



ДСНС України
ІНСТИТУТ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ ТА НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
З ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ
(ІДУ НД ЦЗ)

вул. Вишгородська, 21, м. Київ, 04074, тел. (044) 430-82-17, факс (044) 430-91-91
<https://idundcz.dsns.gov.ua> ЄДРПОУ 43533709 idundcz@dsns.gov.ua

№ _____ На № _____ від _____

ТОВ «БУДФОНДІНВЕСТ»

вул. Міжгірська, буд. 8 В
м. Перемишляни, 81200
Львівська обл.

Про направлення звіту

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту направляє концепцію протипожежного захисту для об'єкту «Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціально-побутового призначення» за адресою: пров. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (ІІ черга). Після підписання один екземпляр акту здавання-приймання виконаних робіт просимо надіслати на адресу ІДУ НД ЦЗ.

- Додатки:
1. Концепція протипожежного захисту для об'єкту: «Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціально-побутового призначення» за адресою: пров. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (ІІ черга) на 147 арк. в 1 прим.;
 2. Акт здавання-приймання виконаних робіт на 1 арк. в 2 прим.

Перший заступник
начальника Інституту

Валерій БОРИС

Ярослав Балло (044) 2545028

СЕД АСКОД
ІДУ НД ЦЗ
№ 94-2432/94 17 від 22.11.2023
Підписувач Борис Валерій Павлович
Сертифікат 3FAA9288358EC00304000000B259360028A5B600
Дійсний з 12.04.2023 0:00:00 по 11.04.2025 23:59:59



УДК 614.841.1

Додаток
до листа ІДУ НД ЦЗ
від 22.11.2023 № 94-2432/94

КОНЦЕПЦІЯ

забезпечення протипожежного захисту будівництва житлового комплексу з
об'єктами соціально-побутового призначення за адресою: пров.
Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м.
Києва. 2 черга будівництва. Коригування проекту

Організація-розробник: Інститут державного управління та наукових
досліджень з цивільного захисту

Київ 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. Загальні положення.....	3
2. Планування території.....	4
3. Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення.....	5
4. Інженерне забезпечення.....	9
4.1. Загальні вимоги.....	9
4.2. Протипожежне водопостачання для внутрішнього та зовнішнього пожежогасіння.....	10
4.3. Пожежна автоматика.....	12
4.3.1. Загальні вимоги.....	12
4.3.2. Система пожежної сигналізації (СПС).....	12
4.3.3. Автоматична система пожежогасіння.....	13
4.4. Вентиляція та протидимний захист.....	14
4.5. Система оповіщення про пожежу та керування евакуацією людей.....	15
4.6. Електропостачання.....	15
4.7. Аварійне освітлення.....	16
4.8. Ліфти.....	17
5. Організаційно-технічні заходи.....	17
ДОДАТОК А Розрахунок часу настання гранично допустимого для людини значення небезпечних чинників пожежі, оцінка рівня пожежної безпеки людей та індивідуального пожежного ризику та розрахункового часу евакуації людей з приміщень об'єкту.....	19
ДОДАТОК Б Розрахунки перевірки схеми розміщення пожежних машин для проведення рятувальних робіт під час пожежі об'єкта будівництва: «Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціально-побутового призначення за адресою: пров. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга)».....	67
ДОДАТОК В Розрахунок з обґрунтування допустимого зменшення протипожежної відстані від житлового будинку за адресою: провул. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга Коригування)» до суміжної багатопаливної автозаправної станції.....	80
ДОДАТОК Г Оцінка класу вогнестійкості залізобетонної плити перекриття.....	121
ДОДАТОК Д Таблиця щодо відхилень від державних будівельних норм з відповідними компенсаційними заходами у проекті: «Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціально-побутового призначення за адресою: провул. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга Коригування)».....	138
Список літератури.....	145

Вступ

Житловий комплекс з об'єктами соціально-побутового призначення (далі – Комплекс) розташований за адресою: пров. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва.

Призначення поверхів Комплексу наступне:

- підземний поверх (-5.550) – гараж та технічні приміщення;
- підземний поверх (-2.500) – підсобні, технічні та нежитлові приміщення;
- 1 поверх – нежитлові приміщення, вхідна група житлового будинку;
- 2-28 поверхи – квартири.

Умовна висота Комплексу становить 82,22 м.

Під час проектування Комплексу слід дотримуватися таких вимог пожежної безпеки: збереження несучої здатності конструкції протягом визначеного часу, обмеження поширення вогню та продуктів горіння в Комплексі, а також на сусідні будинки та споруди і прилеглі території, забезпечення евакуації людей із Комплексу або їх рятування, забезпечення безпеки пожежно-рятувальних підрозділів під час виконання рятувальних робіт та робіт пов'язаних з ліквідацією надзвичайної ситуації (пожежі).

1. Загальні положення

1.1. Під час проектування Комплексу необхідно враховувати небезпечні чинники, викликані надзвичайною ситуацією, у т.ч. пожежею.

1.2. В складі проектної документації має бути розрахунок часу від початку пожежі до блокування шляхів евакуації в результаті поширення на них небезпечних чинників пожежі (необхідний час евакуації), часу евакуації людей з кожного поверху та оцінка індивідуального пожежного ризику (Додаток А), актуальні схеми розміщення пожежних машин для проведення рятувальних робіт під час пожежі об'єкта будівництва (Додаток Б), розрахунки протипожежних відстаней від вибухонебезпечних пристроїв АЗС до стін житлового будинку (Додаток В).

2. Планування території

2.1. Відстань від Комплексу до найближчого пожежного депо по дорогам загального користування повинна становити не більше 3 км або час прибуття пожежно-рятувальних підрозділів не повинен перевищувати 10 хвилин.

У разі перевищення зазначеної відстані або часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів слід виконати такі заходи:

- на об'єкті створюється добровільна пожежна охорони у вигляді пожежної дружини у складі не менше трьох осіб;

- на об'єкті створюється пожежний пост, який комплектується: колонками для забезпечення підключення до пожежних гідрантів, пожежними рукавами діаметром 77 мм для прокладання магістральних ліній в кількості 10 шт, пожежними рукавами діаметром 51 мм для прокладання робочих ліній в кількості 20 шт розгалужень 2 шт; стволів пожежних «протекс» з витратою води не менше 5 л/с в кількості 5 шт.

2.2. Під час проектування проїздів та пішохідних шляхів слід передбачати можливість під'їзду пожежних машин до зовнішніх стін Комплексу. Проїзди повинні бути заасфальтовані шириною не менше 8 м на відстані від 9 до 11 м від зовнішніх стін Комплексу. Повинен бути забезпечений доступ пожежних підрозділів (із пожежних автодрабин, автопідйомників та ін.) в кожну квартиру. Нахил проїздів в місцях можливого встановлення колінчатого підйомника або автодрабини повинен бути не більше ніж 6°. Радіуси поворотів проїзду для пожежних автодрабин повинні бути не менше ніж 16 м по зовнішньому колесу автомобіля.

При неможливості влаштування проїздів для пожежних машин в складі проекту слід розробляти схеми доступу пожежно-рятувальних підрозділів в кожну квартиру.

2.3. Конструкцію дорожнього покриття пожежного проїзду слід проектувати з урахуванням на розрахункове навантаження від автодрабини або автопідйомника: не менше 15 т на вісь, загальна маса – 53 т, тиск виносної опори – 13,9 кг/см².

2.4. Проїзди для пожежних машин не повинні використовуватись для стоянки автотранспорту. Повинні бути передбачені під'їзди до основних

евакуаційних виходів із Комплексу, до виходів, які ведуть до пожежних ліфтів, до пожежних гідрантів.

Місця під'їзду пожежних машин до Комплексу відмічаються маркуванням (за рахунок фарбування ліній меж проїзду в червоний колір стійкою світло відбивною фарбою). На таких проїздах повинен бути встановлений дорожній знак «Стоянка заборонена» із табличкою до дорожнього знаку «Крім спеціальних автомобілів».

2.5. Відстані між Комплексом та прилеглими до нього будинками (спорудами) слід приймати за ДБН Б.2.2-12:2019.

У разі неможливості дотримання мінімальних протипожежних відстаней від Комплексу до сусідніх будівель, споруд та технологічного обладнання (АЗС «КЛО») слід виконати такі компенсаційні заходи:

- між житловим будинком та АЗС встановлюється протипожежна стіна з класом вогнестійкості REI 180, висотою 4 м;

- у на фасаді житлового будинку, що звернутий до АЗС на межі 7 та 8 поверхів влаштовується сухотрубна система водяного екранування з дренчерними зрошувачами з направляючою лопаткою для подачі води у формі плоскої завіси. Відстань між зрошувачами складає від 1,5 м до 2 м. Витрата води одного зрошувача становить не менше 1,8 л/с. В дренчерній системі влаштовуються два виведених назовні пожежних патрубків із з'єднувальними головками діаметром 80 мм (позначка землі від рівня проїзду в межах 0,5 м - 1,0 м) для приєднання рукавів та подачі води від пересувної протипожежної техніки. Патрубки виводяться назовні на відстані не більше ніж 100 м від пожежних гідрантів так, щоб забезпечувалась можливість під'їзду та підключення протипожежної техніки.

- забезпечення безпеки людей підтверджується розрахунком мінімальних протипожежних відстаней (Додаток В).

3. Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення

3.1. В Комплексі слід передбачати приміщення для центрального пункту управління системами протипожежного захисту (далі – ЦПУСПЗ). ЦПУСПЗ слід проектувати впритул до зовнішньої стіни з природним освітленням і виходом безпосередньо назовні. Як правило таке приміщення розташовується на першому поверсі.

ЦПУСПЗ слід виділяти від інших приміщень перегородками з межею вогнестійкості не менше EI 60. Заповнення прорізів в таких перегородках передбачити протипожежними дверима та вікнами 2-го типу (вогнестійкістю EI 30).

3.2. У зв'язку з тим, що умовна висота житлового будинку перевищує 73,5 м його проектування необхідно здійснювати відповідно до вимог ДБН В.2.2-41:2019. У разі неможливості виконання вимог ДБН В.2.2-41:2019, проектування житлового будинку можливо здійснювати згідно з ДБН В.2.2-15:2019, при виконанні цієї концепції та наступних вимог:

- на відмітці +72.300 влаштовується протипожежне перекриття з класом вогнестійкості REI 150. На всіх інших відмітках влаштовуються перекриття з класом вогнестійкості REI 150;

- відокремлення коридорів від суміжних приміщень (квартир, ліфтових холів тощо) протипожежними перешкодами з класу вогнестійкості REI (EI) 150 із заповненням прорізів п/п дверима (люками) EI 60;

- розділення сходових кліток на відмітках +72,300, +45,300, +24,300 протипожежними перегородками з класом вогнестійкості EI90 заповнених прорізами протипожежними дверима з класом вогнестійкості EI60;

- до ліфтового холу в осях 8/(В-Б/В) на відмітках +72,300; +78,300; +81,300, +69,300 влаштовується підпір повітря;

- передбачено влаштування в окремому протипожежному відсіку на відмітках +72,300; +78,300; +81,300 окремі системи протипожежного захисту (система пожежної сигналізації; система оповіщення про пожежу СО-5; автоматизація систем протипожежного захисту) з врахуванням дотриманням вимог ієрархічності. Крім того всі інші поверхи забезпечити системою оповіщення про пожежу 2-го типу;

- над входами в квартири на відмітках +72,300; +78,300; +81,300 встановлюються спринклери, які підключаються до системи внутрішнього протипожежного водопроводу. На кожному поверсі встановлюються сигналізатори потоку рідини для інформування спрацювання системи;

- проводиться розрахунок часу від початку пожежі до блокування шляхів евакуації в результаті поширення на них небезпечних чинників пожежі (необхідний час евакуації), часу евакуації людей з кожного поверху та проведено оцінку індивідуального пожежного ризику. За результатами

розрахунку встановлено, що час евакуації людей з приміщень менший за час настання небезпечних чинників пожежі. Оцінкою індивідуального пожежного ризику визначено, що його значення становить $0,0552 \cdot 10^{-6}$, що не перевищує необхідне 10^{-5} . Класи вогнестійкості будівельних конструкцій повинні бути підтверджені результатами вогневих випробувань або розрахунковим методом (Додаток Г).

3.3. Технічні приміщення у підземному гаражі виділити протипожежними стінами або перегородками з межею вогнестійкості не менше ніж REI 45, EI 45 відповідно.

Виходи з технічних приміщень слід передбачати на ізольовані рампи, безпосередньо назовні або до протипожежних тамбур-шлюзів сходових кліток типу Н4.

3.4. Вбудовані приміщення нежитлового призначення повинні відділятися від житлової частини Комплексу протипожежними стінами 1-го типу (REI 150) та/або протипожежними перекриттями 1-го типу (REI 150) в окремий протипожежний відсік.

3.5. Евакуацію людей слід передбачити не менше ніж по двом незадимлюваним сходовим кліткам, одна з яких має бути типу Н1.

Площа вікон у зовнішніх стінах сходових кліток типу Н1 повинна бути не менше 1,2 кв.м. Такі вікна слід передбачати на кожному поверсі будинку. Вікна слід обладнувати пристроями для їх відчинення з рівня сходових площадок, маршів.

У разі неможливості виконання таких вікон слід виконати наступне:

- сходові клітки по висоті на відмітках +72,300, +45,300, +24,300 поділити на частини протипожежними перегородками з класом вогнестійкості EI90 із заповненням прорізів протипожежними дверима з класом вогнестійкості EI60.
- входи до незадимлюваних сходових кліток типу Н1 з відкритого назовні переходу влаштувати через протипожежні двері з класом вогнестійкості EI 15

3.6. Вхід до сходової клітки в осях (6-8)/(Б-Б/В) на відм. -5.550 та -2.500 слід передбачати через протипожежний тамбур-шлюз 1-го типу з підпором повітря під час пожежі.

3.7. З незадимлюваних сходових кліток типу Н1 та Н4 Комплексу слід влаштовувати виходи на покриття по сходових маршах через протипожежні

двері 1-го типу. Двері мають передбачатися з кодовим замком, що відкривається у разі спрацювання системи пожежної сигналізації.

Сигнал про стан дверей (відкриті або закриті) виводити до ЦПУСПЗ.

3.8. Забороняється сполучення підземних і наземних поверхів за допомогою сходових кліток та ліфтів (крім пожежних ліфтів).

За допомогою ліфтів дозволяється сполучення підземних поверхів тільки з першим поверхом Комплексу.

3.9. У місцях перетинання інженерними комунікаціями Комплексу протипожежних перешкод та конструкцій з нормованими межами вогнестійкості слід застосовувати спеціальні ущільнювальні діафрагми, що запобігають поширенню вогню та забезпечують нормовану межу вогнестійкості конструкції.

3.10. Каркаси підвісних стель слід виконувати із негорючих матеріалів.

3.11. Для теплоізоляції зовнішніх стін Комплексу слід застосовувати негорючі матеріали.

3.12. Звукоізоляцію приміщень, а також теплоізоляцію устаткування і комунікацій Комплексу передбачати з негорючих матеріалів.

3.13. Магістральні трубопроводи та стояки (водопровід, каналізація, водостік, опалення, сміттєпровід) передбачати з негорючих матеріалів.

3.14. Під час проектування місць для зарядки електромобілів слід враховувати вимоги ДСТУ 9222:2023 *Пожежна безпека. Протипожежний захист систем зарядки електромобілів. Основні положення*, зокрема щодо: відстаней від машиномісця для зарядки електромобіля та інших машиномісць (як для електромобілів так і для автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння); відстаней від електроавтомобіля та зарядного пристрою тощо.

3.15. Ширину маршів і площадок евакуаційних сходових кліток передбачати не менше ніж 1,35 м. Зазор між маршами незадимлюваних евакуаційних сходових кліток типу Н4 передбачити не менше ніж 100 мм (у світлі).

У разі неможливості дотримання мінімальної ширини маршу сходових кліток забезпечення безпеки людей слід підтвердити розрахунком індивідуального пожежного ризику.

3.16. Ширина коридорів, що ведуть до сходових кліток повинна бути не менше 1,8 м. У разі неможливості виконання зазначених вимог на кожному

поверсі передбачити влаштування пожежобезпечної зони (протипожежний тамбур-шлюз пожежного ліфта) де особи, які не змогли самостійно евакуюватися, чекають на порятунок.

3.17. Для оздоблення стель, стін, покриття підлоги на шляхах евакуації, у ліфтових холах, технічних поверхах передбачити застосування негорючих матеріалів.

3.18. Поверхневий шар покрівлі висотної будівлі повинен виготовлятися з негорючих матеріалів. У разі влаштування горючого гідроізоляційного килиму він повинен бути закритий зверху та знизу негорючим матеріалом завтовшки не менше 50 мм.

