верхня зона) і зона холодного повітря (нижня зона) [6]. Математична модель CFAST базується на задачі Коші для системи звичайних диференціальних рівнянь. В систему входять рівняння збереження маси, енергії (перший закон термодинаміки), рівняння стану ідеального газу, відношення щільності і внутрішньої енергії [6].

CFAST розроблена Національним інститутом стандартів і технології США в міжнародній кооперації з науково-дослідними організаціями США, Канади та Фінляндії. Програма пройшла валідацію у міжнародних дослідних лабораторіях, зокрема у російських і підтверджено її відповідність російським нормам.

CFAST відображає результати моделювання пожежі з наперед заданими розмірами приміщення. Дає змогу визначити час за який небезпечні фактори пожежі досягнуть граничної межі і шляхи евакуації будуть заблоковані.

Для встановлення часу блокування евакуаційних виходів визначають шість основних факторів, які впливають на загибель людей від пожеж. За методикою CFAST граничнодопустимі значення основних небезпечних факторів, які впливають на загибель людей під час пожеж, наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Гранично допустимі значення основних небезпечних факторів, які впливають на загибель людей під час пожеж

Фактори	Значення граничнодопустимих значень (за моделлю CFAST) [6]
Температура	70°C
Обмеження видимості	0,119 м ⁻¹
Концентрація O ₂	17,5 %
Концентрація CO ₂	8,5 %
Концентрація CO	1496 ppm
Концентрація HCl	17,8 ppm

Програма CFAST слугує для розрахунку часу блокування шляхів евакуації небезпечними факторами пожежі при розрахунку пожежного ризику відповідно до вимог пожежної безпеки.

Тому для визначення часу блокування шляхів евакуації небезпечними факторами пожежі необхідно вибрати найбільш небезпечний сценарій виникнення пожежі.

Найбільш небезпечним місцем можливого виникнення пожежі у Львівському державному палаці естетичного виховання молоді є сценічне приміщення на 2-му поверсі, оскільки сцена з'єднана з глядацьким залом, а в ньому може знаходитись багато людей. На момент прибуття перших підрозділів пожежа поширюватиметься досить швидко, 2 та 3 поверхи будуть сильно задимлені.

Шляхами розповсюдження вогню можуть бути горючі матеріали, меблі, обладнання та оздоблення [7]. В умовах швидкого розповсюдження диму по коридорах та сходових клітках організація евакуації та рятування людей є першочерговим завданням, тому необхідно знати за який час настануть граничнодопустимі значення небезпечних факторів пожежі в будівлі і евакуація буде неможлива без засобів захисту органів дихання.

За допомогою програми CFAST [6] проведено розрахунки часу настання граничнодопустимих значень небезпечних факторів пожежі для будівлі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді (рис. 1).

