Технічні науки

УДК 614.841.123.24

Борисова Анна Сергіївна

науковий співробітник

Інститут державного управління та наукових досліджень

з цивільного захисту

Борисова Анна Сергеевна

научный сотрудник

Институт государственного управления и научных исследований

по гражданской защите

Borysova Anna

Senior Research Officer

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТРОВОГО ВПЛИВУ НА ВЕЛИЧИНУ КРИТИЧНОЇ ПОВЕРХНЕВОЇ ГУСТИНИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГАЗОГІДРОДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕТРОВОГО ВЛИЯНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ КРИТИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

INVESTIGATION OF WIND INFLUENCE ON THE VALUE OF CRITICAL SURFACE DENSITY OF HEAT FLUX USING A GAS HYDRODYNAMIC MODEL

Анотація. *Розроблено модель процесів теплообміну між джерелом теплового випромінювання та досліджуваними зразками із використанням польової моделі заснованої на методах газодинаміки. Визначено залежність зміни температури та критичної поверхневої*

щільності теплового потоку на дослідних зразках залежно від швидкості потоку повітря та віддалення їх від джерела теплової дії. Проведені дослідження та сформовані таблиці даних в подальшому зможуть бути використані для розробки удосконаленого спрощеного методу прогнозування теплового впливу пожежі на суміжні будівельні об'єкти з урахуванням вітрового впливу.

Ключові слова: *суміжні будівельні об'єкти, математична модель, модельне вогнище пожежі, температура, критична поверхнева густина теплового потоку.*

Аннотация. *Разработана модель процессов теплообмена между источником теплового излучения и исследуемыми образцами с использованием полевой модели основанной на методах газодинамики. Определена зависимость изменения температуры и критической поверхностной плотности теплового потока на опытных образцах в зависимости от скорости потока воздуха и удаления их от источника теплового воздействия. Проведенные исследования и сформированы таблицы данных в дальнейшем смогут быть использованы для разработки усовершенствованного упрощенного метода прогнозирования теплового воздействия пожара на смежные строительные объекты с учетом ветрового воздействия.*

Ключевые слова: *смежные строительные объекты, математическая модель, модельный очаг пожара, температура, критическая поверхностная плотность теплового потока.*

Summary. *A model of heat exchange processes between a heat source and investigated samples using a field model based on gas dynamics methods has been developed. The dependence of temperature change and critical surface heat flux density on experimental samples depending on airflow rate and their distance from the heat source is determined. The conducted research and the*

generated data tables can be further used to develop an improved simplified method for predicting the thermal impact of fire on adjacent construction sites, taking into account the wind impact.

Key words: *adjacent construction objects, mathematical model, model fire of fire, temperature, critical surface heat flux density.*

Вступ. Проведений аналіз статистичних даних карток обліку пожеж [1] дає змогу дійти висновку, що кожна четверта пожежа в Україні може поширитися на суміжні будівлі та споруди, технологічне обладнання та об'єкти природної екосистеми шляхом поширення теплової енергії з послідуючим займанням. Для недопущення поширення пожежі на суміжні будівельні об'єкти користуються розрахунковими методами визначення безпечних відстаней [2-6] однак методики прогнозування теплового впливу пожежі на суміжні будівельні об'єкти, які б враховували умови навколишнього середовища, а саме параметри вітрового впливу, що може істотно вплинути на зазначені прогнозування наведені лише у [7].

Враховуючи вищенаведене постає необхідність подальших наукових досліджень удосконалення розрахункового методу прогнозування теплового впливу пожежі на суміжні будівельні об'єкти з урахуванням вітрового впливу.

Завдяки методам математичного моделювання ми маємо можливість дослідити процеси теплопередачі з заданими умовами параметрів навколишнього середовища, а саме вітрового впливу.

Мета роботи. Встановити залежність зміни температури та критичної поверхневої щільності теплового потоку на дослідних зразках залежно від швидкості потоку повітря та віддалення їх від джерела теплової дії шляхом використання методів газодинаміки. Для досягнення зазначеної мети поставлено та вирішено такі задачі:

- створено модель горіння технологічної установки в умовах вітрового впливу із можливістю контролю теплових параметрів на різних відстанях від осередку пожежі у програмному комплексі FDS;
- досліджено вплив вітру на значення температури та критичної поверхневої щільності теплового потоку на різних відстанях від осередку пожежі;
- сформовані табличні дані зміни температури та критичної поверхневої щільності теплового потоку на дослідних зразках залежно від швидкості потоку повітря та віддалення їх від джерела теплової дії.