4. Інженерне забезпечення

4.1. Загальні вимоги

4.1.1. Комплекс інженерного забезпечення повинен включати такі системи:

- протипожежне водопостачання для внутрішнього та зовнішнього пожежогасіння;
- система пожежної сигналізації;
- система пожежогасіння;
- насосну станцію системи пожежогасіння;
- протидимний захист;
- аварійне освітлення;
- оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей;
- електрообладнання;
- ліфти в тому числі пожежні ліфти;
- блискавкозахист і захисне заземлення;
- диспетчеризацію і управління інженерним устаткуванням, включаючи протипожежне.

4.1.2. Передбачити розміщення приймально-контрольних приладів системи пожежної сигналізації, сигнальних приладів системи автоматичного пожежогасіння, обладнання систем дистанційного управління ліфтами, евакуаційним освітленням, систем протидимного захисту, насосів підвищувачів тиску у системі внутрішнього протипожежного водопроводу, внутрішньої телефонізації, а також приладів, які інформують про стан вентиляційних

установок, вогнезатримуючих клапанів, протипожежних дверей (воріт) та інженерних систем Комплексу, які змінюють свої режими роботи під час пожежі, в єдиному приміщенні ЦПУСПЗ.

4.1.3. Систему автоматизації і диспетчеризації інженерного устаткування рекомендується виконувати єдиною для всього Комплексу. Керування цією системою слід здійснювати з приміщення ЦПУСПЗ. При цьому, центральний пульт управління системою протипожежного захисту не допускається об'єднувати з диспетчерською інженерних служб Комплексу відносно сумісництва виконання функцій персоналом, що здійснює цілодобове чергування.

4.2. Протипожежний водопровід для внутрішнього та зовнішнього пожежогасіння

4.2.1. Для Комплексу необхідно передбачити внутрішній протипожежний водопровід з витратами води не менше ніж у 2 струменів по 2,5 л/с. Підземний гараж слід забезпечити витратами води не менше ніж у 2 струменя по 2,5 л/с. При цьому, для підземного гаража з машиномісцями для зарядки електромобілів витрату води слід збільшити в 1,2 рази відповідно до ДСТУ 9222.

Внутрішній протипожежний водопровід повинен забезпечувати гасіння пожежі, протягом не менше ніж 150 хвилин.

4.2.2. Пожежні крани (пожежні кран-комплекти) необхідно комплектувати ручними перекривними пожежними стволами діаметром не менше ніж 13 мм з можливістю зміни кута розпилу від компактного струменя до розпиленого та рукавом довжиною не менше за 20 м.

4.2.3. Пожежні крани повинні розміщуватись у вбудованих або навісних шафах, які обов'язково повинні мати отвори для провітрювання і бути опломбованими. Шафи повинні забезпечувати їх візуальний огляд без розкриття.

Конструкція шафи пожежного крана повинна передбачати окрім розміщення в ній пожежного крана діаметром 50 мм або 65 мм і напірного пожежного рукава довжиною 20 м відповідного діаметра, також розміщення як первинного засобу пожежогасіння пожежного кран-комплекту з напівжорстким рукавом діаметром не менше 25 мм, виконаного відповідно до ДСТУ EN 671-1,

що приєднаний до пожежного стояка через вхідний запірний вентиль та двох вогнегасників.

4.2.4. Сигнали на запускання пожежних насосів, відкриття засувки на обвідній лінії водомірного вузла повинні надходити від кнопок, які встановлені в шафах пожежних кранів, та автоматично від датчиків положення запірних вентилів пожежних кранів та кран-комплектів (у разі відкриття наполовину будь-якого запірного вентиля). Також в шафах пожежних кранів слід передбачати кнопки дистанційного відкриття поверхових клапанів димовидалення та підпору повітря і включення вентиляторів протидимного захисту.

Зовнішнє оформлення дверей пожежних шаф повинно відповідати вимогам ДСТУ EN ISO 7010.

4.2.5. Для підключення внутрішнього протипожежного водопроводу і автоматичних установок пожежогасіння до пересувної пожежної техніки ззовні Центру слід передбачати встановлення двох патрубків від кожної зони протипожежного водопроводу Комплексу із з'єднувальними голівками діаметром 80 мм. Регулювання подачі вогнегасної речовини до системи слід забезпечувати встановленням засувок та зворотних клапанів, які встановлені в середині Комплексу. З'єднувальні голівки, які виведені назовні Комплексу, повинні розташовуватись в місцях зручних для під'їзду пожежних автомобілів та обладнані світловими покажчиками і піктограмами.

4.2.6. Витрати води на зовнішнє пожежогасіння слід приймати не менше 35 л/с. Пожежні гідранти слід розташовувати по периметру Комплексу.

4.2.7. Кількість пожежних гідрантів на зовнішньому протипожежному водопроводі приймаються за ДБН В.2.5-74.

Місця розташування пожежних гідрантів позначаються шляхом встановлення світлових покажчиків пожежних гідрантів згідно з ПШБУ.

Пожежні гідранти слід передбачати вздовж автомобільних доріг на відстані не більше за 2,5 м від краю проїзної частини, але не ближче за 5 м до стін будинків.

4.2.8. Матеріал протипожежного водопроводу для внутрішнього і зовнішнього пожежогасіння має відповідати вимогам ДБН В.2.5-64 та ДБН В.2.5-74.

4.2.9. У кожній квартирі повинен передбачатись пожежний кран-комплект, що розташовується у шафі відповідно до ДСТУ 4401-1, ДСТУ EN 671-1, приєднаний до мережі господарсько-питного водопроводу будівлі та обладнаний катушкою з пожежним рукавом завдовжки не менше 15 м, діаметром 19 мм (або 25 мм, 33 мм) із розпилювачем, що забезпечує можливість подання води у будь-яку точку квартири з урахуванням струменя води 3 м.

4.3. Пожежна автоматика

4.3.1. Загальні вимоги

4.3.1.1. Проектування та монтаж системи автоматичного пожежогасіння та системи пожежної сигналізації слід виконувати згідно з ДБН В.2.5-56.

4.3.1.2. Сигнали від приймально-контрольних приладів системи автоматичного пожежогасіння та системи пожежної сигналізації слід виводити на пульт централізованого пожежного спостереження.

4.3.2. Система пожежної сигналізації (СПС)

4.3.2.1. В обладнанню СПС, підлягають усі приміщення, у тому числі квартири (крім санітарно-гігієнічних приміщень), вбудовані нежитлові приміщення, адміністративні приміщення та офіси, коридори, ліфтові холи, фойє, вестибюлі, технічні приміщення, гараж тощо.

4.3.2.2. Біля евакуаційних виходів з поверхів або виходів з приміщень назовні встановлюються ручні пожежні сповіщувачі.

4.3.2.3. СПС повинна мати ієрархічну структуру і забезпечувати роботу блоків в автономному режимі.

В СПС можуть застосовуватися сповіщувачі пожежні димові, сповіщувачі пожежні теплові, сповіщувачі пожежні комбіновані, сповіщувачі пожежні ручні. За підвісними стелями встановлюються димові сповіщувачі з виносною світловою індикацією. Між ПКП та сповіщувачами повинен бути забезпечений постійний двосторонній обмін інформації.

4.3.2.4. Проектування СПС має здійснюватись з урахуванням ДБН В.2.5-56, ДСТУ EN 54-14 та інших нормативних документів.

4.3.2.5. Забороняється при використанні кільцевих ліній передачі даних та шлейфів сигналізації прокладати відвідні та підвідні кабелі через ті самі приміщення (окрім коридорів житлових будівель) та в одних і тих же стояках.

4.3.3. Автоматична система пожежогасіння

4.3.3.1. Підземний гараж, усі вбудовані і прибудовані громадські та інші нежитлові приміщення (автостоянки, допоміжні, технічні, сміттєзбірні, стовбур сміттєпроводу тощо) слід обладнати автоматичною спринклерною системою водяного пожежогасіння.

4.3.3.2. Проектом передбачити приміщення насосних станцій, в яких слід розмістити насоси, вузли керування системи пожежогасіння, ємкостей для води.

Приміщення насосних станцій слід улаштувати з безпосереднім виходом до сходової клітки або назовні та відділити від приміщень іншого призначення протипожежними перегородками вогнестійкістю EI 90.

Температура повітря у приміщенні насосної станції повинна бути не нижче за
5⁰С.

Станції повинні бути обладнані телефонним зв'язком.

Біля входу в насосну станцію слід встановити табло з написом "Насосна станція пожежогасіння".

4.3.3.3. Для потреб пожежогасіння передбачити не менше ніж два насоси (основний та резервний). Інтенсивність зрошення для спринклерного пожежогасіння, розрахункову нормативну площу для визначення витрат води та час гасіння пожежі слід обирати відповідно до ДСТУ EN 12845.

4.3.3.4. Витрати води на систему автоматичного пожежогасіння слід передбачити від зовнішнього протипожежного водопроводу. Якщо зовнішній протипожежний водопровід не в змозі забезпечити необхідну кількість води слід передбачити протипожежні резервуари (не менше двох). Під час розрахунку необхідного об'єму протипожежного резервуара допускається враховувати його гарантоване поповнення від зовнішнього протипожежного водопроводу.

4.4. Вентиляція та протидимний захист

4.4.1. Систему вентиляції та протидимного захисту Комплексу слід проектувати з урахуванням вимог ДБН В.2.5-56 та чинних національних стандартів.

4.4.2. Системи вентиляції та протидимного захисту для підземного гаража, вбудованих нежитлових приміщень та житлової частини Комплексу повинні бути окремими.

4.4.3. Транзитні повітроводи та колектори систем вентиляції будь-якого призначення в межах протипожежного відсіку, який обслуговується цими системами, допускається проектувати:

а) з класом вогнестійкості не менше EI 15, виконаних із негорючих матеріалів за умов прокладання їх у загальних шахтах, що мають огорожувальні конструкції з класом вогнестійкості не менше REI 120, та встановленням протипожежних клапанів у місцях перетинання повітроводами огорожувальних конструкцій цих шахт;

б) з негорючих матеріалів за умов встановлення протипожежних клапанів у місцях перетинання повітроводами кожної огорожувальної конструкції (стін, перегородок, перекриття) з нормованим класом вогнестійкості.

4.4.4. Проектом передбачити обладнання Комплексу примусовою системою протидимного захисту.

4.4.5. До системи протидимного захисту Комплексу слід включати:

- системи димовидалення з позаквартирних коридорів;
- системи димовидалення з підземного гаражу;
- системи підпору повітря в шахти ліфтів;
- системи підпору повітря до протипожежних тамбур-шлюзів та шахти пожежного ліфта;
- системи підпору повітря до незадимлюваної сходової клітки типу Н4 та її протипожежних тамбур-шлюзів.

4.4.6. Видаляння диму примусовою системою димовидалення передбачити через спеціальні шахти з примусовою витяжкою і клапанами, що улаштовуються на кожному поверсі із розрахунку одна шахта на 30 м довжини поверху (коридору).

Для кожної шахти димовидаляння слід передбачати автономний вентилятор.

У разі неможливості виконання зазначених вимог продуктивність системи димовидалення збільшена в 1,2 рази від нормативної продуктивності, яка визначена по чинних стандартах.

4.4.7. У разі виникнення пожежі в Комплексі передбачити автоматичне вимкнення всіх припливно-витяжних систем загально обмінної вентиляції.

4.4.8. Вентилятори протидимного захисту горіння слід розташовувати в окремих приміщеннях, які відокремлені протипожежними перегородками з класом вогнестійкості не менше EI 150.

4.5. Система оповіщення про пожежу та керування евакуацією людей

4.5.1. Комплекс слід обладнувати системою оповіщення про пожежу і керування евакуацією людей 2-го типу.

4.5.2. Система оповіщення людей про пожежу повинна вмикатися з приміщення ЦПУСПЗ та передбачити собою можливість передачі тонованого сигналу, включення світлових покажчиків "Вихід".

4.5.3. Пуск системи оповіщення слід передбачити від двох пожежних сповіщувачів або від одного пожежного сповіщувача та від сигналу про запуск автоматичної системи пожежогасіння.

4.5.4. Проектування системи оповіщення про пожежу і керування евакуацією людей має здійснюватись з урахуванням ДБН В.2.5-56, ДСТУ EN 54-14 та інших нормативних документів.

4.5.5 Передбачити влаштування в окремому протипожежному відсіку на відмітках +72,300; +78,300; +81,300 окремі системи протипожежного захисту (система пожежної сигналізації; система оповіщення про пожежу СО-5; автоматизація систем протипожежного захисту) з врахуванням дотриманням вимог ієрархічності.

4.6. Електропостачання

4.6.1. До електроприймачів I категорії надійності електропостачання відносяться: пожежні ліфти, системи протидимного захисту, автоматичної пожежної сигналізації та пожежогасіння, оповіщення та управління евакуацією, освітлення безпеки та евакуаційного освітлення, систем протипожежного водопроводу, протипожежних пристроїв систем інженерного обладнання,

аварійно-рятувального обладнання вогнів світлового огороження і світломаркування та сигналізації довибухової концентрації газу

Інші електроприймачі – II категорії.

4.6.2. Електроприймачі I категорії надійності слід виконувати від двох незалежних джерел живлення з пристроєм автоматичного включення резерву (АВР).

4.6.3. Електропостачання систем протипожежного захисту слід проектувати від самостійних електрощитів (окремих панелей).

Взаєморезервуючі кабельні лінії живлення систем протипожежного захисту повинні прокладатись в різних комунікаційних шахтах, що мають межу вогнестійкості не менше ніж REI 150 кожна. Прокладання шинопроводів слід передбачити в автономних комунікаційних шахтах з межею вогнестійкості огорожувальних конструкцій такої шахти не менше ніж REI 150.

4.6.4. Кабельні лінії живлення, управління і керування, які мають забезпечувати функціонування в умовах пожежі пожежних ліфтів, систем пожежогасіння, систем підпору повітря, димовидалення і протипожежних насосів, повинні мати межу вогнестійкості згідно з ДСТУ Б В.1.1-11 не менше ніж 90 хв, а установок евакуаційного освітлення, систем оповіщення про пожежу і керування евакуацією людей – не менше розрахункового часу евакуації із Комплексу, але не менше ніж 15 хв. Для евакуаційного освітлення, як альтернативу вогнестійким електричним лініям живлення, допускається використовувати світильники з автономним джерелом живлення (акумуляторними батареями), що працюють протягом розрахункового часу евакуації людей із комплексу, але не менше ніж 15 хв.

4.6.5. Під час проектування Комплексу необхідно використовувати кабелі та проводи з мідними жилами.

4.6.6 Під час проектування Комплексу необхідно передбачити блискавкозахист.

4.7. Аварійне освітлення

4.7.1. В Комплексі передбачати систему евакуаційного освітлення з світловими покажчиками, розташованими у коридорах, сходових клітках та інших шляхах евакуації людей.

4.7.2. Світильники евакуаційного освітлення з автономним джерелом живлення повинні мати конструкцію, яка забезпечує їх надійне функціонування в умовах підвищеної температури, а також мати ресурс роботи акумулятора протягом часу, який необхідний для повної евакуації людей.

4.7.3. В приміщення ЦПУСПЗ передбачити освітлення безпеки.

4.7.4. В приміщеннях підземного гаража передбачити евакуаційне освітлення зі встановленням світлових покажчиків «напрямку руху» через кожні 10 м на висоті 2,5 м від рівня підлоги.

4.8. Ліфти

4.8.1. Усі ліфти повинні бути розраховані на роботу в режимі фаза 1 («Пожежа»).

4.8.2. В Комплексі в житловій частині не менше ніж один ліфт має відповідати вимогам, що встановлені до пожежних ліфтів відповідно до ДСТУ Б В.2.2-38 та ДСТУ EN 72-01.

4.8.3. Доступ пожежних підрозділів до пожежного ліфта, на основному посадочному поверху, слід передбачати з боку під'їзду пожежних машин до Комплексу.

4.8.4. Об'ємно-планувальні рішення Комплексу та конструктивні особливості пожежного ліфта повинні забезпечувати безперешкодне транспортування людини на ношах у горизонтальному положенні.

5. Організаційно-технічні заходи

5.1. Комплекс повинен бути забезпечений первинними засобами пожежогасіння (в тому числі пересувними та переносними вогнегасниками) згідно з вимогами ППБУ. При цьому, розміщення вогнегасників слід передбачити у шафах пожежних кранів. Резервна кількість вогнегасників повинна утримуватись в окремому приміщенні.

5.2. Слід передбачати службу експлуатації систем протипожежного захисту.

5.3. У Комплексі повинно бути визначене коло відповідальних за забезпечення протипожежного стану. Черговий персонал та відповідальні за забезпечення протипожежного стану повинні пройти спеціальне навчання з питань пожежної безпеки. Черговий персонал повинен знати порядок евакуації

з Комплексу у випадку пожежі та не менше одного разу на рік проходити тренування щодо дій на випадок пожежі (організація евакуації, використання вогнегасників тощо).