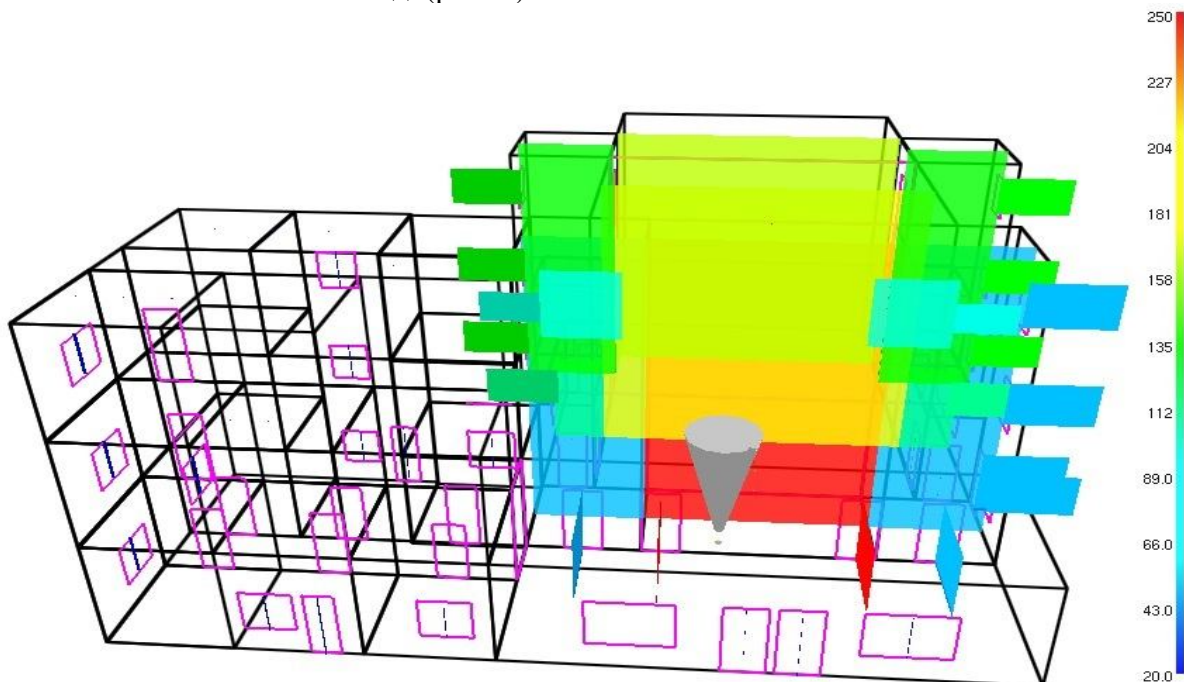


Рисунок 1– Моделювання небезпечних факторів пожежі у глядацькому залі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді за допомогою програми CFAST

За результатами розрахунків встановлено таке:

1. Середньооб'ємна температура на сцені становитиме 260 °С, в залі 1 – 209 °С (через 3,8 хв у верхній частині приміщення і через 7 хв у нижній частині приміщення), а в залі 2 – 189 °С (через 4,2 хв в верхній частині приміщення та – 7,7 хв у нижній її частині) (рис. 4).

2. Брак кисню вже почнеться на сцені через 6,5 хв, у залі 1 – 7 хв, у залі 2 – 7,2 хв, на сходовій клітці №4 та №5 – 9,5 хв, а в коридорах №2 та №3 – 10 хв.

3. Обмеження видимості настане: на сцені у верхній її частині через 15 с та через 2,1 хв – нижній частині приміщення; в залі 1 у верхній його частині через 16 с та через 2,5 хв – нижній частині приміщення; в залі 2 у верхній його частині через 17 с та через 2,6 хв – нижній частині приміщення; в коридорі №2 та №3 у нижній частині його настане через 2,9 хв; на сходових клітках №4 та №5 у верхній їх частині через 2,1 хв та через 2,9 хв – нижній їх частині (рис. 2).

