

УДК 614.84

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2024.8.2.84.93>

Юрій ОТРОШ¹, д-р техн. наук, професор (ORCID: 0000-0003-0698-2888),

Ніна РАШКЕВИЧ¹, PhD (ORCID: 0000-0001-5124-6068),

Андрій КОВАЛЬОВ², д-р техн. наук, старший науковий співробітник
(ORCID: 0000-0002-6525-7558),

Павло БАЛДУК³, канд. техн. наук, доцент (ORCID: 0000-0002-9055-9005),

¹Національний університет цивільного захисту України,

²Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

Національного університету цивільного захисту України,

³Одеська державна академія будівництва та архітектури

РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ ДИМОВИДАЛЕННЯ В ПК VENTUS

У статті проведено аналіз можливостей програмного комплексу *Ventus* для моделювання димовидалення у будинках різної умовної висоти.

Проведено аналіз сучасних методів і підходів до розрахунку систем димовидалення, що дозволило виявити їхні переваги та актуальність питань підвищення пожежної безпеки за рахунок ефективного димовидалення. Особлива увага для моделювання аеродинамічних властивостей повітряних потоків у приміщеннях різних типів та їх вплив на функціонування систем димовидалення приділялася використанню комп'ютерних програм. Широкого поширення набув програмний продукт *Fire Dynamics Simulator (FDS)*.

Проведено моделювання системи штучного димовидалення для реального об'єкта з використанням програмного комплексу *Ventus*. Для прикладу розрахунку шляхів потоку повітря був обраний 10-поверховий будинок по 8 квартир на поверсі, 2 ліфтові шахти та сходи. Після проведення моделювання отримано модель, на якій зображені всі шляхи потоку повітря, та кінцевий результат в *Excel*-таблиці з прорахованими площами всіх шляхів потоку повітря. Це дало можливість оцінити точність прогнозів щодо розподілу потоків диму, їх швидкості та напрямків у реальних умовах. Отримані результати підтвердили, що *Ventus* є ефективним інструментом для моделювання та оптимізації систем димовидалення, що забезпечує точність розрахунків і дозволяє підвищити безпеку мешканців під час пожежі.

Ключові слова: пожежна безпека, шляхи потоку повітря, система димовидалення, 3D модель, ПК *Ventus*.

Постановка проблеми. З розвитком урбанізації та збільшенням кількості висотних будівель та будівель підвищеної поверховості постають нові виклики у забезпеченні їхньої пожежної безпеки. Серед основних небезпек, які виникають під час пожеж у таких будівлях, є високе задимлення. Токсичні продукти горіння створюють загрозу для життя людей, ускладнюючи евакуацію та рятувальні роботи [1]. За статистикою 80% нещасних випадків при пожежі трапляється саме через отруєння чадним газом (продуктами горіння). При цьому встановлено, що достатньо 0,08% для отруєння та понад 1,2% для смертельного результату протягом 2-3 хвилин. Ефективне видалення диму стає критично важливим фактором, оскільки саме дим, а не високі температури, часто є причиною загибелі

під час пожежі.

Складна структура внутрішніх приміщень, велика відстань до виходів ускладнюють процес видалення диму. У таких умовах важливо забезпечити належну вентиляцію і використання систем штучного димовидалення, які зможуть швидко і ефективно видаляти дим з приміщень. Це дозволяє знизити концентрацію токсичних речовин, покращити видимість на шляхах евакуації та забезпечити безпечні умови для мешканців і рятувальних служб.

Таким чином, завдання удосконалення методик розрахунку елементів систем штучного димовидалення в будівлях є актуальним, вирішення якого дозволить зменшити ризики для життя людей і поліпшить роботу рятувальних підрозділів під час надзвичайних ситуацій.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Для моделювання систем димовидалення інженерами та дослідниками широко використовуються програмні комплекси (ПК).

Fire Dynamics Simulator (FDS) використовує методи обчислювальної гідродинаміки (CFD) для моделювання руху диму, теплових потоків і взаємодії повітря з вентиляційними системами [2]. Підходить для дослідження систем димовидалення у будинках різної умовної висоти.

В [3] описують чисельне дослідження поведінки диму та поздовжнього падіння температури при пожежі у тунелі. Результати моделювання добре корелюють з експериментальними вимірюваннями.

В [4] за допомогою інструменту FDS представлені дослідження факторів, що впливають на механічну систему димовидалення для будівлі з атриумом. Ефективність таких систем визначається взаємодією між динамікою повітря, тиском, температурою, характеристиками будівлі та пожежного навантаження, а також належним керуванням вентиляційними процесами.