5.4 На об'єкті створюється добровільна пожежна охорони у вигляді пожежної дружини у складі не менше трьох осіб

Решта інженерних рішень, що приймаються під час проектування Комплексу, повинні відповідати протипожежним вимогам діючих нормативних документів в галузі проектування та будівництва.

Відхилення від державних будівельних норм з відповідними компенсаційними заходами у проекті: «Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціально-побутового призначення за адресою: провул. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга Коригування)» наведено в додатку Д.

ДОДАТОК А

Розрахунок часу настання гранично допустимого для людини значення небезпечних чинників пожежі, оцінка рівня пожежної безпеки людей та індивідуального пожежного ризику та розрахункового часу евакуації людей з приміщень об'єкту «Будівництво житлового комплексу соціально-побутового призначення за адресою: пров. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва. 2 черга будівництва»

1. Методичні підходи до розрахунку часу евакуації людей з будинку за вимогами [1]

1.1. Розрахункова модель розвитку пожежі

Для розрахунку небезпечних факторів пожежі застосований математичний апарат у програмному комплексі Fire Dynamics Simulator (FDS). Використана інтегрована система Pyrosim. Pyrosim - це користувацький інтерфейс для програми FDS. Польова модель FDS може передбачати поширення диму, температури та інших небезпечних факторів під час пожежі. Результати моделювання використовуються для забезпечення безпеки будинків при проектуванні, визначення безпеки існуючих будинків, реконструкції пожеж при розслідуваннях, і допомоги в тренуваннях пожежних. FDS - потужний інструмент для моделювання пожежі, розроблений Національним інститутом стандартів і технологій (National Institute of Standards and Technology - NIST). FDS моделює сценарії пожежі з використанням обчислювальної гідродинаміки (CFD), оптимізованої для низькошвидкісних температурно-залежних потоків. Такий підхід виявляється дуже гнучким, і може бути застосований до різних пожеж, починаючи від горіння в печах і до пожеж на нафтових танкерах. Також за допомогою FDS може бути виконане моделювання, що не включає горіння, наприклад, робота вентиляції в будинках. Описана в цьому звіті комп'ютерна Програма FDS (Fire Dynamics Simulator) реалізує обчислювальну гідродинамічну модель (CFD) тепломасопереносу при горінні. FDS чисельно вирішує рівняння Нав'є-Стокса для низькошвидкісних температурно-залежних потоків, особлива увага приділяється поширенню диму й теплопередачі при пожежі. Smokeview - це спеціальна програма візуалізації, яка застосовується для відображення результатів моделювання FDS.

На сьогоднішній день приблизно половина модулів моделі служить для проектування систем керування димом і вивчення активації спринклерів і детекторів. Інша половина служить для відновлення картини пожежі в житлових і промислових приміщеннях. Основною метою FDS протягом

розвитку цієї системи був розв'язок прикладних завдань пожежної безпеки і у той же час забезпечення засобами для вивчення фундаментальних процесів при пожежі.

Основним алгоритмом є певна схема методу предиктора - коректора другого порядку точності по координатах і часу. Турбулентність виконується за допомогою моделі Смагоринського "Масштабне моделювання вихрів" (LES). Пряме чисельне моделювання (DNS) можна виконувати, якщо закладена в основі розрахункова сітка досить точна. Масштабне моделювання вихрів - режим роботи за умовчанням. У більшості випадків в FDS застосовується одноступінчаста хімічна реакція, результати якої передаються через двохпараметричну модель частки в суміші (mixture fraction model). "Частки в суміші" у даному змісті - це скалярна величина, яка надає масову частку одного або більш компонентів газу в даній крапці потоку. За умованням розраховуються два компоненти суміші: масова частка незгорілого палива й масова частка згорілого палива (тобто продуктів згоряння). Двоступінчаста хімічна реакція із трьохпараметричним розкладанням частки в суміші розкладається на одноступінчасті реакції - окиснення палива до монооксиду вуглецю й окиснення монооксида до діоксиду. Три компоненти в цьому випадку - незгоріле паливо, маса палива, яка завершила перший крок реакції й маса палива, яка завершила другий крок реакції. Масова концентрація всіх основних реагентів і продуктів може бути отримана за допомогою "співвідношення стану".

Також можна використовувати багатокрокову реакцію з кінцевою швидкістю протікання. Променистий теплообмін включений у модель за допомогою розв'язку рівняння переносу випромінювання для сірого газу й, для деяких обмежених випадків, з використанням широкодіапазонної моделі. Рівняння вирішується за допомогою методу, аналогічного методу контрольних об'ємів для конвективного переносу (FVM). При використанні приблизно 100 дискретних кутів обчислення променистого теплообміну займає приблизно 20 % загального часу завантаження центрального процесора, невелика витрата

задана рівнем складності променистого теплообміну. Коефіцієнти поглинання сажею й димом обчислені за допомогою вузькополосної моделі RADCAL. Краплі рідини можуть поглинати й розсіювати теплове випромінювання. Коефіцієнти поглинання й розсіювання засновані на теорії Мі. Геометрія FDS вирішує основні рівняння на прямокутній сітці. Перешкоди зобов'язано бути прямокутними, щоб задовольняти сітці. На всіх твердих поверхнях задаються теплові граничні умови, плюс дані про горючість матеріалу.

Тепло- і масоперенос із поверхні й назад розраховується за допомогою емпіричних співвідношень, хоча при виконанні прямого чисельного Розрахункова модель FDS і програма для візуалізації Smokeview тісно вбудовані в Pyrosim. Pyrosim дозволяє інтерактивно вводити вихідні дані й перевіряти правильність вихідного формату файлу для FDS. Крім того, Pyrosim надає зручні інструменти створення геометрії в 2D і 3D-Режимах, наприклад, діагональні стіни, підкладки для полегшення малювання, угруповання об'єктів, гнучке настроювання відображення, а також копіювання й модифікація об'єктів. Версія Pyrosim, що використана у даній роботі, підтримує версію FDS 6.

1.2 Результати розрахунків критичного часу пожежі

Для визначення істотних умов розрахунку небезпечних чинників пожежі проводиться експертний вибір сценарію або сценаріїв пожежі, при яких очікуються найгірші наслідки для людей, які перебувають в визначених приміщеннях будівлі. Формулювання сценарію розвитку пожежі включає в себе наступні етапи:

- вибір місця перебування початкового осередку пожежі і закономірностей його розвитку;
- задавання розрахункової області (вибір даної при розрахунку системи приміщень, визначення елементів які враховуються при розрахунку внутрішньої структури приміщень, стану прорізів);

- задавання параметрів навколишнього середовища і початкових значень параметрів всередині приміщень, також формується математична модель розвитку пожежі і проводиться моделювання його динаміки розвитку.

Згідно вимог [1] сценарій пожежі має враховувати можливість розміщення джерела пожежі неподалік основного евакуаційного виходу. Однак, архітектурні та дизайнерські рішення приміщень розрахунку вказують на джерело запалення, що знаходиться на першому поверсі будинку. Виходячи з цього було прийнято, що в даному випадку потрібно розглянути один сценарій пожежі, а саме на першому поверсі будівлі. Розгляд пожежі на інших поверхах будинку не розглядалось.

При цьому, наявність значної кількості низьковольтного обладнання та комутаційної техніки й обладнання, визначає високий рівень можливого джерела займання у наслідок порушення нормальних режимів їх роботи. Таким чином, найбільш вірогідні умови виникнення пожежі та її швидкого розповсюдження, а також найгірші наслідки для людей в разі її виникнення очікуються в об'ємі першого поверху.

На кожному поверсі будинку сходові клітки облаштовано протипожежними дверима з дотягувачами, що під час евакуації забезпечують їх зачинення та подальшого нерозповсюдження небезпечних чинників пожежі, згідно технічних характеристик виробника.

Також під час розрахунку у всіх сценаріях розвитку пожежі було прийнято, що всі двері на поверхах відчинені (крім сходових кліток) та небезпечні чинники пожежі розповсюджуються по всьому об'єму поверху.

Розрахунок критичного часу пожежі у зоні перебування людей у досліджуваного об'єкта на поверхах будівлі де розглядалися сценарії пожежі виконувався за вимогами [1].

Приймаємо, що в наслідок короткого замикання в електромережі досліджуваних приміщень сталася пожежа, а дим від осередку пожежі вільно поширюється в загальному об'ємі приміщення через двері та коридор. Приймаємо, що небезпечні чинники пожежі поширюються в замкнутому

просторі кожного досліджуваного поверху за відповідним сценарієм розвитку пожежі та поширюються по всьому об'єму приміщень.

За даними, що наведені в [4] нижче представлені показники пожежної небезпеки для типового сценарію розвитку пожежі. В розрахунку використовувалось типове пожежне навантаження приміщення, що помічено червоним кольором рис. 1.2 (Адміністративне приміщення: меблі + бумага):

- нижча теплота згорання 14,2 кДж/кг;
- лінійна швидкість розповсюдження полум'я 0,022 м/с;
- питома масова швидкість вигорання 0,021 кг/м² с;
- димоутворююча здатність 53,0 Нп·м²/кг;
- споживання кисню (O₂) -1,161 кг/кг.

Виділення газу:

- вуглекислий (CO₂) 1,434 кг/кг;
- чадний (CO) 0,043 кг/кг;
- хлористий водень (HCl) 0,0.

З огляду на прийняті положення були побудовано розрахункові схеми для кожного сценарію пожежі. На рисунках 1.1 – 1.2 відображено 3D модель досліджуваного об'єкту з точними лінійними промірами, згідно наданої проектної документації. На рисунках 1.3 – 1.12 відображено схема виходів досліджуваного об'єкта та наведено побудована схема з розміщенням осередку пожежі на відповідній відмітці.