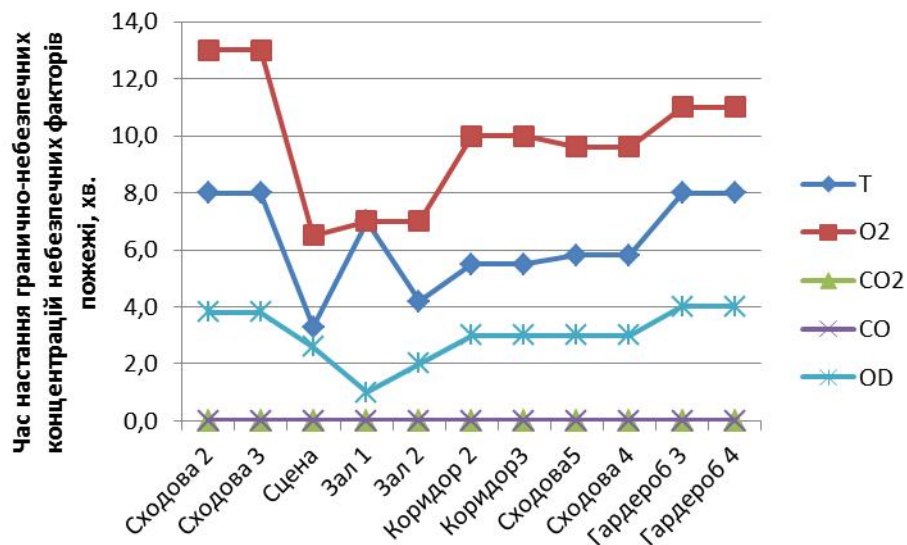


Рисунок 2 – Час настання гранично-допустимих значень небезпечних факторів під час пожежі в будівлі Львівського державного палацу естетичного виховання молоді

Отже, обмеження видимості настане найшвидше, тому евакууватися з залу 1 та 2 необхідно через 2,5 хв, а пройти через сходові клітки №4 і №5 та коридори №2 і №3 необхідно за 2,9 хв. Брак кисню на коридорах та сходових клітках настане через 9,5 та через 10 хв відповідно.

Для будівлі дитячого дошкільного закладу №166 "Нехворійко", який розташований за адресою м. Львів, вулиця Кульчицької, 10а виконані розрахунки часу настання гранично-допустимих значень небезпечних факторів пожежі. Відповідно до Методики, вважаємо, що пожежа відбувається в приміщенні поруч з основним евакуаційним виходом – у кабінеті завгоспа. Пожежне навантаження – офісні меблі, паперова документація і килим. Розміри приміщення: 6×4,2×2,4 м. Приміщення має вихід в коридор та іншу кімнату. Двері виходять в коридор, яким відбувається евакуація через основний вихід. Пожежа відбувається в час, коли діти знаходяться в своїх групах у спальних приміщеннях, які є найбільш віддаленими від евакуаційних виходів.

За допомогою моделі CFAST проведено розрахунки часу настання гранично-допустимих значень небезпечних факторів пожежі в будівлі дитячого дошкільного закладу №166 "Нехворійко" (рис. 3).

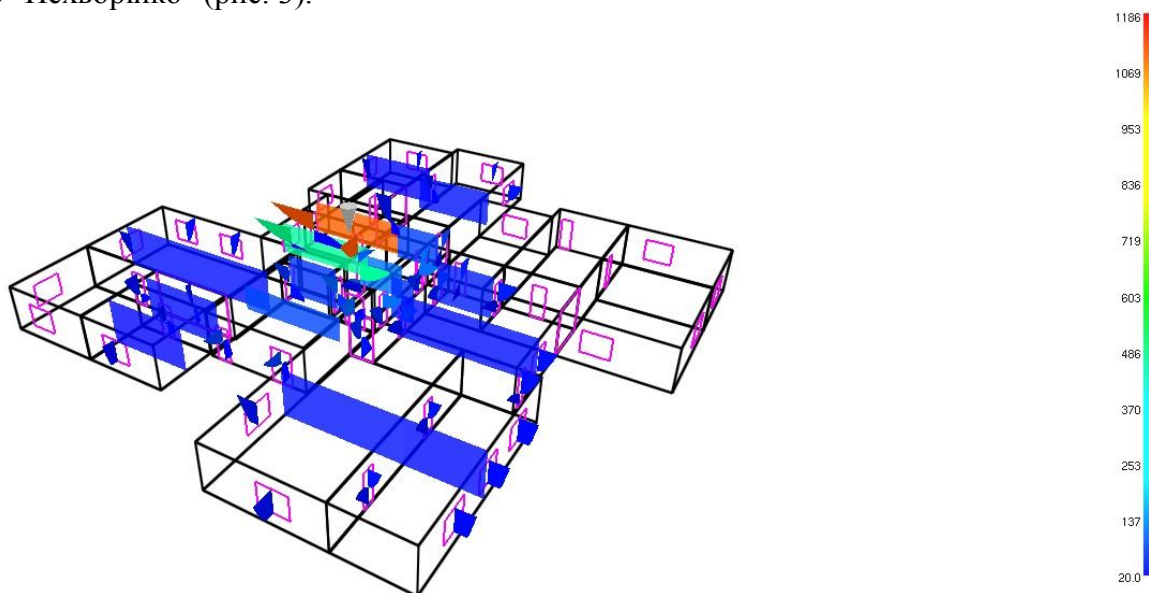


Рисунок 3 – Розвиток пожежі у кабінеті завгоспа будівлі дитячого дошкільного закладу №166 "Нехворійко"