В [5] проведено чисельні та експериментальні дослідження явищ переносу диму в середині сходових кліток у висотних будинках. Дослідження фокусується на аналізі динаміки розповсюдження диму під час пожежі, що дозволяє зрозуміти, як дим поширюється у вертикальних просторах. Чисельні моделі використовують CFD для симуляції умов пожежі та поведінки диму, що дає змогу прогнозувати його рух за різними сценаріями. Експериментальні дослідження доповнюють чисельні моделі, надаючи реальні дані для верифікації та уточнення результатів моделювання.

В [6] наведено приклад пожежі на другому поверсі багатоповерхового будинку. Виконуються різні симуляції, щоб визначити оптимальне розташування, розмір і потужність витяжних вентиляторів, необхідних для безпечної евакуації всіх мешканців до того, як видимість впаде нижче критичного рівня.

В [7] проаналізовано методи видалення диму зі сходової клітки. Для вивчення сценаріїв пожежі використовується обчислювальне моделювання з використанням методу симуляції великих вихрів у FDS. Виявлено, що природна та перехресна вентиляції на сходовій клітці не є повністю ефективними для димовидалення. Крім того, герметизація сходової клітки при мінімальному перепаді тиску 25-30 Па ефективна за умов, коли всі вікна закриті.

Для створення детальних 3D моделей будівель, включаючи їхню вентиляцію, системи димовидалення та евакуаційні шляхи, використовується PyroSim.

Температура, видимість і концентрація чадного газу є тісно взаємопов'язаними факторами під час пожежі, і їхній аналіз у PyroSim дозволяє створити комплексну картину розвитку пожежі та її вплив на безпеку людей [8].

PuroSim підвищує ефективність роботи з FDS, надаючи широкі можливості для моделювання складних сценаріїв пожеж.

ANSYS Fluent підтримує детальне моделювання теплопередачі, що дозволяє оцінювати вплив температури на поведінку диму та його розподіл у приміщеннях [9]. Можливість аналізу конвекції небезпечних речовин, теплопровідності та випромінювання дозволяє точно відстежувати, як теплові градієнти впливають на рух диму в різних зонах будівлі.

Автори [10] для проведення еталонного аналізу ефективності відведення диму під час пожежі використовували ANSYS Fluent. Виявлено, що вентилятори, хоча й забезпечують природний рух повітря та диму, можуть не завжди відповідати вимогам безпеки при сильній пожежі. CFD-моделювання дозволило детально розглянути вплив вертикальних вентиляційних каналів на поширення диму між поверхами, що ускладнює контроль димових потоків і може створювати додаткові перешкоди для евакуації людей.

CFAST (Consolidated Fire and Smoke Transport Model) – є прощена модель, що дозволяє моделювати динаміку пожежі та поширення диму між кімнатами або відсіками будівлі [11]. Підходить для первинного аналізу проєктів димовидалення.

CAU_ESCAP використовується для аналізу пожеж у висотних будівлях, включаючи моделювання різних умов, таких як зміна швидкості виділення тепла і відкриття або закриття дверей на поверсі, де виникла пожежа [12].

В [13] за допомогою програми CONTAM проведена оцінка ефективності димовидалення у висотних будинках з відкритими вентиляційними отворами.

Існуючі системи профілактики у будинках різної умовної висоти мають недоліки та потребують модернізації, що пов'язані з впровадження більш ефективних алгоритмів контролю тиску, автоматизованих рішень для моніторингу стану димовидалення, а також покращення механізмів вентиляції для мінімізації ризиків поширення диму та підвищення рівня безпеки [14].

Постановка задачі та її розв'язання. В результаті аналізу літературних джерел, поставлена мета провести аналіз можливостей ПК Ventus для моделювання динаміки повітряних потоків в будинках підвищеної поверховості, що, у свою чергу, допоможе в оптимізації систем димовидалення та покращенні безпеки мешканців.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити наступні завдання:

– проаналізувати сучасні методи і підходи розрахунку систем димовидалення;

– провести моделювання системи штучного димовидалення в ПК Ventus для реального об'єкту.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Розгляд геометрії та основних параметрів моделі в ПК Ventus. У програмному комплексі Ventus моделювання систем димовидалення та динаміки повітряних потоків вимагає точного визначення геометрії будівлі та параметрів пожежного навантаження. Геометрія моделі включає створення тривимірної форми будівлі з урахуванням усіх важливих елементів – приміщень, коридорів, сходових кліток, вентиляційних шахт та евакуаційних виходів [14].