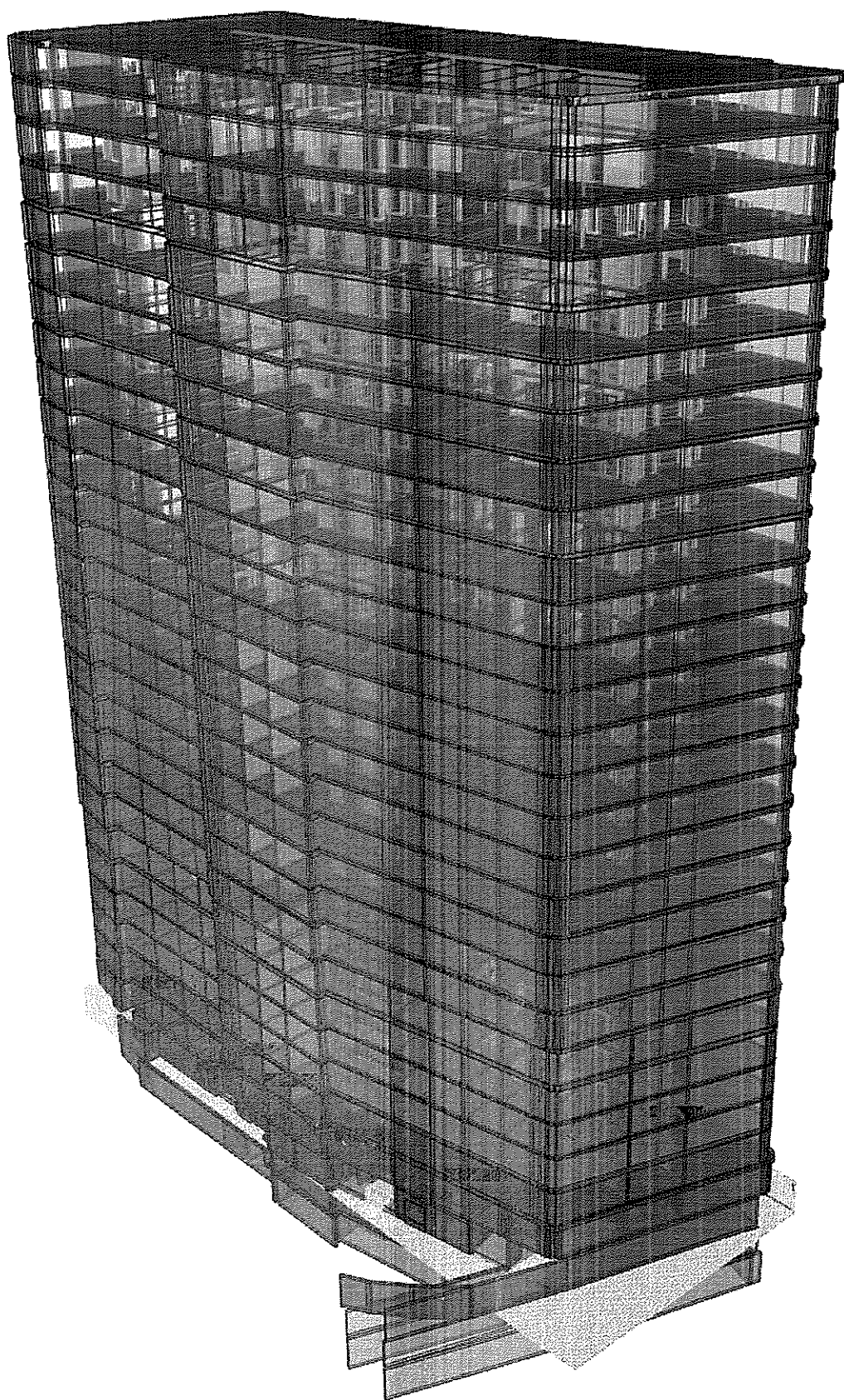


Рисунок 1.1 - 3D модель досліджуваного об'єкта

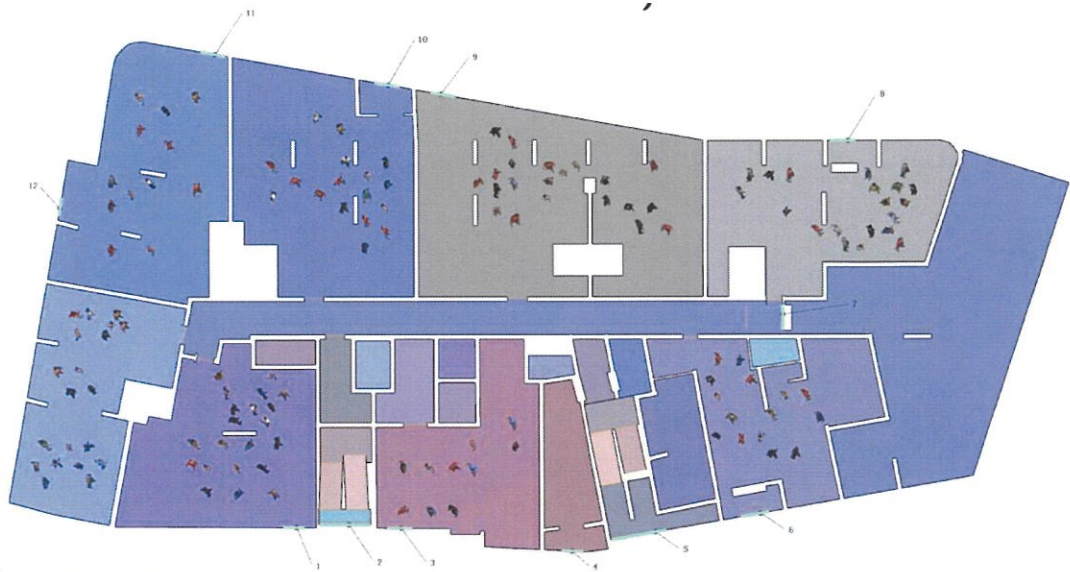
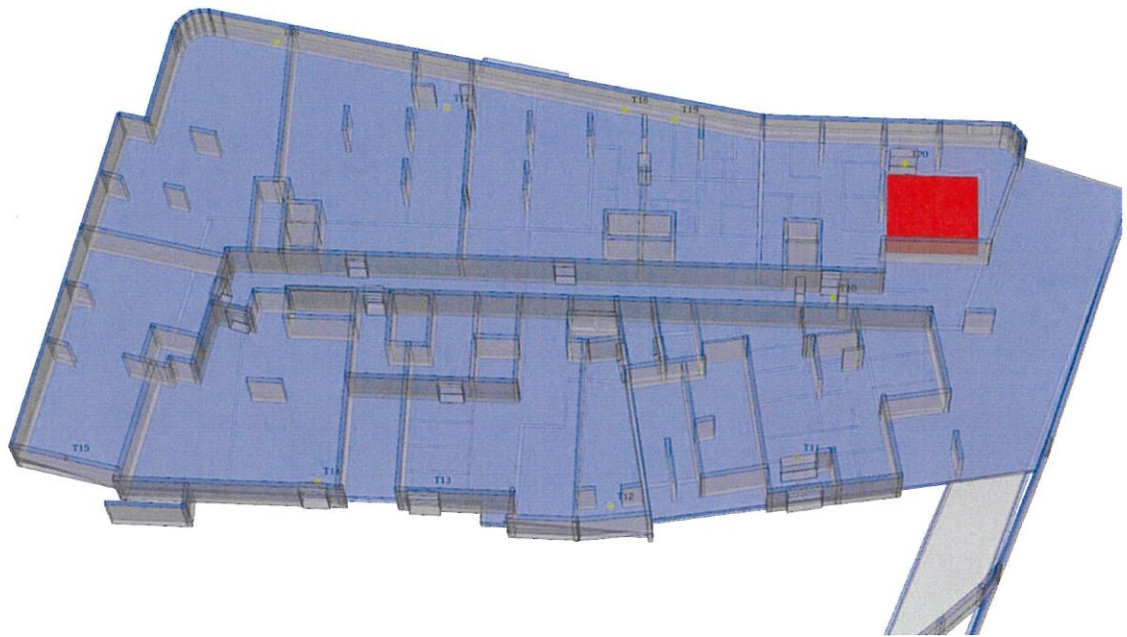
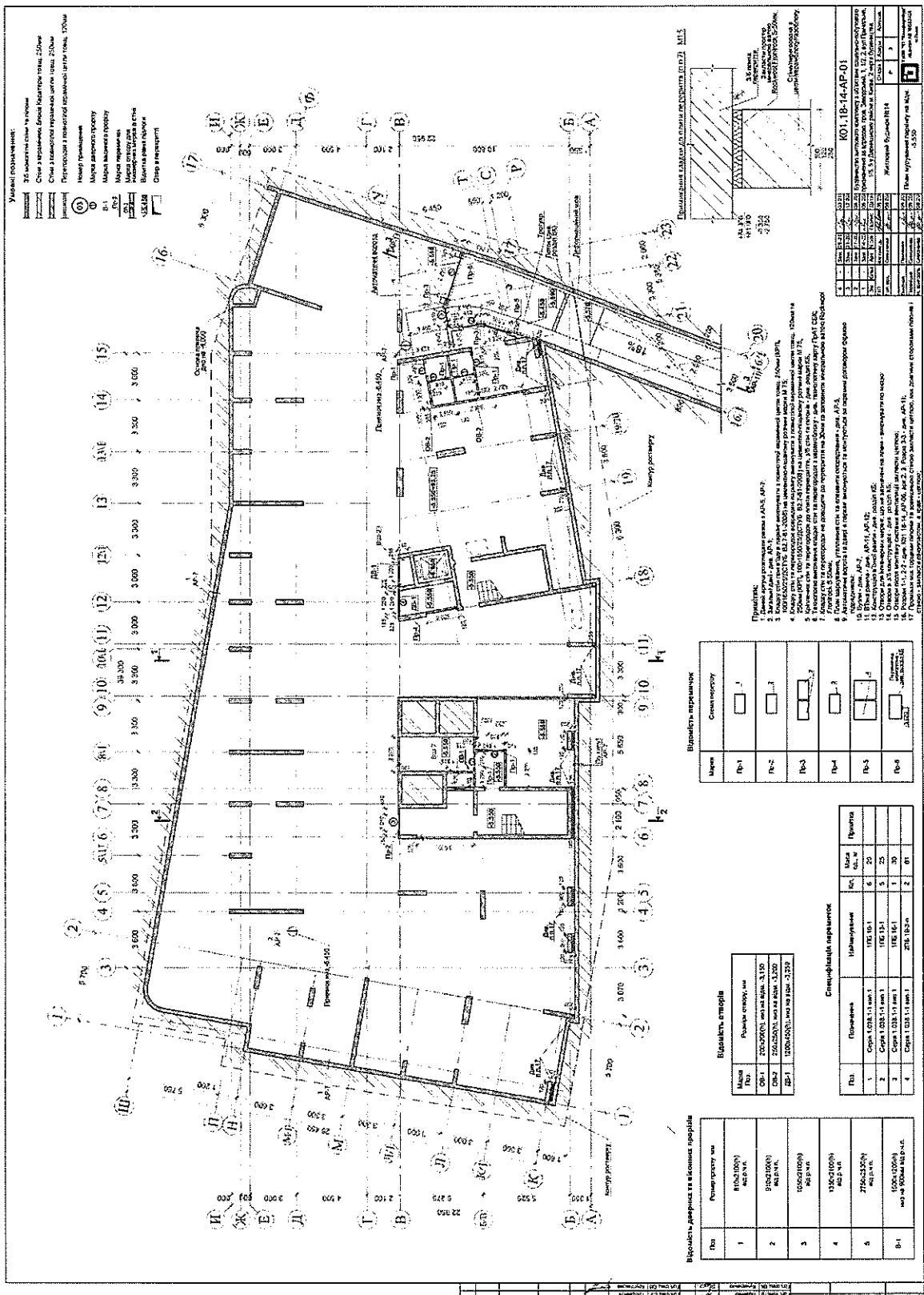


Рисунок 1.2 - 3D модель першого поверху з розміщенням датчиків та осередку пожежі.



Відомість диференціалів та вмістимі просторами

Поз.	Поміщення, м ²	Вид	Площа, м ²	Вмістимі просторами	Вид	Площа, м ²
1	1000(1000) м ²	Відкритий простір	1000	1000	1	1000
2	1000(1000) м ²	Відкритий простір	1000	1000	2	1000
3	1000(1000) м ²	Відкритий простір	1000	1000	3	1000
4	1000(1000) м ²	Відкритий простір	1000	1000	4	1000
5	1000(1000) м ²	Відкритий простір	1000	1000	5	1000
В-1	1000(1000) м ²	Відкритий простір	1000	1000	В-1	1000

Відомість стовпів

Вид	Кількість	Вид	Площа, м ²
С-1	1	С-1	1
С-2	1	С-2	1
С-3	1	С-3	1
С-4	1	С-4	1
С-5	1	С-5	1
С-6	1	С-6	1

Відомість перегородок

Вид	Кількість	Вид	Площа, м ²
П-1	1	П-1	1
П-2	1	П-2	1
П-3	1	П-3	1
П-4	1	П-4	1
П-5	1	П-5	1
П-6	1	П-6	1

Рисунок 1.3 – Схема поверху на відмітці -5,500 досліджуваного об'єкта

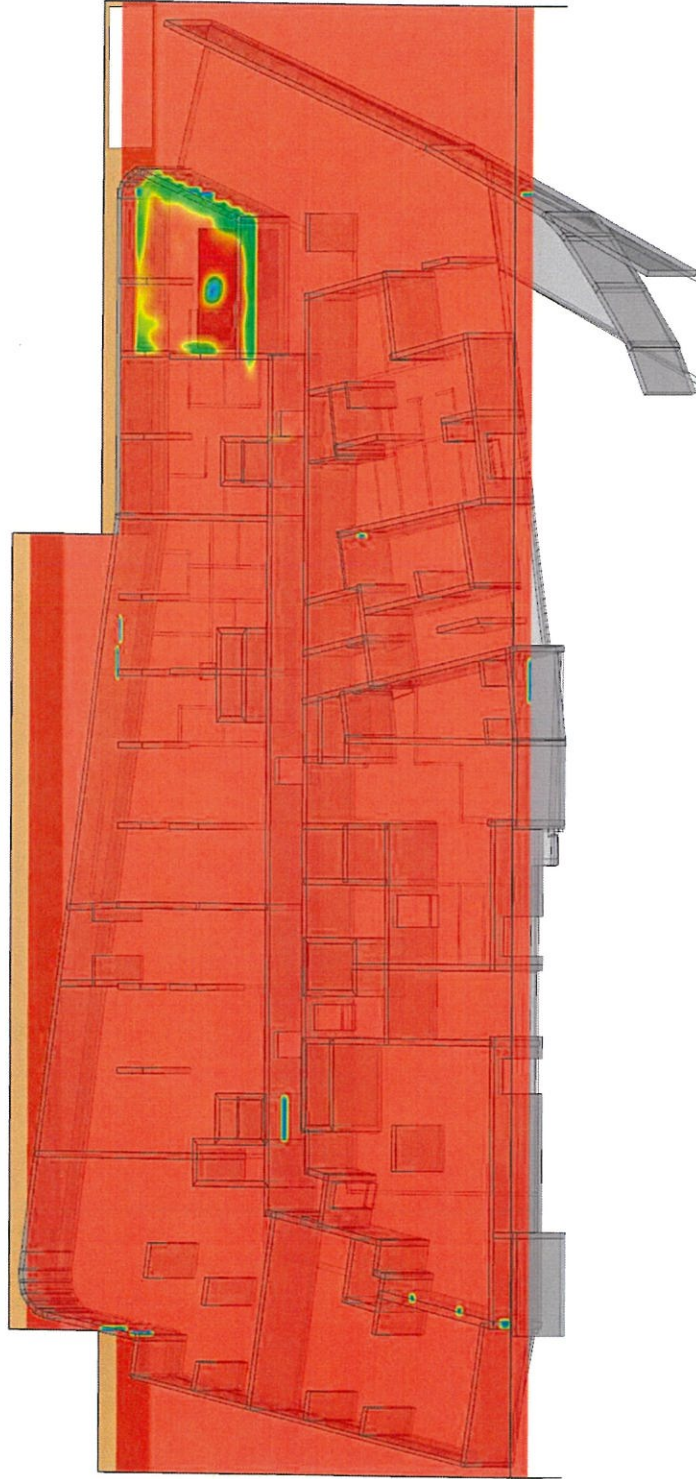
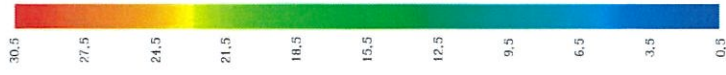
1.2 Результати розрахунку теплового впливу пожежі

Після проведення розрахунку по вище наведеному сценарію впливу пожежі на об'єкті на ризик утворення та розповсюдження небезпечних чинників пожежі були отримані наступні результати, що наведені у графічному вигляді на рис. 1.13-1.20.

Відповідно технічної документації об'єкт забезпечено системою оповіщення I-III типів. Зважаючи на означене та з метою ускладнення можливих умов розвитку пожежі розрахунком нівелювалась наявність звукового сповіщення. При цьому початок евакуації людей прийнято таким, що розпочинається після візуального виявлення ознак пожежі, а саме безпосередньому загорянні – появі полум'я і задимленні приміщення. Тому в даному випадку, початок часу евакуації з поверху, де сталася пожежа виконувалась одночасно. На інших поверхах будівлі початок часу евакуації становить – 180 с., відповідно вимог А.3 [1].

Наведені нижче в табл.1 залежності показують, через який час після початку пожежі на визначених евакуаційних виходах та на шляху спасіння досягаються гранично допустимі значення по кожному з небезпечних чинників пожежі на вимірювачах.

VIS_CO_9H0.1
(m)

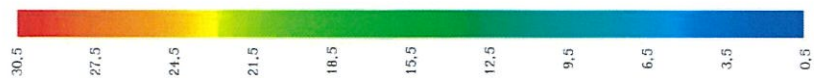


30,0

Перший поверх на 30 с. розвитку пожежі

Рис. 1.13- Схема розповсюдження небезпечних чинників пожежі в різний проміжок часу за показником задимленості.

VIS_CO_9H0.1
(m)

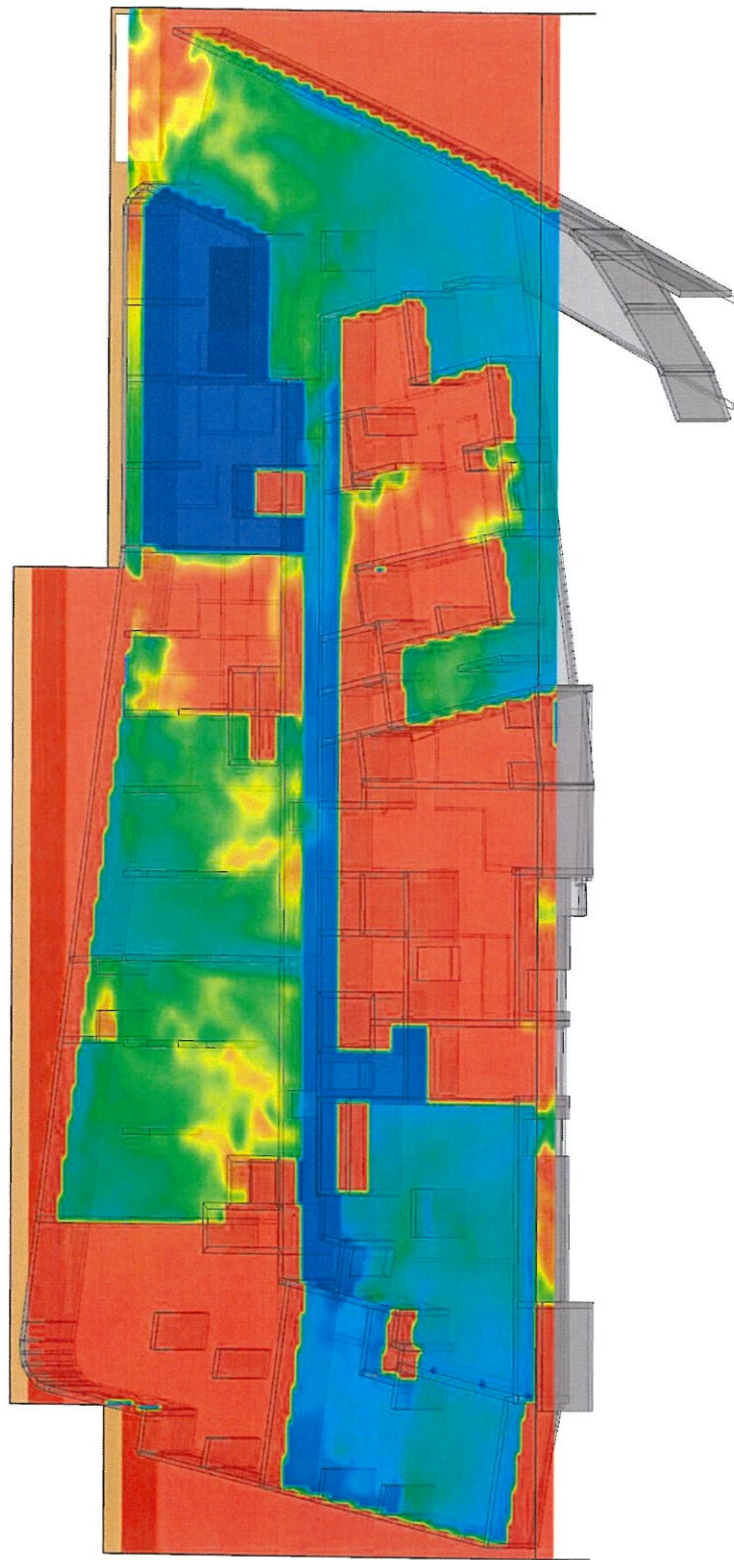


100.0

Перший поверх на 100 с. розвитку пожежі .

Рис. 1.14 - Схема розповсюдження небезпечних чинників пожежі в різний проміжок часу за показником задимленості.