Моделювання процесів зміни величини температури та критичної поверхневої густини теплового потоку за методами газодинаміки проводилися на основі методики [8].

Модель розміщення досліджуваного зразка, зображено на рис. 1.

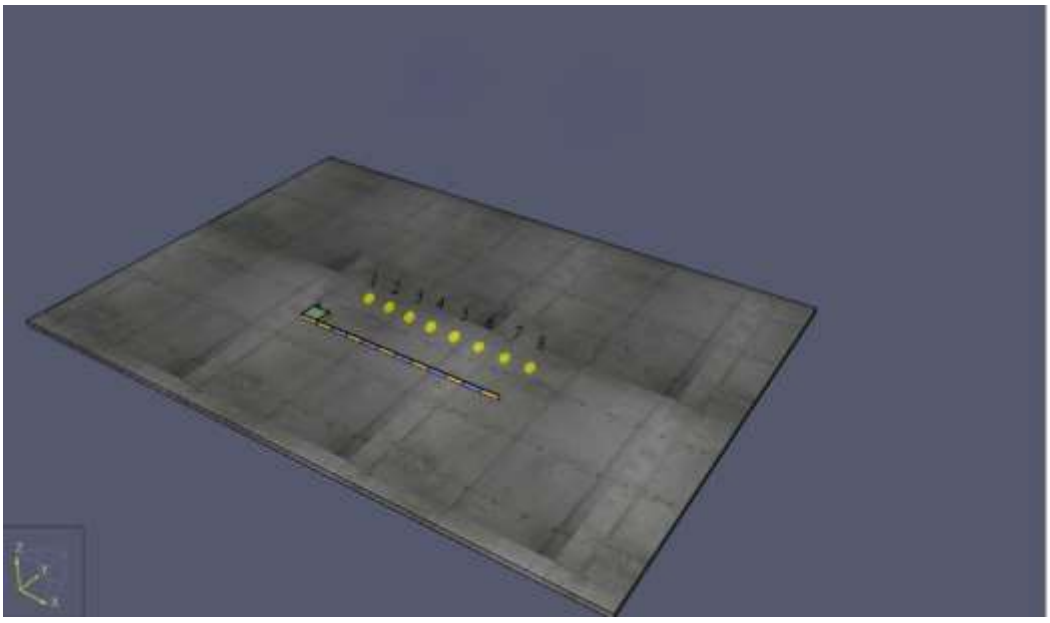


Рис. 1. Модель розміщення досліджуваного зразка, 1,2,3,4,5,6,7,8 – датчики вимірювання температури на різних відстанях

Чисельне моделювання динаміки поширення теплового потоку від пожежі виконували за допомогою інструмента PyroSim, яка є сучасним програмним комплексом, що дозволяє створювати, редагувати та аналізувати складні моделі розвитку пожежі. Для тривимірної та

двовимірної візуалізації результатів моделювання динаміки пожеж застосовували програму Smokeview.