За результатами розрахунку встановлено наступне:

- обмеження видимості в кімнаті з осередком пожежі (каб. завгоспа – кабінет 1) та суміжному приміщенні (кладова 1) настане вже через 0,25 хв після початку пожежі, а зменшення концентрації кисню граничних значень в кладовій 1 настане через 1,5 хв.
- обмеження видимості на сходовій 1 та сходовій 2 настане через 1,7 та 2,5 хв відповідно (рис. 4).

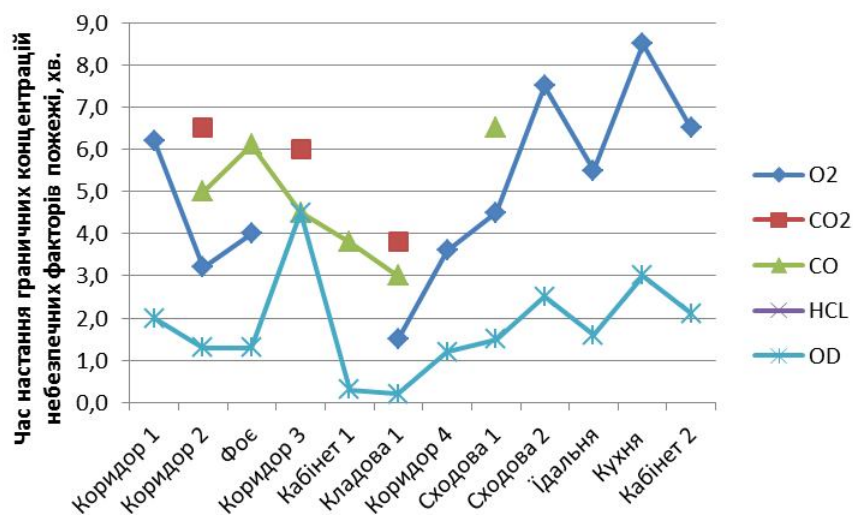


Рисунок 4 – Час настання граничнодопустимих значень небезпечних факторів та обмеження видимості при пожежі в будівлі дитячого садочка

- небезпечні значення температури в приміщенні осередку пожежі настануть через 1,2 хв, а в кладовій 1 через 1,5 хв.
- на сходових клітках – основних евакуаційних шляхів, з 2-го поверху будівлі садочка обмеження видимості у верхній частині настане через 1,7 хв сходова 1 та 2,5 хв сходова 2 відповідно, а в нижній частині через 4 та 7 хв відповідно. Обмеження кисню настане на сходовій 1 через 4,5 хв, а на сходовій 2 через 7 хв. Небезпечна концентрація чадного газу настане лише на сходовій 1 через 7 хв.

Отже серед небезпечних факторів пожежі обмеження видимості настане найшвидше, тому евакуюватися з 2-го поверху будівлі садочка через сходові клітки неможливо вже через 1,7 хв (сходова) 1 та 2,5 хв (сходова 2). У коридорі 1 та коридорі 2 обмеження видимості настане через 1,25 хв.

Також модель CFAST дає змогу проводити розрахунок часу настання небезпечних факторів пожежі за відкритих входних дверей з приміщень, наприклад виникла пожежа у 3-кімнатній квартирі, з якої відкриті входні двері на сходову клітку 1-го поверху 12-поверхового гуртожитку. Графічне зображення моделювання процесу горіння та поширення небезпечних факторів пожежі сходовою кліткою за моделлю CFAST зображено на рис. 5.