VIS_CO_9H0.1
(m)

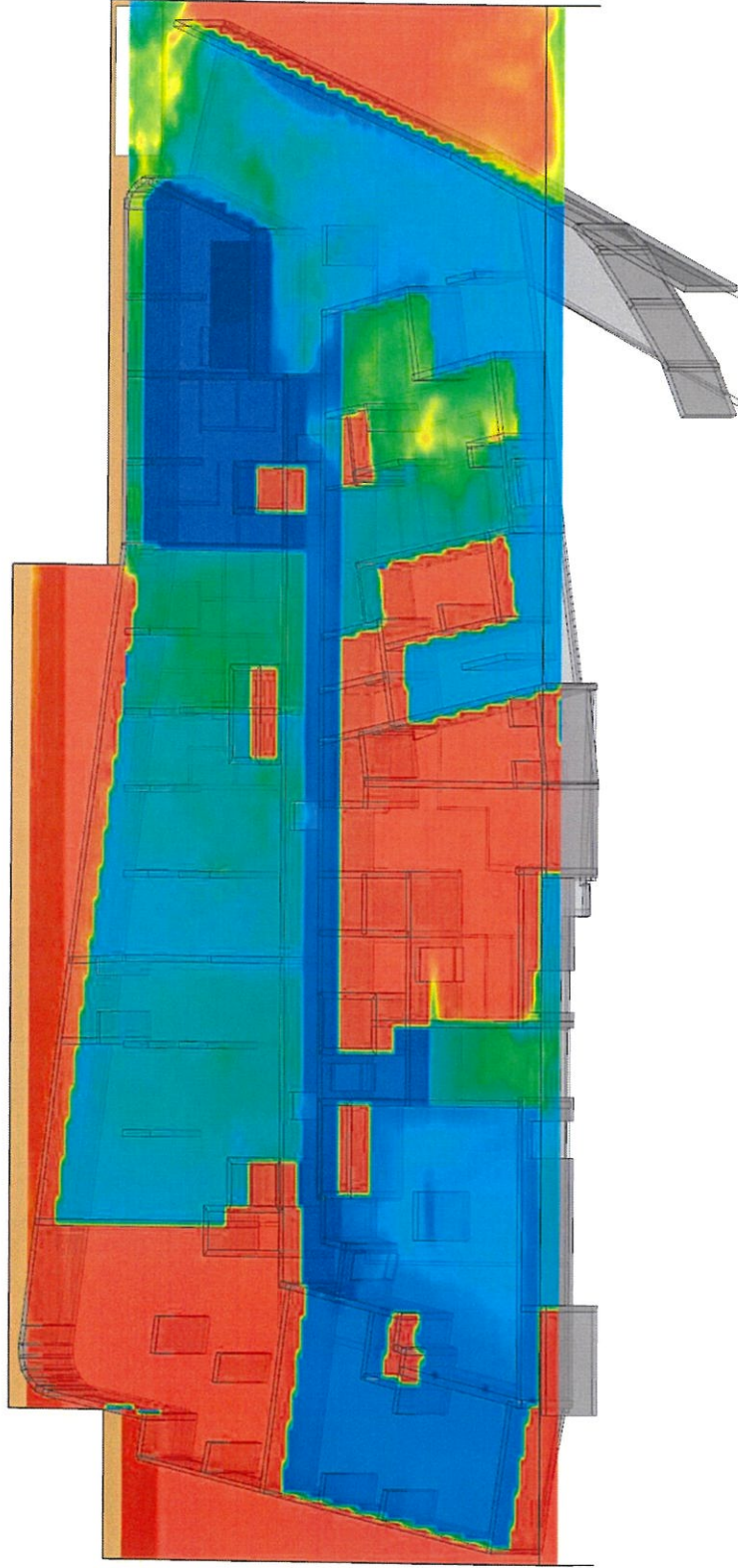


200,0

Перший поверх на 200 с. розвитку пожежі

Рис.1.15 - Схема розповсюдження небезпечних чинників пожежі в різний проміжок часу за показником задимленості.

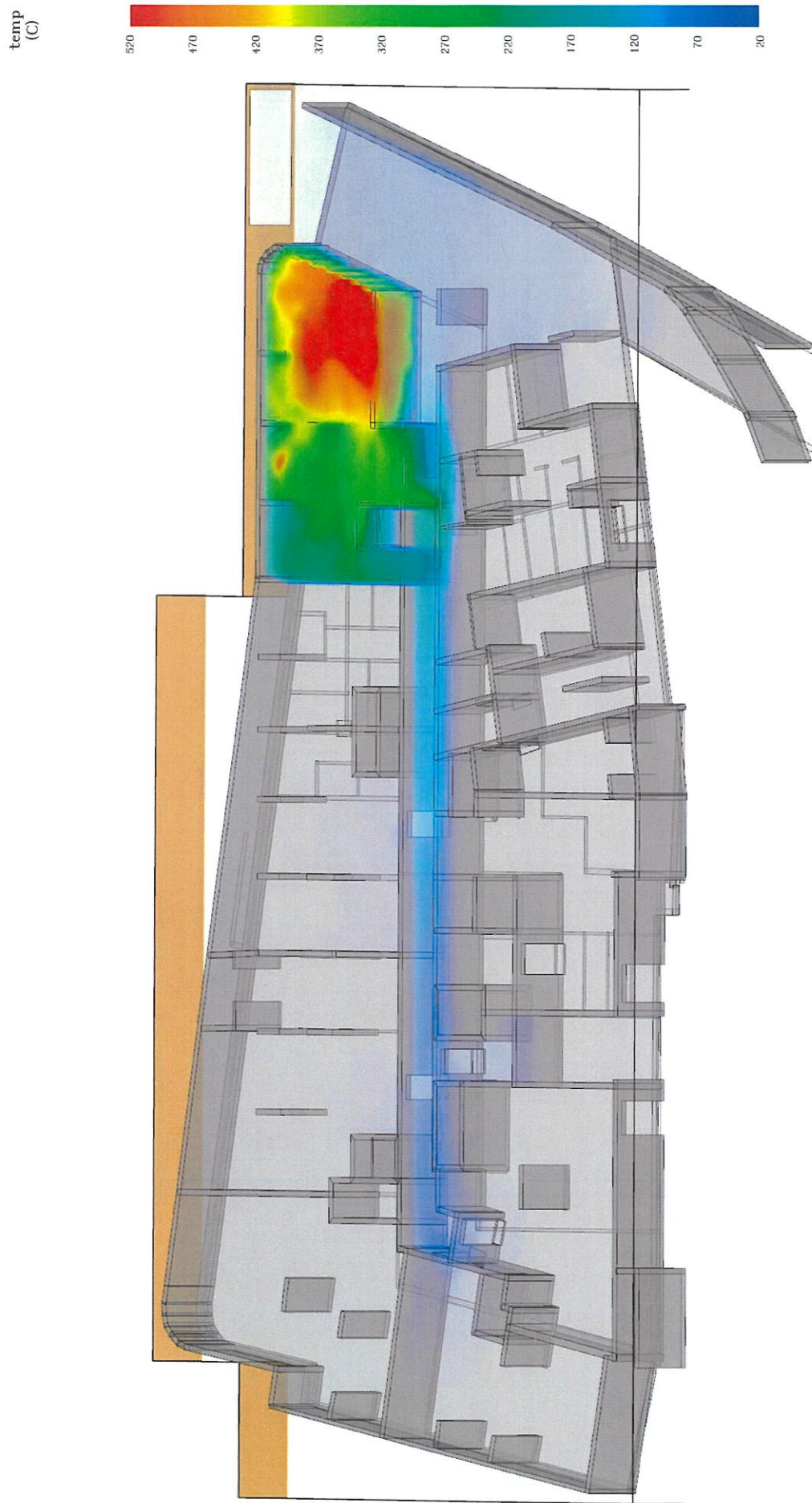
VIS_CO_0H0.1
(m)



ЭОД,Ф

Перший поверх на 300 с. розвитку пожежі

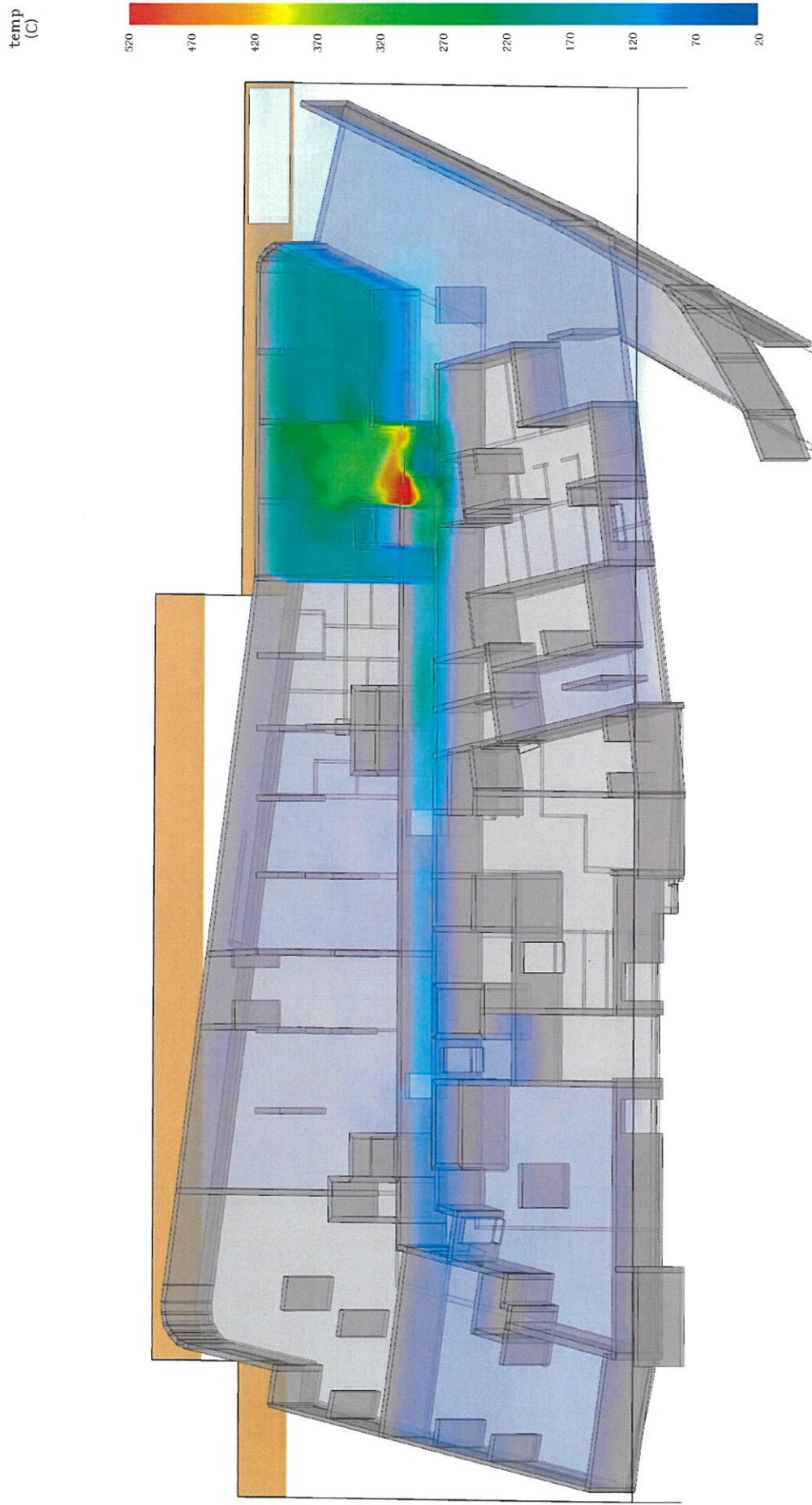
Рис. 1.16 - Схема розповсюдження небезпечних чинників пожежі в різний проміжок часу за показником задимленості.



100,0

Перший поверх на 100 с. розвитку пожежі

Рис. 1.17 - Схема розповсюдження небезпечних чинників пожежі в різний проміжок часу за показником температури.

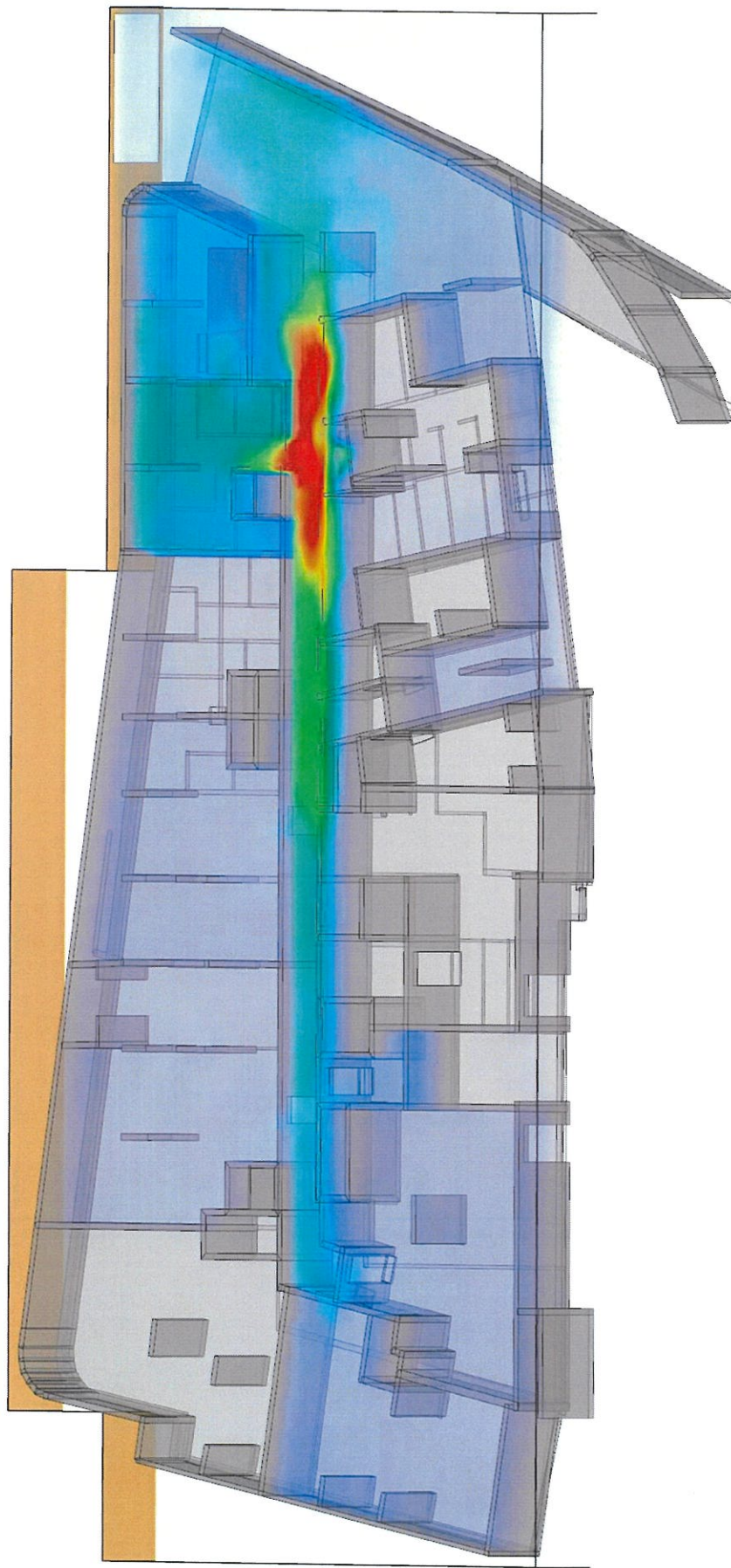


200.0

Перший поверх на 200 с. розвитку пожежі

Рис. 1.18 - Схема розповсюдження небезпечних чинників пожежі в різний проміжок часу за показником температури.

temp
(C)



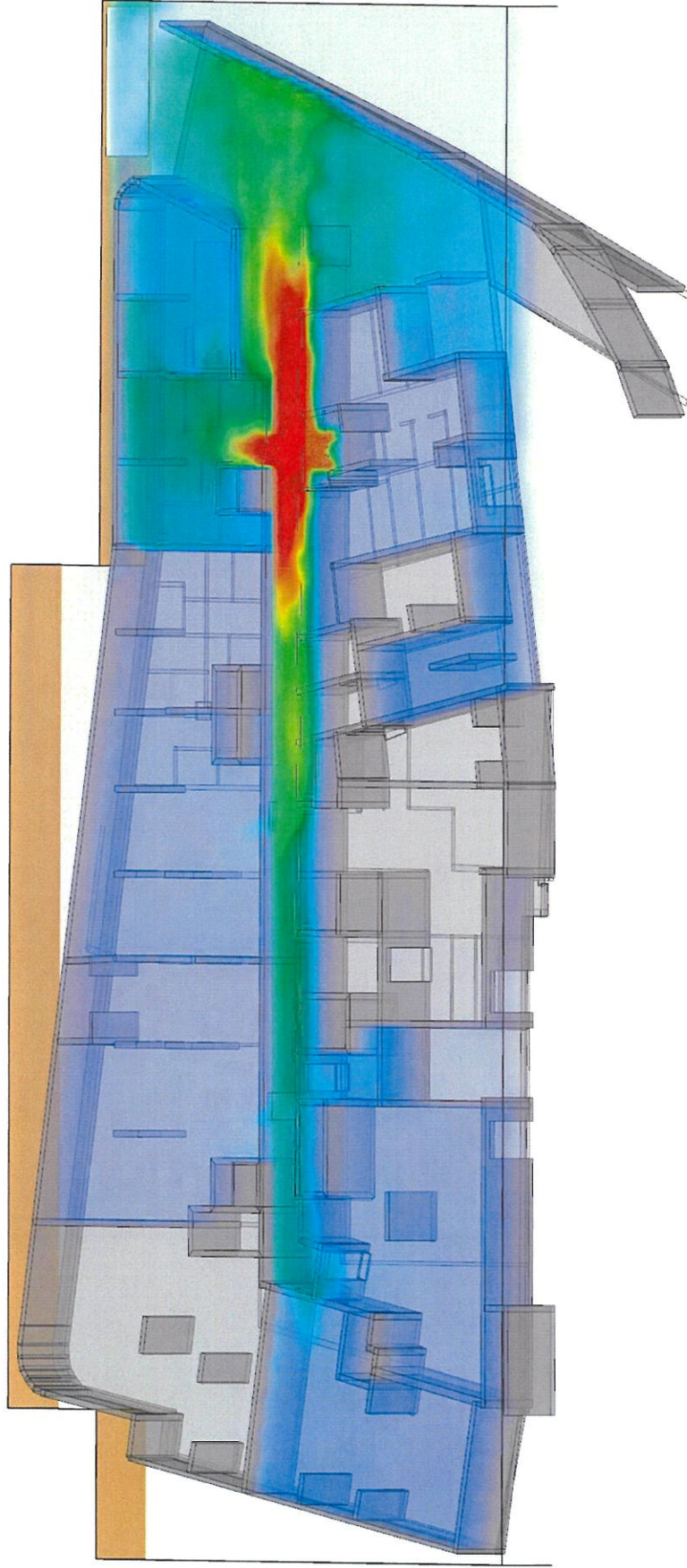
300,0

Перший поверх на 300 с. розвитку пожежі

Рис. 1.19 - Схема розповсюдження небезпечних чинників пожежі в різній проміжок часу за показником температури.