Для прикладу розрахунку обрано 10-поверховий будинок по 8 квартир на кожному поверсі, 2 ліфтові шахти та сходи (рис. 1).

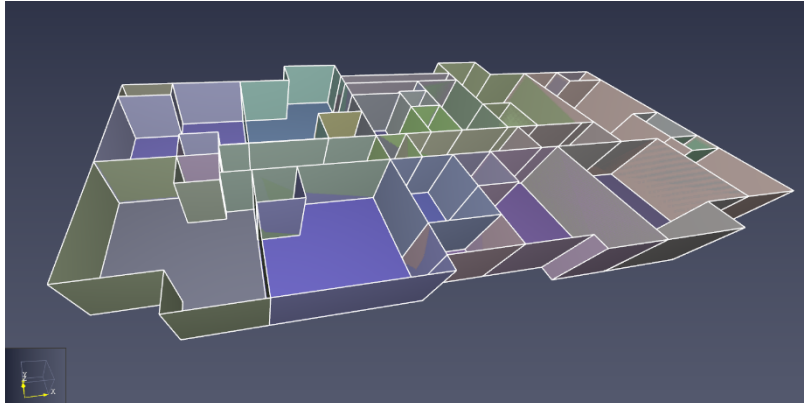


Рисунок 1 – Ескіз моделі поверху на відмітці 0.000 м

Важливо деталізувати не лише житлові та робочі простори, а й технічні поверхи, шахти ліфтів, вентиляційні канали.

У моделі задаються основні характеристики пожежного навантаження, такі як швидкість виділення тепла, температура диму, кількість виділених шкідливих речовин, та кількість диму, що утворюється.

В ПК Ventus можна моделювати сценарії з різним тиском у приміщеннях і сходових клітках для оцінки впливу на рух диму, враховувати параметри теплопередачі через стіни та інші конструктивні елементи будівлі.

Особливу увагу слід приділяти відкритим/закритим дверям, які суттєво впливають на динаміку повітряних потоків.

Необхідно точно вказувати розташування вентиляційних отворів, потужність вентиляційних систем, типи вентиляторів та їхні характеристики, такі як продуктивність, напрямок і швидкість потоку повітря.

ПК Ventus працює з реальною геометрією для того щоб провести розрахунок площі шляху потоку повітря. Користувач спочатку буде ескіз моделі або її можна завантажити з CAD файлів.

При створенні ескізу важливо відразу позначати приміщення, щоб уникнути зайвого часу на їх перейменування, яке програма може виконати автоматично. Якщо модель завантажена з CAD-файлу, слід перевірити коректність позначень приміщень. Усі приміщення повинні бути позначені англійською мовою, оскільки українська не підтримується, і це призведе до помилки, що завадить симуляції. Після завершення створення ескізу, необхідно перейти до 3D-проекції, щоб переконатися, що вона правильно побудована.

Визначення та створення елементів шляхів потоку. Після завантаження або створення ескізу моделі користувач позначає елементи, через які буде проходити повітря, такі як двері, вікна, вентиляційні отвори та інші проходи. Ці елементи вказують на те, як і де відбуватиметься рух повітря. Програма автоматично обчислює площу кожного елемента, спрощуючи процес, оскільки всі ключові параметри, такі як розміри, форма і розташування, враховуються при моделюванні. Після створення всіх елементів програма проводить симуляцію, відображаючи динаміку потоків повітря в будівлі.

Для прокладання шляхів потоку повітря потрібно повернутись в «вигляд зверху», вимкнути сітку прив'язки та почати прокладати шляхи потоку. Встановлюється температура на сходовій клітині відповідно до періоду року. Перейменовуються шляхи потоку сходової клітини, оскільки на ній більший тиск та потік повітря. Програма надає можливість перевірити чи скрізь встановлені

шляхи потоку повітря через функцію фактичних площ.

В роботі обрано температуру приміщення 22 °С, а температуру навколишнього середовища 15 °С. Температура на сходовій клітці, ліфтових шахтах 13 °С для зимового періоду. Перед тим як створити шляхи (канали) потоку повітря, потрібно визначити типи елементів потоку повітря (рис. 2).