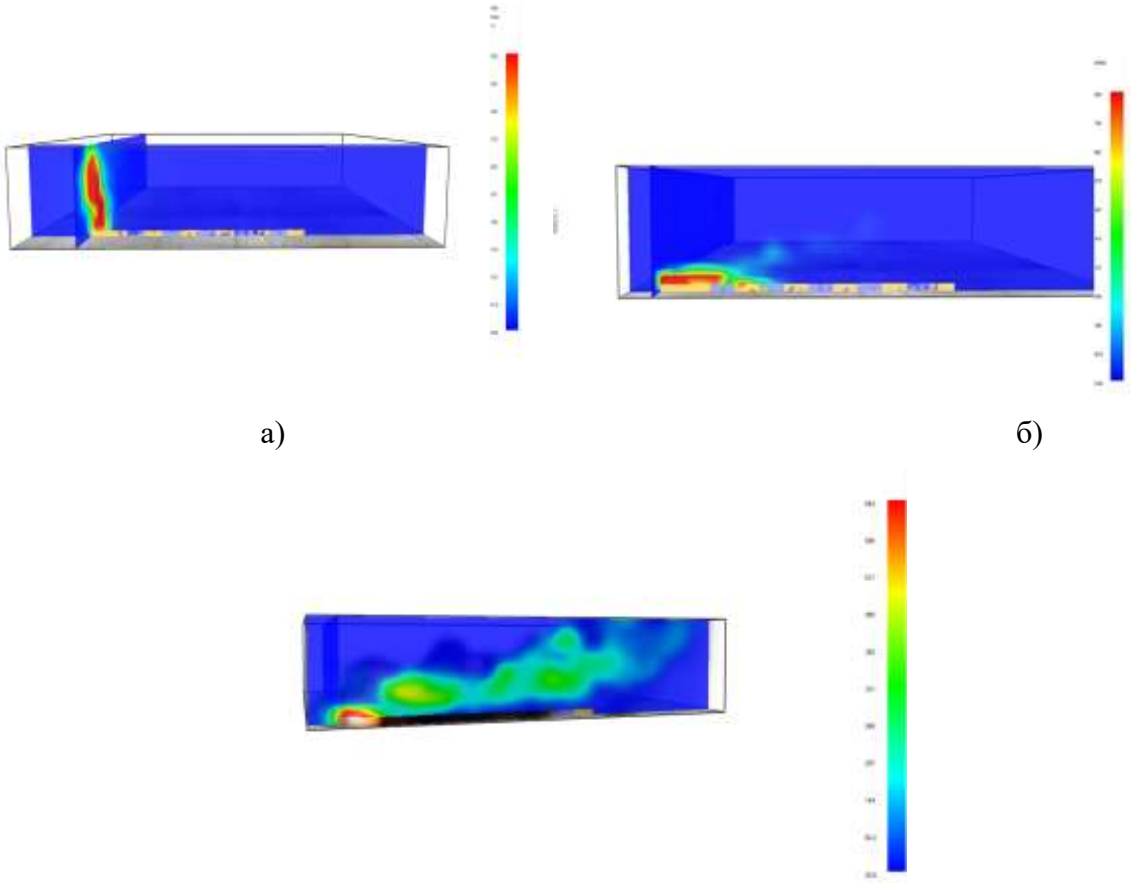
Теплове випромінювання розраховується методом кінцевих елементів у тривимірній сітці (області моделювання). Дане програмне забезпечення допомагає відтворити реальні умови модельної пожежі, в тому числі для відкритого простору.

Під час проведення досліджень було проаналізовано вихідні дані, створено модель, що відповідала реальним умовам натурних випробувань, зокрема модель включала бетонну площадку (основу), для матеріальної конструкції якої було обрано монолітний бетон типу «бетон важкий» густиною 2260 кг/м^3, питома теплоємність 2,04 кДж/(кг·К) та теплопровідністю 1,35 Вт/(м·К). В якості матеріалу для ємкості модельного вогнища прийнято сталь густиною 7600 кг/м^3 питома теплоємність 0,06 кДж/(кг·К) та теплопровідністю 35 Вт/(м·К). В якості палива прийнято горіння дизелю питоме густиною 850 кг/м^3, тепловиділення якого складає 5800кВт/м², коефіцієнт випромінювання 0,9.

Датчики газових вимірювачів розміщувались на висоті 2 м на відстані 0,5 м та від 1м до 12 м з кроком відстані один від одного 1 м. Для досягнення оптимальної точності розрахунку прийнято використовувати комірки з кроком в 0,1 м та з однаковим кубічним розміром по всім трьом просторовим вимірам (x, y, z). Тривалість моделювання становила 300 с, що обумовлено значенням максимального теплового випромінювання від модельного вогнища, яке відбувається в період з 60 с по 240 с.

За результатами проведених досліджень отримано результати наведені нижче.

Загальна візуалізація температури із відображенням температурних полів в площинах наведена на рисунку 2



а) б)

в)

Рис. 2. Модель візуалізації температури із відображенням температурних полів в площинах: а) без вітру; б) вітер зі швидкістю 5 м/с; в) вітер зі швидкістю 10 м/с

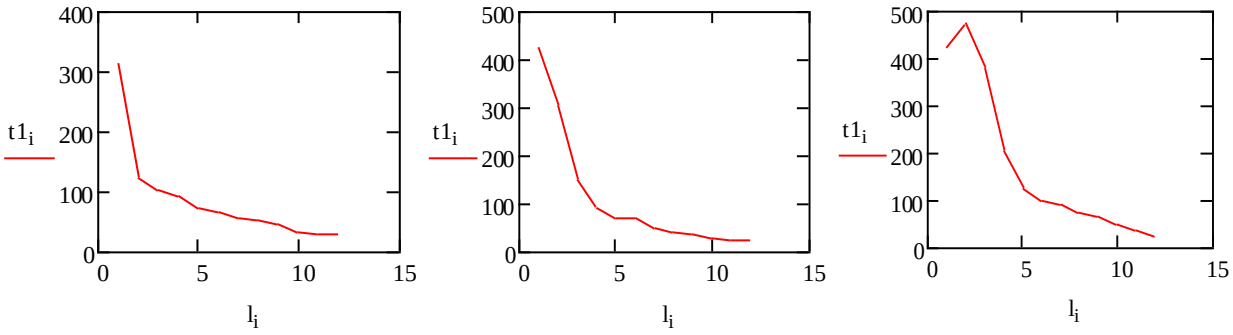
За результатами моделювання сформовано таблицю розподілу температур залежно від відстані до джерела випромінювання та швидкості вітру, таблиця 1.