114

temp
(C)

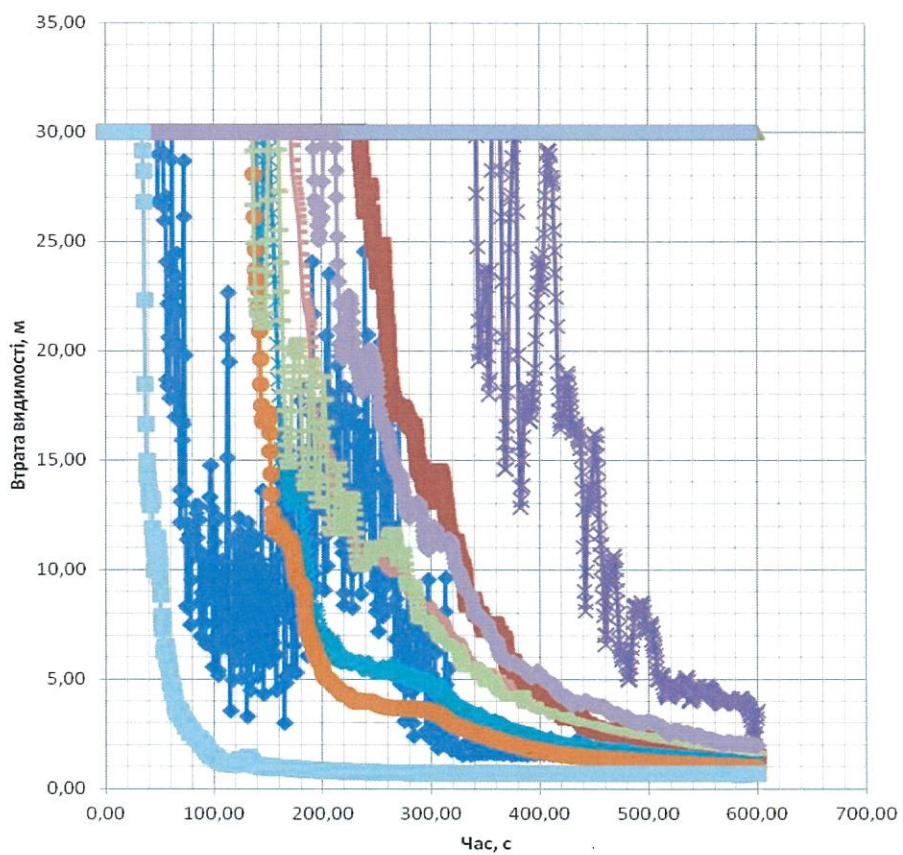
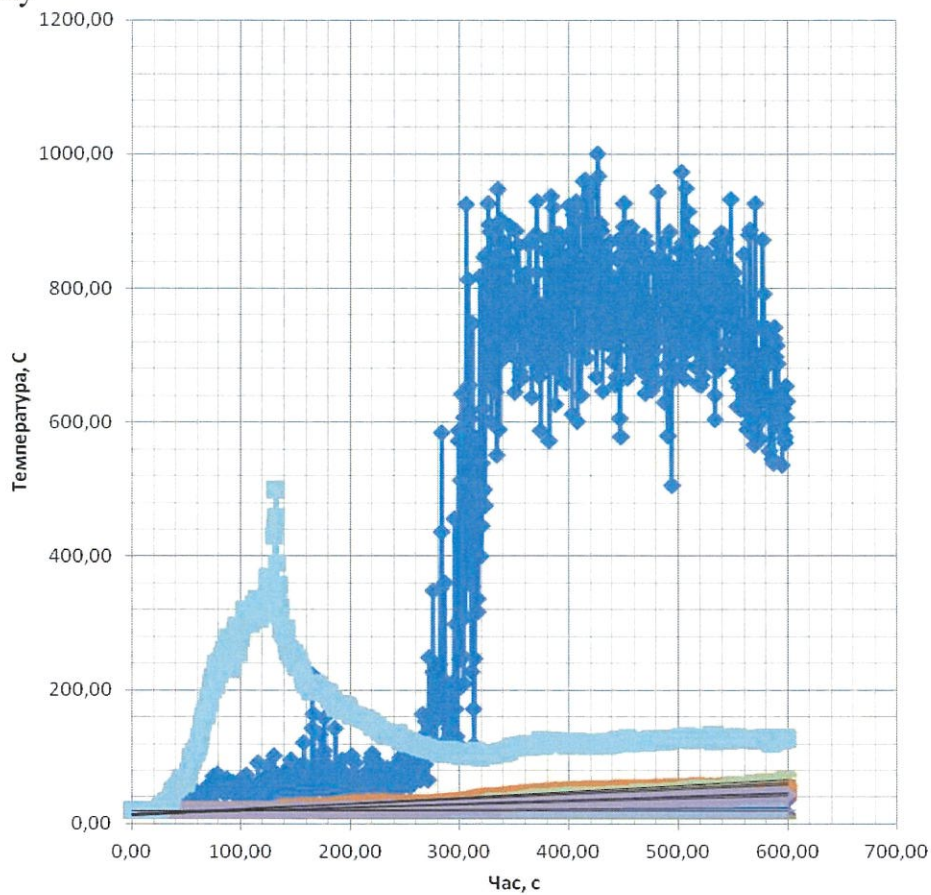


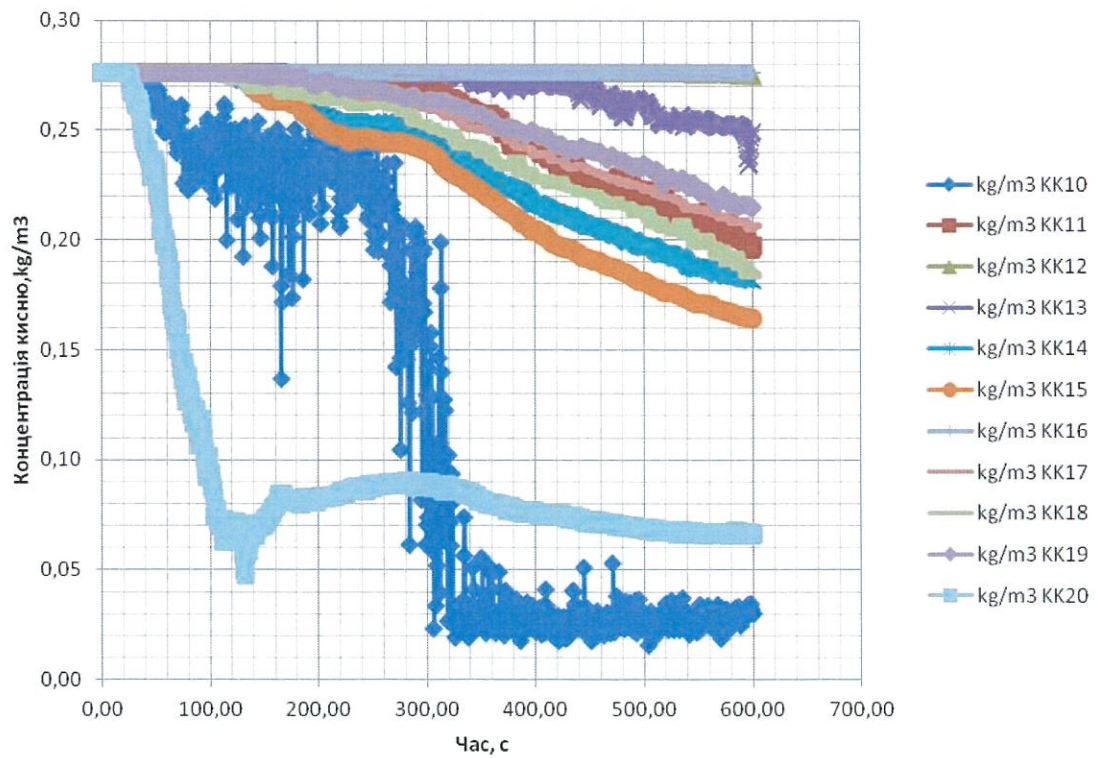
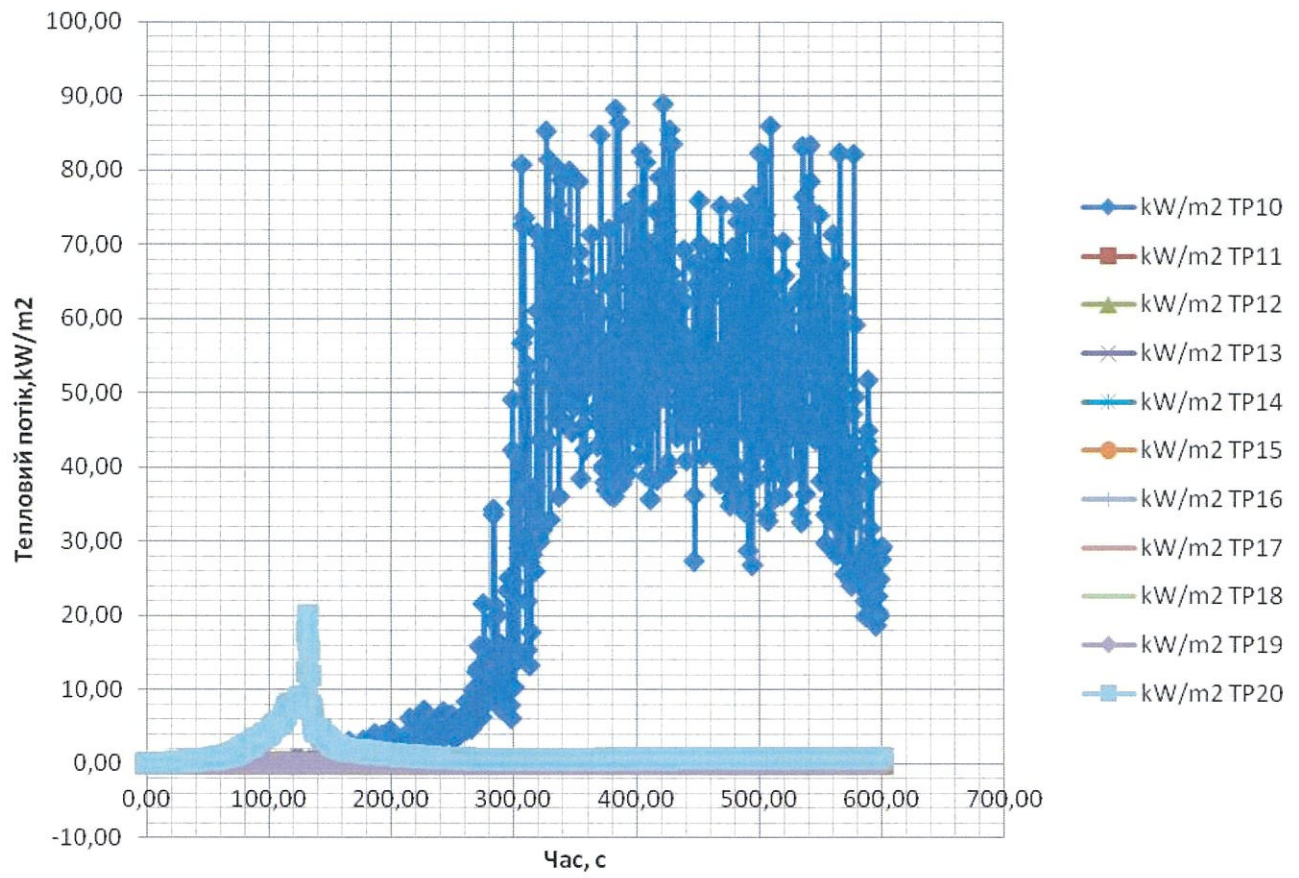
ЧФФ.Ф

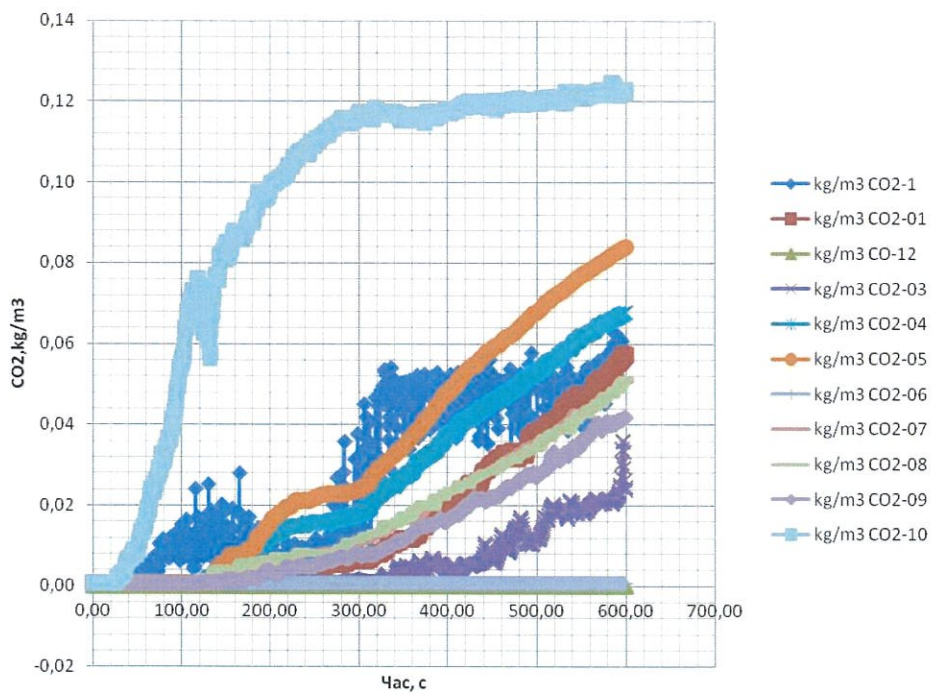
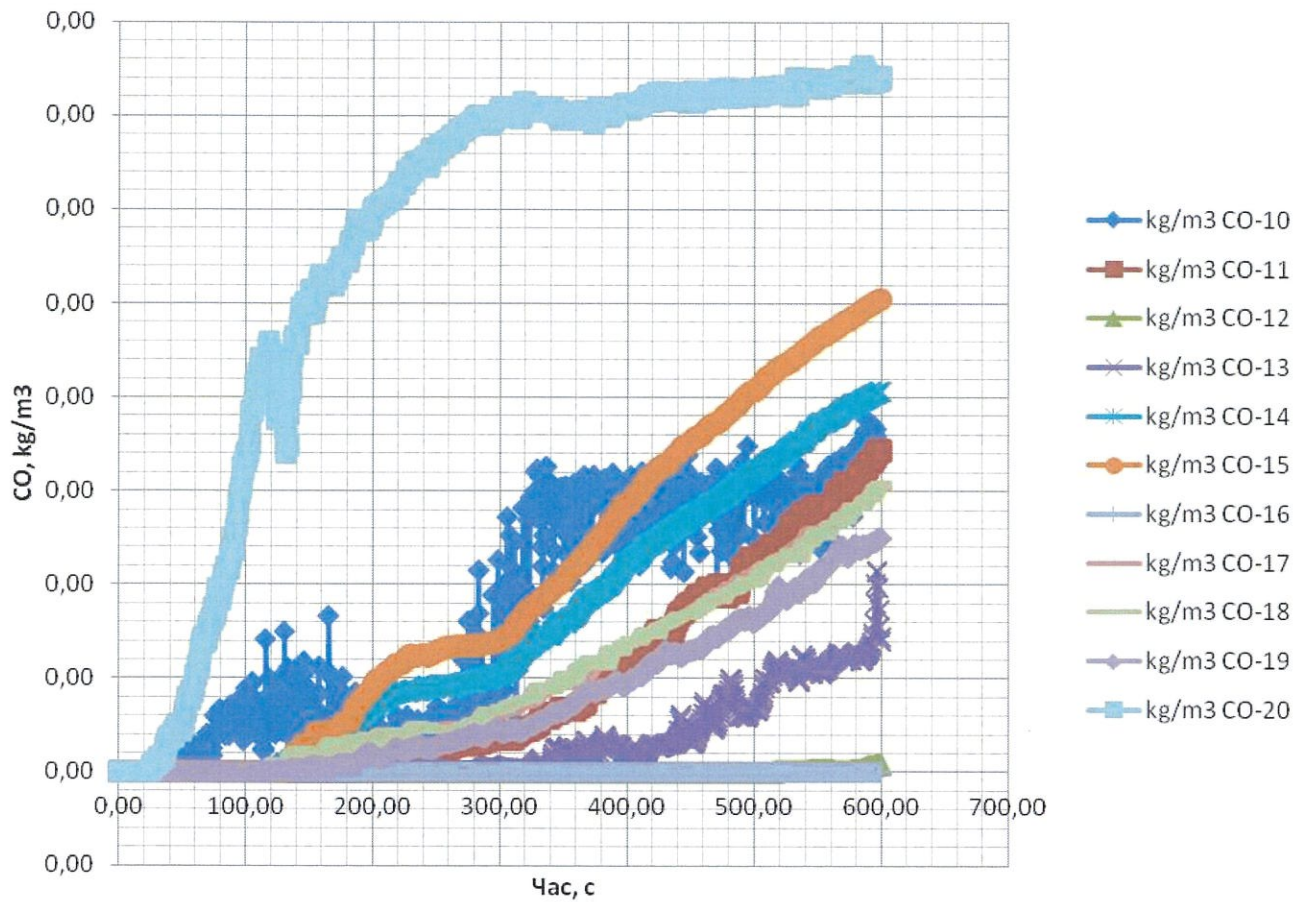
Перший поверх на 400 с. розвитку пожежі

Рис. 1.20 - Схема розповсюдження небезпечних чинників пожежі в різний проміжок часу за показником температури.