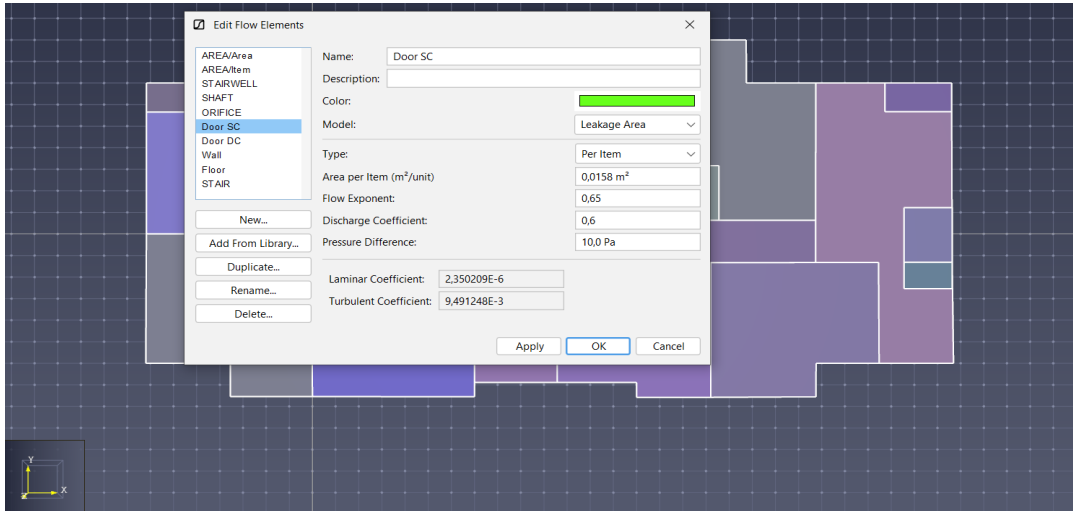


Рисунок 2 – Вікно програми елементів потоку повітря

На рис. 3 наведено скопійовані всі елементи та шляхи потоку, та встановлені на наступний рівень – 2-й поверху.

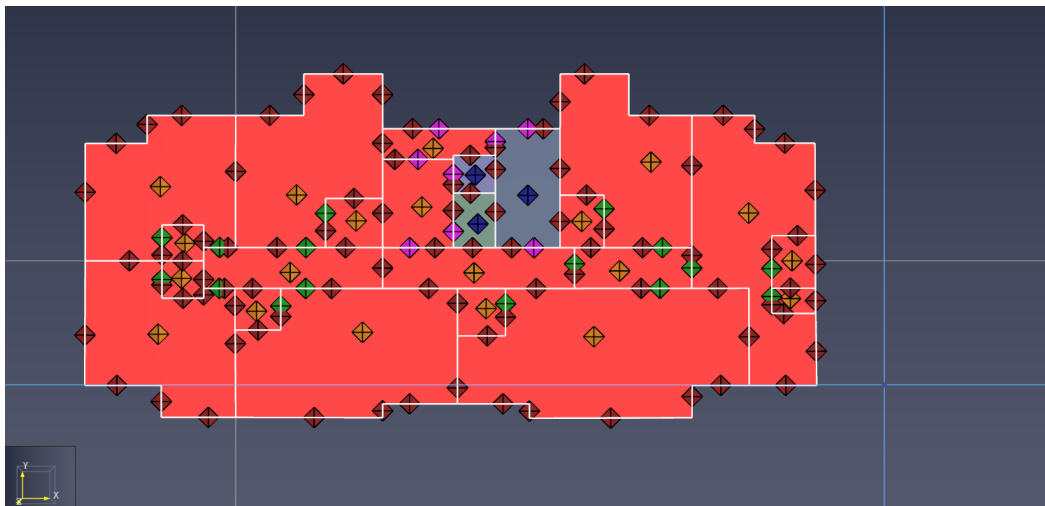


Рисунок 3 – Виставлені шляхи потоку по підлозі 2-го поверху

На рис. 4 відображена створена 10-ти поверхова будівля.