З рис. 5 слідує, що час настання гранично-небезпечної концентрації кисню за умови відкритих дверей на сходову клітку в кімнаті 1 збільшився від 2,3 до 2,7 хв., а в коридорі 1 – від 4 до 5 хв., що суттєво збільшує шанси успішної самостійної евакуації з квартири. На сходовій клітці, за умови закритих вікон, обмежено рух буде вже на 5-й хв., а забракне кисню на 11-й хв., після чого евакуацію сходами потрібно проводити лише у захисних дихальних апаратах або ззовні гуртожитку за допомогою спеціальних рятувальних засобів та техніки (рис. 6).

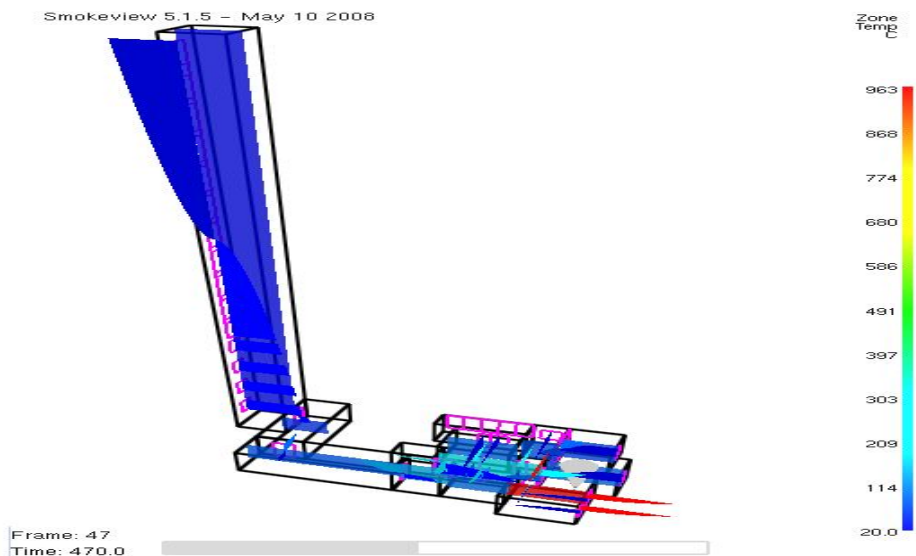


Рисунок 5 – Моделювання за програмою CFAST процесу розповсюдження небезпечних факторів пожежі сходовою кліткою у випадку пожежі на першому поверсі 12-ти поверхового гуртожитку

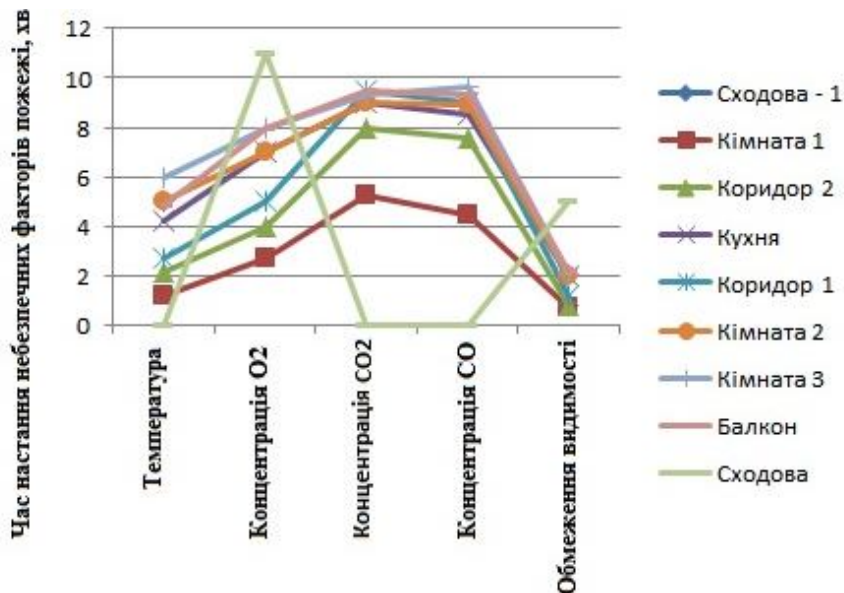


Рисунок 6 – Час настання граничнодопустимих факторів пожежі (у хвиликах за моделлю CFAST) в 3-кімнатній квартирі 12-поверхового гуртожитку