Таблиця 1.1 - Час досягання небезпечних чинників пожежі на першому поверсі будинку







Висновок: Необхідний час евакуації людей з приміщень розташованих на першому поверсі будинку де сталася пожежа до виходу 3 становить не менше **352 с**; до виходу 6 – **260 с**; до виходу 7 – **60 с**, до виходу 8 – **36 с**.

2. Розрахунок часу евакуації людей з використанням моделі індивідуально-потокowego руху.

2.1 Математичний апарат моделювання процесу евакуації.

Розрахунок виконано в програмному забезпеченні, яке реалізує індивідуально-потокową модель руху людей при евакуації. Програма має графічний інтерфейс для задання вихідних даних, а також інструменти для 2D і 3D-візуалізації результатів.

Середовище руху людей являє собою тривимірну трикутну сітку, що збігається з реальними розмірами моделі будівлі. Сітка автоматично згенерована на основі імпортованих даних геометрії FDS створеної на основі креслень наданих замовником.

Стіни та інші непрохідні ділянки подаються у вигляді розривів в навігаційній сітці. Такі об'єкти не моделюються в програмі прямо, вони представлені неявно, оскільки люди не можуть рухатися там, де відсутня навігаційна сітка.

Двері представлені у вигляді спеціальних кордонів навігаційної сітки. У всіх розрахунках двері забезпечують механізм для з'єднання приміщень і відстеження людського потоку. Двері також використовуються для явного керування людським потоком.

Сходи також представлені у вигляді спеціальних меж навігаційної сітки і трикутників. Швидкість руху людей зменшується коефіцієнтом, що залежить від нахилу сходів. Кожні сходи неявно мають двоє дверей, які працюють так само, як будь-які інші двері в моделі, але редагуються у властивостях сходів.

Для кожного агента (людини в моделі) визначено місце розташування, профіль (задано розміри, швидкість, тощо) і поведінку (мета агента), яка дозволяє створювати сценарії. Агент моделюється у вигляді вертикального циліндра, що рухається по сітці, використовуючи так зване інверсний керований рух. Рух кожного агента розраховується незалежно.

Розрахунковий час евакуації людей з покрівлі встановлюється за часом виходу з неї останньої людини.

Перед початком моделювання процесу евакуації задається схема евакуаційних шляхів. Всі евакуаційні шляхи поділяються на евакуаційні ділянки довжиною a та шириною b . Довжина та ширина кожної ділянки шляху евакуації для будівель, які проектуються, приймаються згідно з проектом, а для побудованих – за фактичним значенням. Довжина шляху по сходовим маршам

вимірюється за довжиною маршу. Довжина шляху в дверному прорізі приймається рівній нулю. Евакуаційні ділянки можуть бути горизонтальні та похилі (сходи вниз, сходи вверх і пандус).

Під час розрахунку за габарити людини в плані приймається її площа горизонтальної проекції. Задаються координати кожної людини x_i – відстань від центра проекції до кінця евакуаційної ділянки, на якій вона знаходиться.

Координати кожної людини x_i у початковий момент часу задаються відповідно до схеми розміщення людей у приміщеннях (робочі місця, місця для глядачів, тощо). У випадку відсутності таких даних, наприклад для магазинів, виставкових залів тощо, допускається розміщувати людей рівномірно по всій площі приміщення з урахуванням розміщення технологічного обладнання.

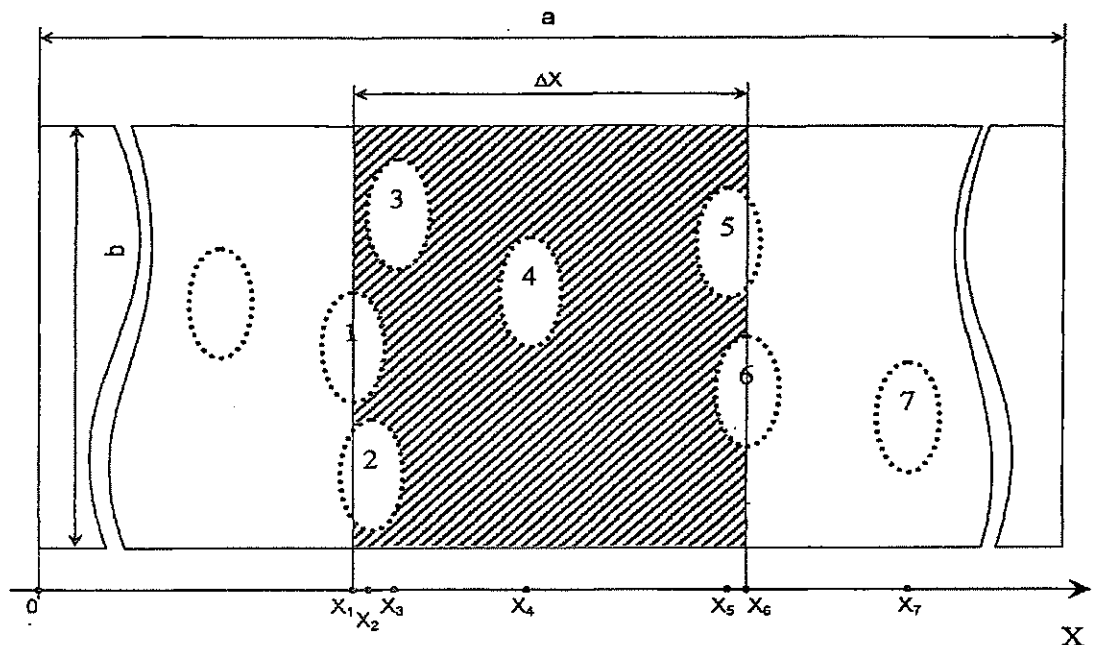


Рисунок 2.1 - Координатна схема розміщення людей на шляхах евакуації

Координата кожної людини в момент часу t визначається за формулою:

$$x_i(t) = x_i(t-\Delta t) - V_i(t) \cdot \Delta t \text{ м}, \quad (1)$$

де: $x_i(t-\Delta t)$ – координата i -ї людини в попередній момент часу, м;

$V_i(t)$ – швидкість i -ї людини в момент часу t , м/с;

Δt – проміжок часу, с.

Швидкість i -ї людини $V_i(t)$ у момент часу t визначається за таблицею 1 в залежності від локальної щільності потоку, у якій вона рухається, $D_i(t)$ і типу евакуаційної ділянки.

Таблиця 2.1 – Інтенсивність і швидкість руху людського потоку на різних ділянках шляхів евакуації в залежності від щільності для групи мобільності

Група мобільності	Вид шляху										
	$D, \text{ м}^2/\text{м}^2$	Горизонтальний		Сходи вниз		Сходи вверх		Пандус вниз		Пандус уверх	
		$V, \text{ м/хв}$	$q, \text{ м}^2/\text{м}\cdot\text{хв}$	$V, \text{ м/хв}$	$q, \text{ м}^2/\text{м}\cdot\text{хв}$	$V, \text{ м/хв}$	$q, \text{ м}^2/\text{м}\cdot\text{хв}$	$V, \text{ м/хв}$	$q, \text{ м}^2/\text{м}\cdot\text{хв}$	$V, \text{ м/хв}$	$q, \text{ м}^2/\text{м}\cdot\text{хв}$
М2	0,01	30,00	0,30	30,00	0,30	20,00	0,20	45,00	0,45	25,00	0,25
	0,05	30,00	1,50	30,00	1,50	20,00	1,00	45,00	2,25	25,00	1,25
	0,1	30,00	3,00	30,00	3,00	20,00	2,00	45,00	4,50	25,00	2,50
	0,2	26,05	5,21	26,22	5,24	16,78	3,36	41,91	8,38	21,98	4,40
	0,3	21,97	6,59	22,01	6,60	13,96	4,19	33,92	10,18	18,09	5,43
	0,4	19,08	7,63	19,03	7,61	11,96	4,78	28,25	11,30	15,32	6,13
	0,5	16,84	8,42	16,71	8,36	10,41	5,20	23,85	11,93	13,18	6,59
	0,6	15,01	9,01	14,82	8,89	9,14	5,48	20,26	12,16	11,43	6,86
	0,7	13,46	9,42	13,22	9,25	8,07	5,65	17,22	12,05	9,95	6,97
	0,8	12,12	9,69	11,83	9,47	7,14	5,71	14,59	11,67	8,67	6,94
0,9	10,93	9,84	10,61	9,55	6,32	5,68	12,27	11,04	7,54	6,79	
М3	0,01	70,00	0,70	20,00	0,20	25,00	0,25	105,00	1,05	55,00	0,55
	0,05	70,00	3,50	20,00	1,00	25,00	1,25	105,00	5,25	55,00	2,75
	0,1	70,00	7,00	20,00	2,00	25,00	2,50	105,00	10,50	55,00	5,50
	0,2	53,50	10,70	20,00	4,00	20,57	4,11	83,41	16,68	45,54	9,11
	0,3	43,57	13,07	16,67	5,00	17,05	5,12	65,70	19,71	35,59	10,68
	0,4	36,52	14,61	14,06	5,62	14,56	5,82	53,13	21,25	28,54	11,41
	0,5	31,05	15,53	12,04	6,02	12,62	6,31	43,39	21,69	23,06	11,53
	0,6	26,59	15,95	10,38	6,23	11,04	6,62	35,42	21,25	18,59	11,15
	0,7	22,81	15,97	8,98	6,29	9,70	6,79	28,69	20,08	14,81	10,37
	0,8	19,54	15,63	7,77	6,21	8,54	6,83	22,86	18,28	11,53	9,23
0,9	16,65	14,99	6,70	6,03	7,52	6,77	17,71	15,94	8,64	7,78	
М4	0,01	60,00	0,60	–	–	–	–	115,00	1,15	40,00	0,40
	0,05	60,00	3,00	–	–	–	–	115,00	5,75	40,00	2,00
	0,1	60,00	6,00	–	–	–	–	115,00	11,50	40,00	4,00
	0,2	50,57	10,11	–	–	–	–	99,65	19,93	35,17	7,03
	0,3	40,84	12,25	–	–	–	–	79,88	23,97	28,36	8,51
	0,4	33,93	13,57	–	–	–	–	65,86	26,34	23,52	9,41
	0,5	28,58	14,29	–	–	–	–	54,98	27,49	19,77	9,89
	0,6	24,20	14,52	–	–	–	–	46,09	27,65	16,71	10,03
	0,7	20,50	14,35	–	–	–	–	38,57	27,00	14,12	9,88
	0,8	17,30	13,84	–	–	–	–	32,06	25,65	11,88	9,50
0,9	14,47	13,02	–	–	–	–	26,32	23,68	9,90	8,91	

Локальна щільність $D_i(t)$ обчислюється по групі, що складається з n людей, за формулою:

$$D_i(t) = (n(t) - 1) \cdot \frac{f}{(b-\Delta x)} \text{ м}^2/\text{м}^2, \quad (2)$$

де: n – кількість людей у групі, люд.;

f – середня площа горизонтальної проекції людини, м^2 ;

b – ширина евакуаційної ділянки, м;

Δx – різниця координат останньої та першої людини в групі, м.

Якщо в момент часу t координата людини $x_i(t)$, визначена за формулою (1), стане від'ємною – це означає, що людина досягла границі поточної евакуаційної ділянки та повинна перейти на наступну евакуаційну ділянку.

У цьому випадку координата цієї людини на наступній евакуаційній ділянці визначається за формулою:

$$x_i(t) = [x_i(t-dt) - V_i(t) \cdot dt] + a_{j-1}, \quad (3)$$

де: $x_i(t-dt)$ – координата i -ї людини в попередній момент часу на $(j-1)$ евакуаційній ділянці, м;

$V_i(t)$ – швидкість i -ї людини на $(j-1)$ евакуаційній ділянці в момент часу t , м/с;

a_j – довжина j -ї евакуаційної ділянки, м;

l_j – координата місця злиття j -ї та $(j-1)$ евакуаційних ділянок – відстань від початку j -ї евакуаційної ділянки до місця злиття її з $(j-1)$ евакуаційною ділянкою, м.

Кількість людей, що переходить з однієї евакуаційної ділянки на іншу в одиницю часу, визначається пропускнуою здатністю виходу з ділянки $Q_j(t)$ за формулою:

$$Q_j(t) = q_j(t) \cdot c_j \cdot \frac{d(t)}{f \cdot 60} \text{ люд.}, \quad (4)$$

де: $q_j(t)$ – інтенсивність руху на виході з j -ї евакуаційної ділянки в момент тривалості t , м/хв;

c_j - ширина виходу з j -ї евакуаційної ділянки, м;
 $d(t)$ - проміжок тривалості, с;
 f - середня площа горизонтальної проекції людини, м².

Інтенсивність руху на виході з j -ї евакуаційної ділянки $q_j(t)$ у момент часу t визначається в залежності від щільності людського потоку на цій ділянці $Dv_j(t)$.

Щільність людського потоку на j -ї евакуаційній ділянці $Dv_j(t)$ у момент часу t визначається за формулою:

$$Dv_j(t) = \frac{(N_j \cdot f \cdot dt)}{(a_j \cdot b_j)} \text{ м}^2/\text{м}^2, \quad (5)$$

де: N_j - кількість людей на j -ї евакуаційній ділянці, люд.;
 f - середня площа горизонтальної проекції людини, м²;
 a_j - довжина j -ї евакуаційної ділянки, м;
 b_j - ширина j -ї евакуаційної ділянки, м;
 dt - проміжок часу, с.

У момент часу t визначається кількість людей m із від'ємними координатами $x_i(t)$, визначеними за формулою (1). Якщо значення $m \leq Q_j(t)$, то всі m людей переходять на наступну евакуаційну ділянку та їхні координати визначаються за формулою (3). Якщо значення $m > Q_j(t)$, то кількість людей рівна значенню $Q_j(t)$ переходить на наступну евакуаційну ділянку та їхні координати визначаються за формулою (3), а кількість людей, рівна значенню $(m - Q_j(t))$, не переходить на наступну евакуаційну ділянку (залишаються на даній евакуаційній ділянці) та їх координатам присвоюються значення: $x_i(t) = k \cdot 0,25 + 0,25$, де k – номер ряду, в якому будуть знаходитися люди (максимально можлива кількість людей в одному ряді збоку один від одного для кожної евакуаційної ділянки визначається перед початком розрахунків). Таким чином, виникає скупчення людей перед виходом з евакуаційної ділянки.

На рисунку 2.3 зображено порядок визначення розрахункового часу евакуації людей із будівлі чи споруди.



Рисунок 2.3 - Порядок визначення розрахункового часу евакуації людей (моделювання процесу евакуації)

На підставі заданих початкових умов (початкових координат людей, параметрів евакуаційних ділянок) визначаються щільності людських потоків на шляхах евакуації та пропускні здатності виходів з евакуаційних ділянок. Далі, у момент часу $t=t+dt$, визначається наявність НЧП на шляхах евакуації. Залежно від цього вибирається напрямок руху кожної людини й обчислюється нова координата кожної людини. Після цього знову визначаються щільності людських потоків на шляхах евакуації та пропускні спроможності виходів. Потім знову задається приріст за часом dt і визначаються нові координати людей з урахуванням наявності НЧП на шляхах евакуації в цей момент часу. Після цього процес повторюється. Розрахунки проводяться до тих пір, поки всі люди не будуть евакуйовані.

2.2 Результати моделювання процесу евакуації.