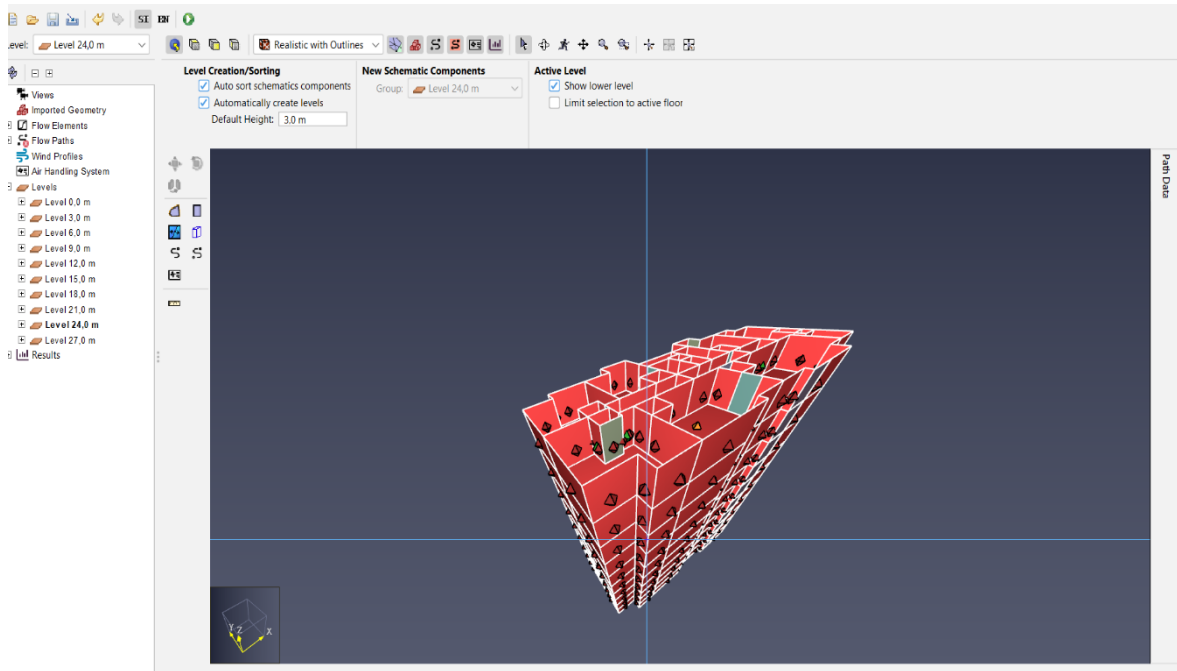


Рисунок 4 – Вид 10-ти поверхової будівлі в ПК Ventus

Для зручності робимо непрозорість об'єкту 20 % (рис. 5).

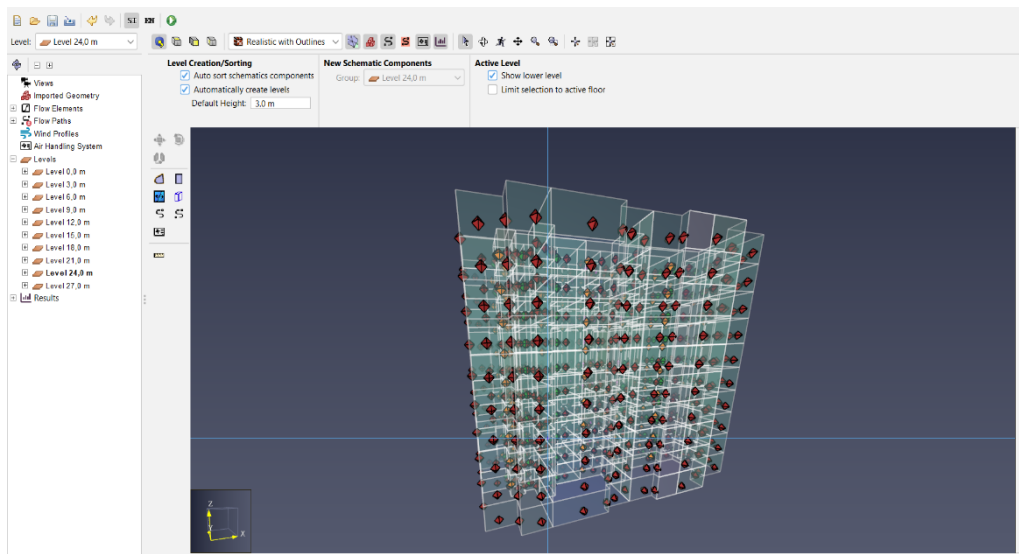


Рисунок 5 – Приклад непрозорості об'єкта 20%

Результати в 3D моделі. У програмному комплексі Ventus, при моделюванні 10-поверхової будівлі, результати виводяться у вигляді тривимірної моделі, де вказуються напрямок і швидкість повітряних потоків (рис. 6). Це наочно демонструє як повітря переміщується всередині будівлі через вентиляційні канали, вікна, двері та інші отвори. Довжина і колір стрілок, зазвичай, відображають інтенсивність руху повітря: чим довша і яскравіша стрілка, тим більша швидкість потоку.