Таблиця 1

Відстань l, м	Температура t, °C		
	Швидкість вітру *v*, м/с		
	0 м/с	5м/с	10м/с
0,5	425	398	395
1	315	426	423
2	125	306	474
3	103	152	381
4	95	90	205
5	73	71	124
6	68	69	101
7	57	48	93
8	54	41	74
9	47	38	65

10	32	29	51
11	31	27	39
12	30	26	27

Дані таблиці нанесено на графік та зображено на рис.3.



а) б) в)

Рис. 3. Залежність зміни температури від дії швидкості вітру та віддаленості від джерела випромінювання а) без дії вітру; б) під дією вітру швидкістю 5 м/с; в) під дією вітру швидкістю 10 м/с

Висновки. Аналізуючи результати моделювання та дані графічних зображень ми можемо зробити припущення, щодо впливу вітру на процеси теплообміну між факелом пожежі та суміжних будівельних об'єктів . Наприклад: якщо за критичну температуру впливу прийняти температуру, що дорівнює 200°С, то відстань яка забезпечує умову безпеки теплової дії в розглянутому випадку буде дорівнювати:

- у безвітряну погоду – 2м;
- при погоді зі швидкістю вітру 5 м/с – 3м;
- при погоді зі швидкістю вітру 10 м/с – 4 м.

Отримані дані говорять, що у випадку коли об'єкт, який піддається дії теплового випромінювання розташований з навітряної сторони від джерела теплового випромінювання (пожежі), наявність вітру може впливати на оцінку безпечних відстаней між об'єктом, що випромінює тепло та об'єктом який його сприймає.

Така залежність може бути врахована поправочним коефіцієнтом. Подальше визначення такого коефіцієнту можливе за рахунок співвідношення даних отриманих без вітрового впливу та із вітровим впливом, що можна отримати шляхом проведення повного факторного експерименту, який повинен враховувати наступні критерії:

- величину пожежного навантаження;
- час теплової дії;
- вплив швидкості вітру.

У результаті проведених досліджень за допомогою програмного комплексу FDS поетапно створено модель теплообміну під час пожежі. Визначено залежності зміни температури від швидкості потоку повітря на зразки та віддалення від джерела теплової дії.

Література

1. Аналіз масиву карток обліку пожеж(POG_STAT) за 2012-2017 роки. УкрНДІЦЗ ДСНС України. Київ. URL: http://undicz.dsns.gov.ua/ua/Analiz-masivu-kartok-obliku-pozhezh.html.
2. Нагорная А.Н. Математическое моделирование и исследование нестационарного теплового режима зданий: диссертация кандидата технических наук : 05.13.18 / Нагорная Анастасия Николаевна; [Место защиты: Юж.-Ур. гос. ун-т]. Челябинск, 2008. 150 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-5/398
3. Olenick S. M. An Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke / S. M. Olenick, D. J. Carpenter // Journal of Fire Protection Engineering. 2003. № 13. PP. 87–110.
4. Табунщиков Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. 194 с.

5. Фомин С. Л. Моделирование тепло- и влагопереноса в железобетонных конструкциях при воздействии климатической, технологической и пожарной сред / С. Л. Фомин // Электронное моделирование. 1999. Т. 21. № 4. С. 28–32.
6. Башкирцев М. П. Исследование температурного режима при пожарах в зданиях на моделях / М. П. Башкирцев, П. Н. Романенко, Н. А. Стрельчук // Труды Высшей школы МООП РСФСР. М. : НИиРИО ВШ МООП РСФСР, 1966. Вып. 13. С. 33–53.
7. Борисова А.С. Методика експериментальних досліджень залежності критичної поверхневої густини теплового потоку від вітрового впливу./ В.В. Ніжник // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Серія: технічні науки та архітектура. 2020. №2. С. 200–203.
8. Nizhnyk V. A Method of Experimental Studies of Heat Transfer Processes between Adjacent Facilities / S. Shchipets, O. Tarasenko,V. Kropyvnytskyi, B. Medvid // International Journal of Engineering & Technology. 2018. № 7 (4.3). PP. 288-292.