Також збільшився час настання граничної концентрації чадного газу та вуглекислого газу в кімнаті 1 (близько 1 хв), в коридорі (близько 1 хв), а на сходовій клітці їх концентрації будуть допустимими.

Отже, відкриті двері з квартири гуртожитка на першому поверсі при пожежі на сходову клітку призведе до втрати оптичної видимості через 5 хв, а брак кисню – через 11 хв. Зауважимо, що на верхніх поверхах сходової клітки цей час буде значно меншим. Інші небезпечні фактори пожежі на сходовій клітці не досягнуть граничнодопустимих значень.

Висновок. Модель CFAST дозволяє моделювати пожежі у будівлях і визначати граничний час настання її небезпечних факторів та встановлювати необхідний час слідування пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику і необхідний час евакуації, який забезпечить безпеку для людей.

Програма CFAST є добрим інструментом для інженера, так як вона дає змогу досить швидко виконати моделювання пожеж та визначити час за який небезпечні фактори пожежі досягнуть граничнодопустимих значень у всіх приміщеннях будівлі, що дає змогу визначити граничний час евакуації та запропонувати необхідні технічні рішення (заходи) для його збільшення.

Список літератури:

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : утв. 30.06.2009 приказом МЧС России № 382 : зарег. в Минюсте РФ 06.08.2009, рег. № 14486 : введ. 30.06.2009. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
2. Строительные информационные технологии и системы ООО – «Ситис» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.sitis.ru>
3. Sitis Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://sitis.ru/media/documentation/PRS-RP-2012-1.pdf>
4. Програма FDS (Fire Dynamics Simulator) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://fds.sitis.ru/docs/FDS_5_User_Guide.pdf
5. Smokeview [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://fds.sitis.ru/docs/SMV_5_User_Guide.pdf
6. CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6) / Software and Experimental Validation Guide. – Chapters 5 – 11 // 5036-5-1 RU National Institute of Standards and Technology U.S. – Department of Commerce. – 2008. – 54 p.
7. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении : учебное пособие / Ю. А. Кошмаров. – М. : Академия ГПС МВД России. – 2000. –118 с.

Referenses:

1. Settlement fire risk in buildings, construction and structures of various classes of functional fire hazard: approved. 30.06.2009 by the order № 382 Russian Ministry of Emergency Situations: eV. Russian Ministry of Justice 06.08.2009, reg. № 14486: Enter. 30.06.2009. – М. : FGI EMERCOM of Russia in 2009.
2. Construction Information Technology and Systems Ltd. – "Cities" [Electronic resource]. – Access mode : <http://www.sitis.ru>
3. Sitis Manual [Electron resource]. – Access mode: <http://sitis.ru/media/documentation/PRS-RP-2012-1.pdf>
4. FDS program (Fire Dynamics Simulator) [Electron resource]. – Access mode : http://fds.sitis.ru/docs/FDS_5_User_Guide.pdf
5. Smokeview [Electron resource]. – Access mode : http://fds.sitis.ru/docs/SMV_5_User_Guide.pdf
6. CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6) / Software and Experimental Validation Guide. – Chapters 5 – 11 // 5036-5-1 RU National Institute of Standards and Technology U.S. – Department of Commerce. – 2008. – 54 p.
7. Koshmarov A. Prediction of fire hazards in the room: a tutorial / A. Koshmarov. – Moscow: Academy GPS Russian Interior Ministry. – 2000. –118p.