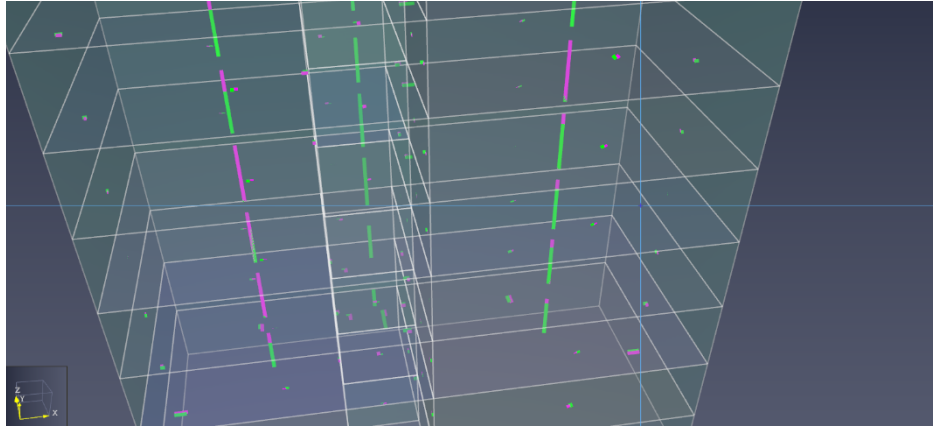


Рисунок 6 – Шляхи потоку, створені на моделі 10-поверхової будівлі

Окрім напрямку потоків, модель може показувати розподіл тиску в будівлі, допомагаючи ідентифікувати зони з надлишковим чи недостатнім тиском, що може впливати на ефективність вентиляції. Крім того, Ventus може візуалізувати температурні поля, що дозволяє бачити, як тепло або холод розподіляються по різних приміщеннях, і як це впливає на поведінку повітряних потоків. Стрілки в місцях обмеженого руху повітря, наприклад, біля стін або закритих дверей, можуть зникати або ставати коротшими, вказуючи на застій повітря або недостатню вентиляцію.

Програма дозволяє зробити розрахунок спочатку по зимовому періоду, а потім по завершенню симуляції, змінити на літній період року та провести ще одну симуляцію.

Висновки. За допомогою програмного комплексу Ventus буда створена точна модель будівлі та прокладені шляхи потоків повітря на кожному з поверхів. Після проведення моделювання отримано модель, на якій зображені всі шляхи потоку повітря та кінцевий результат в Excel-таблиці. Маркери, які з'являються на моделі, вказують не лише напрямком, але й інтенсивність потоків, що дозволяє візуально оцінити їхню ефективність і зони з можливими проблемами. Моделювання дає змогу побачити, де повітряні потоки можуть бути недостатніми або надто сильними, що впливає на комфорт і безпеку в будівлі. Таблиця в Excel містить детальні дані щодо площ перетину потоків, що дозволяє більш точно оцінити параметри кожної вентиляційної системи на кожному з поверхів. Це забезпечує зручність у подальшому аналізі та коригуванні системи димовидалення, оскільки дані про шляхи руху диму можна використовувати для оптимізації проекту, виявлення зон, де можлива недостатня ефективність димовидалення. Такий підхід значно спрощує процес налаштування та вдосконалення системи димовидалення, адже всі ключові параметри, такі як швидкість поширення диму, напрямок його руху та розміри каналів, подаються в структурованій формі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Baalisampang, T., Abbassi, R., Garaniya, V., Khan, F., & Dadashzadeh, M. (2017). Fire impact assessment in FLNG processing facilities using Computational Fluid Dynamics (CFD). *Fire Safety Journal*, 92, 42-52.
2. Baalisampang, T., Saliba, E., Salehi, F., Garaniya, V., & Chen, L. (2021). Optimisation of smoke extraction system in fire scenarios using CFD modelling. *Process Safety and Environmental Protection*, 149, 508-517.

3. Samir, A., Abdelsamie, A., & Sadek, H. (2021). Numerical Investigation of Smoke Extraction Methods in Large Storage Areas: Design Modifications. *Engineering Research Journal*, 169, 235-265.
4. Abdel Aziz, S., Ismail, M., & Sadek, H. (2023). An Investigation of the Factors Affecting the Mechanical Smoke Extraction System for A Building with an Atrium. *Engineering Research Journal*, 177, 130-144.
5. Chan-sol Ahn, Doo-Young Kim, Chanwoo Park, Min-Woo Kim (2020). Experimental and numerical study of smoke behavior in high-rise stairwells with open and closed windows. URL: https://www.researchgate.net/publication/342219095_Experimental_and_numerical_study_of_smoke_behavior_in_high-rise_stairwells_with_open_and_closed_windows
6. Ankit Sharma, Kirti Bhushan Mishra (2023). A Numerical Case Study on Optimizing the Smoke Extraction Fans in a Model High-Rise Building Fire: Emerging Trends in Mechanical and Industrial Engineering (pp. 405-417). URL: https://www.researchgate.net/publication/366779819_A_Numerical_Case_Study_on_Optimizing_the_Smoke_Extraction_Fans_in_a_Model_High-Rise_Building_Fire
7. Ankit Sharma, Kirti Bhushan Mishra (2019). Numerical Studies on Different Stairwell Smoke Extraction Techniques in a High-Rise Building. URL: https://www.researchgate.net/publication/332800838_Numerical_Studies_on_Different_Stairwell_Smoke_Extraction_Techniques_in_a_High-Rise_Building
8. Khandoker, M. A. R., Mou, R. J., Muntaha, M. A., & Rahman, M. A. (2018, July). Numerical simulation of fire in a multistoried ready-made garments factory using PyroSim. In AIP conference proceedings (Vol. 1980, No. 1). AIP Publishing.
9. Amale, A., Sunheriya, N., Giri, J., Chadge, R., Mahakalkar, S., Lande, P., & Dapkeg, A. (2024). Numerical investigations for smoke movement in industrial shed with C shaped collection channel. In Recent Advances in Material, Manufacturing, and Machine Learning (pp. 816-826). CRC Press.
10. Wojciech, W., & Grzegorz, K. (2017). Combined wind engineering, smoke flow and evacuation analysis for a design of a natural smoke and heat ventilation system. *Procedia Engineering*, 172, 1243-1251.
11. Suyambazhahan, S., Al-Mufadi, F., & SALaboodi, A. (2018). Numerical Investigation of Fire inside the compartment with the effect of Ventilation. *International Journal of Engineering Science Invention*, 7 (10) 17-28.
12. Sungryong Bae, Gwon Hyun Ko, Chang Wook Lee, Hong Sun Ryou (2013). A network-based smoke control program with consideration of energy transfer in ultra-high-rise buildings, CAU_ESCAP. URL: https://www.researchgate.net/publication/257778915_A_network-based_smoke_control_program_with_consideration_of_energy_transfer_in_ultra-high-rise_buildings_CAU_ESCAP
13. Chae-Hyun Lim, Bum-Gyu Kim, Yong-Hwan Park (2009). The Performance Evaluation of Natural Smoke Ventilators Due to Stack Effect and Wind Velocities in High-rise Buildings. URL: https://www.researchgate.net/publication/263997902_The_Performance_Evaluation_of_Natural_Smoke_Ventilators_Due_to_Stack_Effect_and_Wind_Velocities_in_High-rise_Buildings
14. Kunhua Xiao (2020). Study of Smoke prevention and Exhaust System for High-rise Buildings. URL: https://www.researchgate.net/publication/347827174_Study_of_Smoke_prevention_and_Exhaust_System_for_High-rise_Buildings

15. Курс з використання VENTUS. URL: <https://training.thunderheadeng.com/courses/ventus-fundamentals>.

REFERENCES

1. Baalisampang, T., Abbassi, R., Garaniya, V., Khan, F., & Dadashzadeh, M. Fire impact assessment in FLNG processing facilities using Computational Fluid Dynamics (CFD). *Fire Safety Journal*. 2017. Vol. 92. P. 42-52.
2. Baalisampang, T., Saliba, E., Salehi, F., Garaniya, V., & Chen, L. Optimisation of smoke extraction system in fire scenarios using CFD modelling. *Process Safety and Environmental Protection*. 2021. Vol. 149. P. 508-517.
3. Samir, A., Abdelsamie, A., & Sadek, H. Numerical Investigation of Smoke Extraction Methods in Large Storage Areas: Design Modifications. *Engineering Research Journal*. 2021. Vol. 169. P. 235-265.
4. Abdel Aziz, S., Ismail, M., & Sadek, H. An Investigation of the Factors Affecting the Mechanical Smoke Extraction System for A Building with an Atrium. *Engineering Research Journal*. 2023. Vol. 177. P. 130-144.
5. Chan-sol Ahn, Doo-Young Kim, Chanwoo Park, Min-Woo Kim. Experimental and numerical study of smoke behavior in high-rise stairwells with open and closed windows. 2020. https://www.researchgate.net/publication/342219095_Experimental_and_numerical_study_of_smoke_behavior_in_high-rise_stairwells_with_open_and_closed_windows
6. Ankit Sharma, Kirti Bhushan Mishra (). A Numerical Case Study on Optimizing the Smoke Extraction Fans in a Model High-Rise Building Fire: Emerging Trends in Mechanical and Industrial Engineering. 2023. P. 405-417. https://www.researchgate.net/publication/366779819_A_Numerical_Case_Study_on_Optimizing_the_Smoke_Extraction_Fans_in_a_Model_High-Rise_Building_Fire
7. Ankit Sharma, Kirti Bhushan Mishra. Numerical Studies on Different Stairwell Smoke Extraction Techniques in a High-Rise Building. 2019. https://www.researchgate.net/publication/332800838_Numerical_Studies_on_Different_Stairwell_Smoke_Extraction_Techniques_in_a_High-Rise_Building
8. Khandoker, M. A. R., Mou, R. J., Muntaha, M. A., & Rahman, M. A. Numerical simulation of fire in a multistoried ready-made garments factory using PyroSim. In *AIP conference proceedings*. 2018. Vol. 1980. No. 1. AIP Publishing.
9. Amale, A., Sunheriya, N., Giri, J., Chadge, R., Mahakalkar, S., Lande, P., & Dapkeg, A. Numerical investigations for smoke movement in industrial shed with C shaped collection channel. In *Recent Advances in Material, Manufacturing, and Machine Learning*. 2024. P. 816-826.
10. Wojciech, W., & Grzegorz, K. Combined wind engineering, smoke flow and evacuation analysis for a design of a natural smoke and heat ventilation system. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 172. P. 1243-1251.
11. Suyambazhahan, S., Al-Mufadi, F., & SALaboodi, A. Numerical Investigation of Fire inside the compartment with the effect of Ventilation. *International Journal of Engineering Science Invention*. 2018. Vol. 7, Iss. 10. P. 17-28.
12. Sungryong Bae, Gwon Hyun Ko, Chang Wook Lee, Hong Sun Ryou. A network-based smoke control program with consideration of energy transfer in ultra-high-rise buildings, CAU_ESCAP. 2013. https://www.researchgate.net/publication/257778915_A_network-based_smoke_control_program_with_consideration_of_energy_transfer_in_ultra-high-rise_buildings_CAU_ESCAP

13. Chae-Hyun Lim, Bum-Gyu Kim, Yong-Hwan Park. The Performance Evaluation of Natural Smoke Ventilators Due to Stack Effect and Wind Velocities in High-rise Buildings. 2009. URL: https://www.researchgate.net/publication/263997902_The_Performance_Evaluation_of_Natural_Smoke_Ventilators_Due_to_Stack_Effect_and_Wind_Velocities_in_High-rise_Buildings

14. Kunhua Xiao. Study of Smoke prevention and Exhaust System for High-rise Buildings. 2020. https://www.researchgate.net/publication/347827174_Study_of_Smoke_prevention_and_Exhaust_System_for_High-rise_Buildings

15. Course in use VENTUS. <https://training.thunderheadeng.com/courses/ventus-fundamentals>.

Yurii OTROSH¹, Doctor of Technical Sciences, Professor (ORCID: 0000-0003-0698-2888)

Nina RASHKEVYCH¹, PhD (ORCID: 0000-0001-5124-6068)

Andrii KOVALOV², Doctor of Technical Sciences (ORCID: 0000-0002-6525-7558),

¹National University of Civil Defence of Ukraine

²Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of National University of Civil Defence of Ukraine

CALCULATION OF SMOKE EXHAUST SYSTEM ELEMENTS IN VENTUS PC

In the article, the authors analyzed the capabilities of the Ventus software complex for modeling smoke removal in buildings of different conventional heights.

The authors conducted an analysis of modern methods and approaches to the calculation of smoke removal systems. This made it possible to identify the advantages and relevance of issues of improving fire safety due to effective smoke removal. Special attention was paid to the use of computer programs for modeling the aerodynamic properties of air flows in rooms of various types and their influence on the functioning of smoke removal systems. The software product Fire Dynamics Simulator (FDS) has become widely used.

The authors modeled the artificial smoke removal system for a real object using the Ventus software complex. A 10-story building with 8 apartments per floor, 2 elevator shafts and stairs was chosen as an example of air flow path calculation. After the simulation, a model was obtained, which shows all the air flow paths, and the final result in an Excel table with the calculated areas of all the air flow paths. This made it possible to assess the accuracy of forecasts regarding the distribution of smoke flows, their speed and directions in real conditions. The obtained results confirmed that Ventus is an effective tool for modeling and optimizing smoke extraction systems, which ensures the accuracy of calculations and improves the safety of residents during a fire.

Key words: fire safety, air flow paths, smoke extraction system, 3D model, PC Ventus.