Відповідно до методичних підходів, що викладені в [1], розрахунковий час евакуації людей з приміщень та будинків встановлюється за розрахунком тривалості руху одного або декількох людських потоків через евакуаційні виходи від найбільш віддалених місць розміщення людей до виходу назовні.

Для розрахунку приймаємо чотири сценарії виникнення пожежі за якого реалізуються найгірші умови для евакуації людей та (або) найбільш висока динаміка наростання небезпечних чинників пожежі.

Згідно з розрахунковою моделлю пожежі приймаємо, що евакуація людей у межах будинку розпочинається одночасно після спрацювання систем пожежної сигналізації та оповіщення людей про пожежу. Початок часу евакуації людей з будівлі приймається 180 с [1]. Час початку евакуації людей з поверху будівлі де сталася пожежа за сценарієм приймається згідно п.А.7.1 (формула А.27) [1].

Евакуація людей зі службових, технічних, підсобних, побутових та санітарно-гігієнічних приміщень не розглядається, оскільки постійного перебування людей в них не передбачається.

Результати розрахунків параметрів руху людських потоків по ділянках евакуаційних шляхів з будинку наведено у рисунках 2.4- 2.11 та в таблиці 2.2.

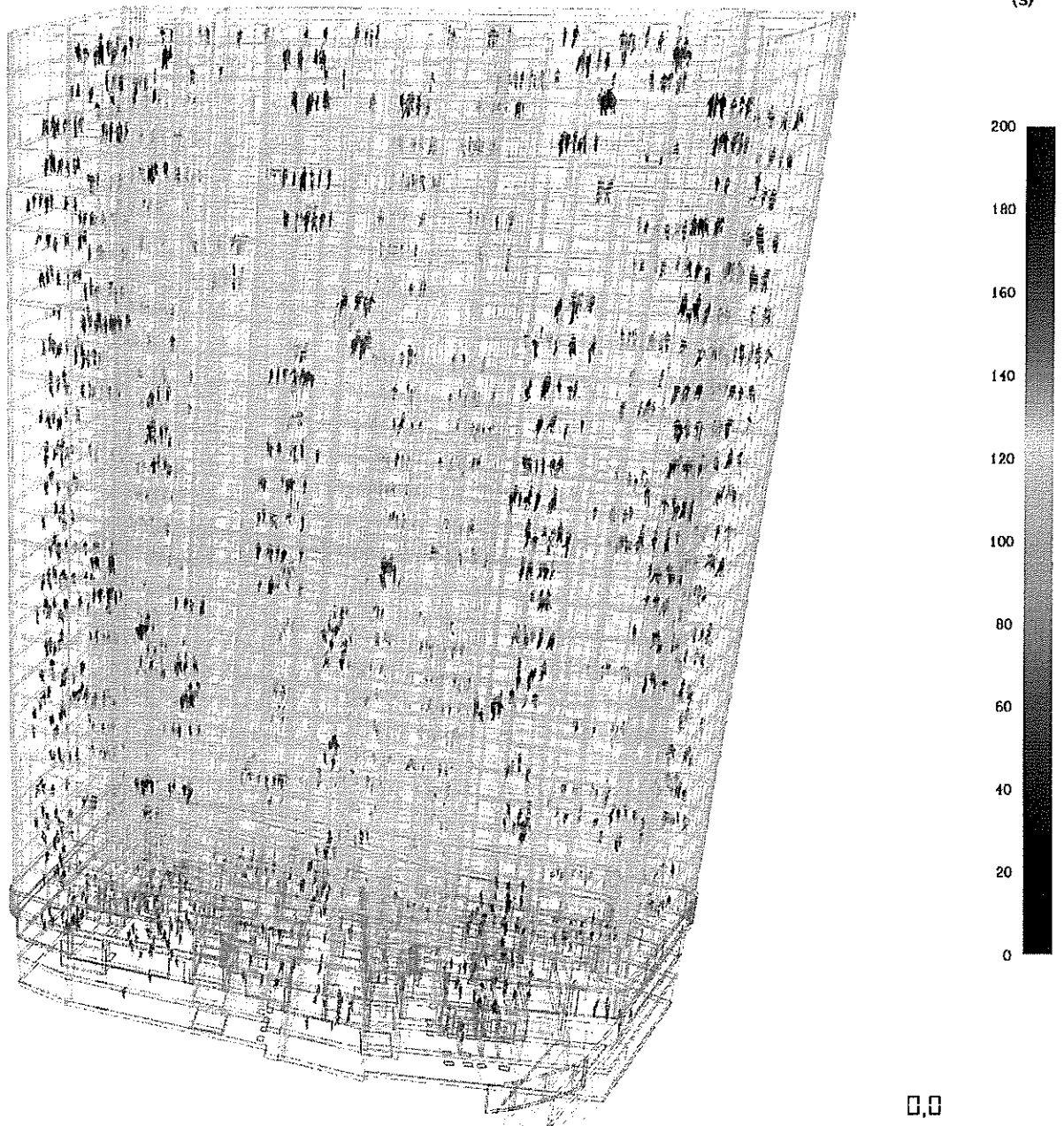


Рисунок 2.4 – Моделювання евакуації агентів з будівлі на 0 с.

Exited: 175/1945

Usage
(s)

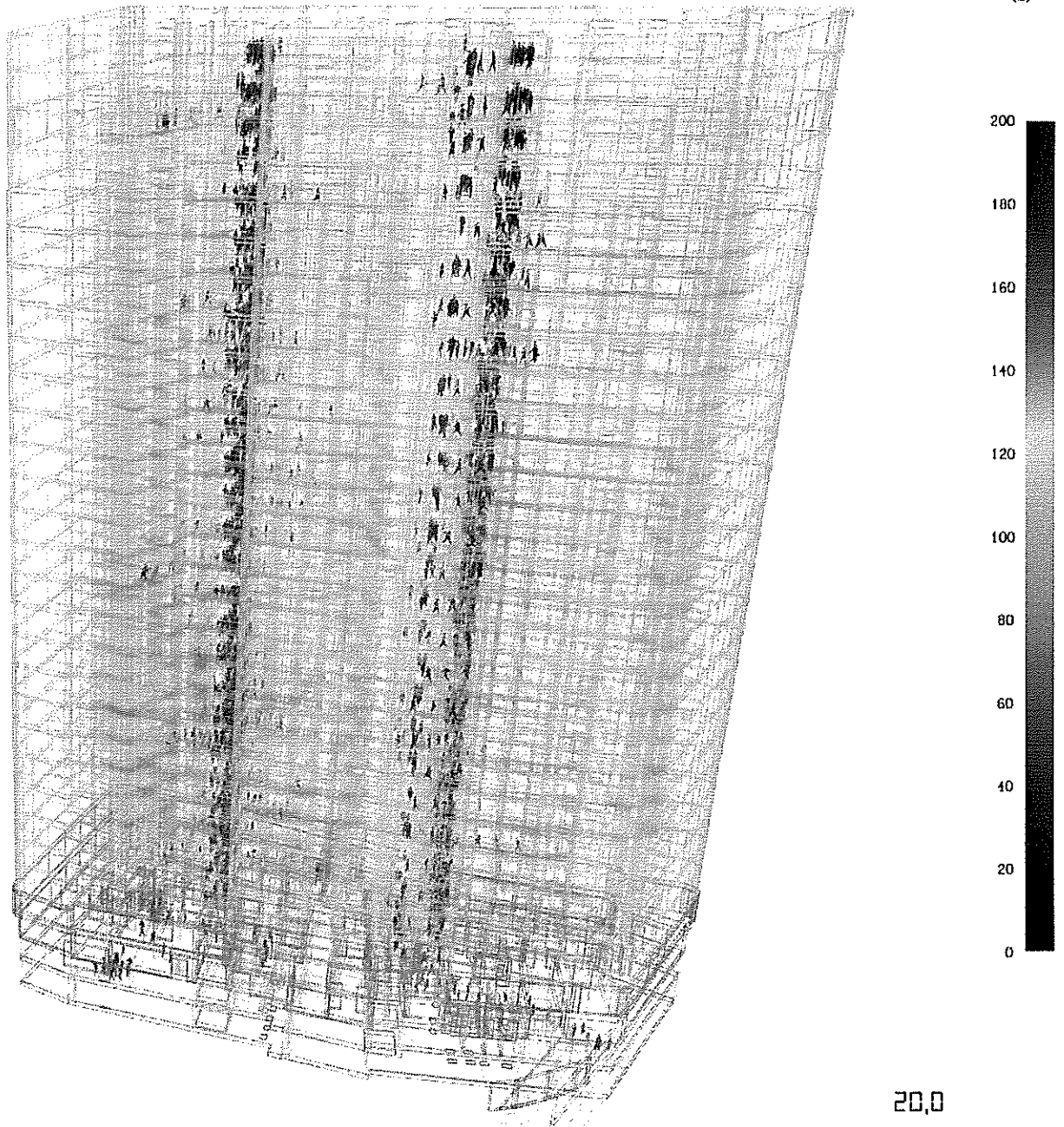


Рисунок 2.5 – Моделювання евакуації агентів з будівлі на 20 с.

Exited: 376/1945

Usage
(s)

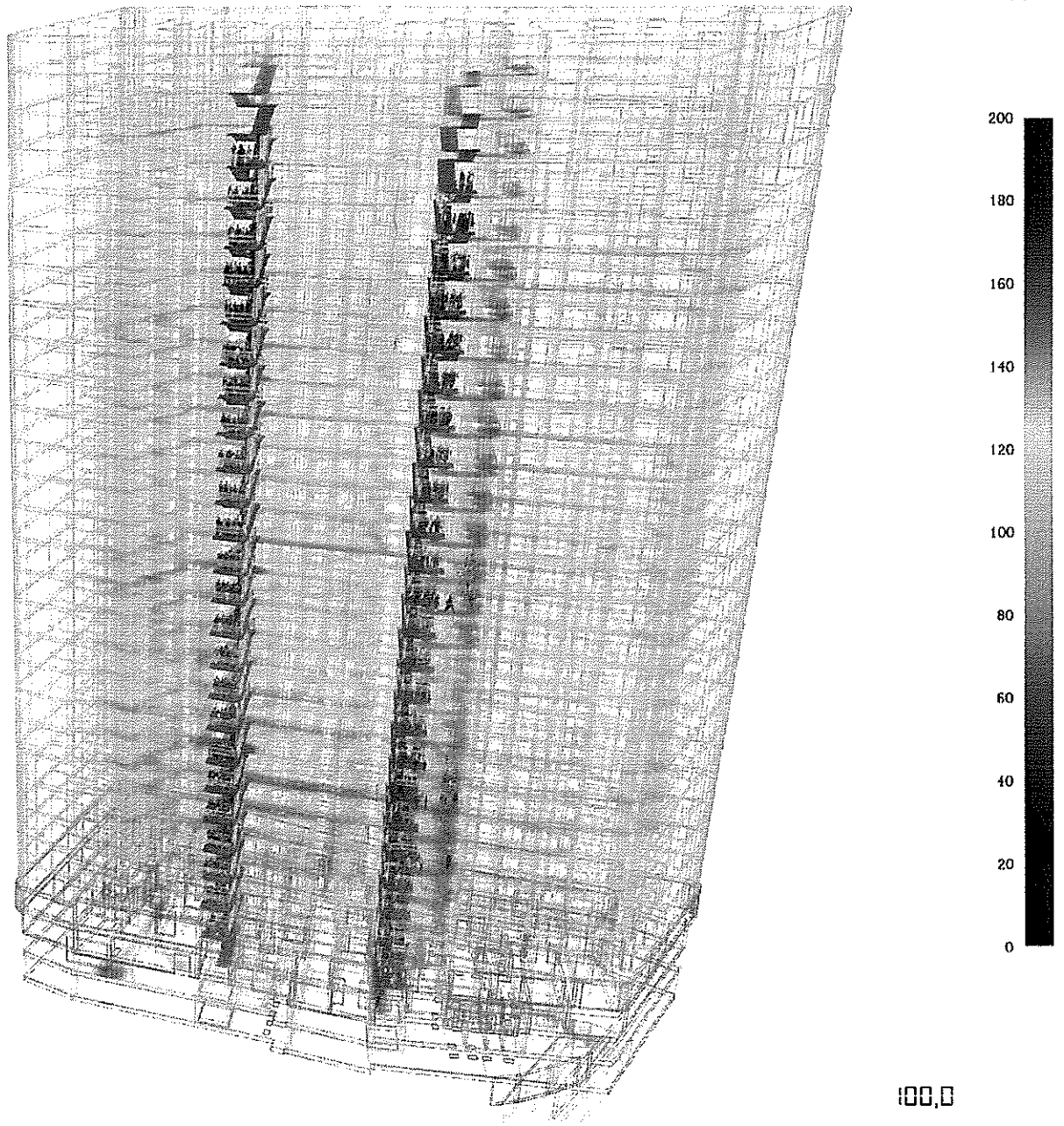


Рисунок 2.6 – Моделювання евакуації агентів з будівлі на 100 с.

Exited: 583/1945

Usage
(s)

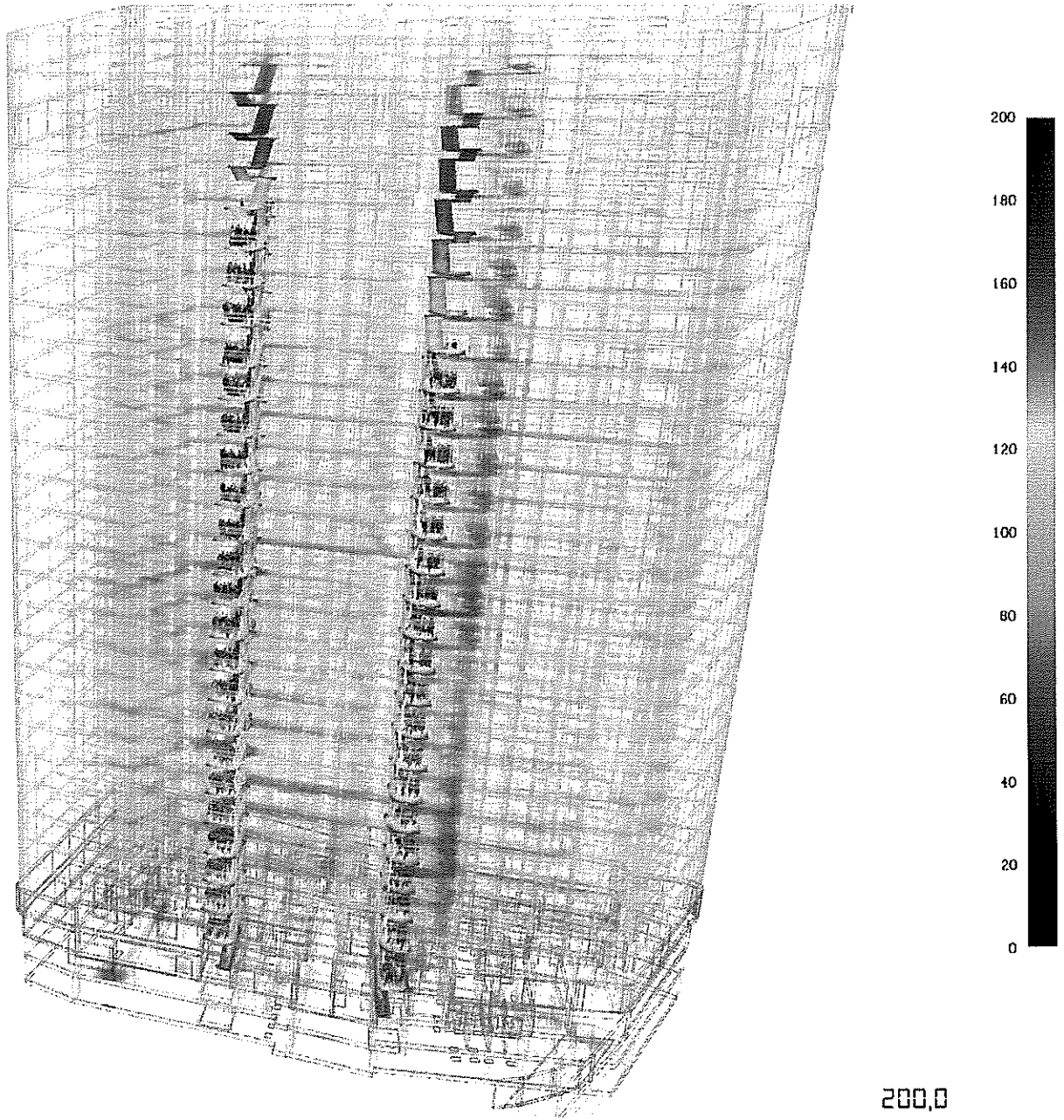


Рисунок 2.7 – Моделювання евакуації агентів з будівлі на 200 с.

Exited: 795/1945

Usage
(s)

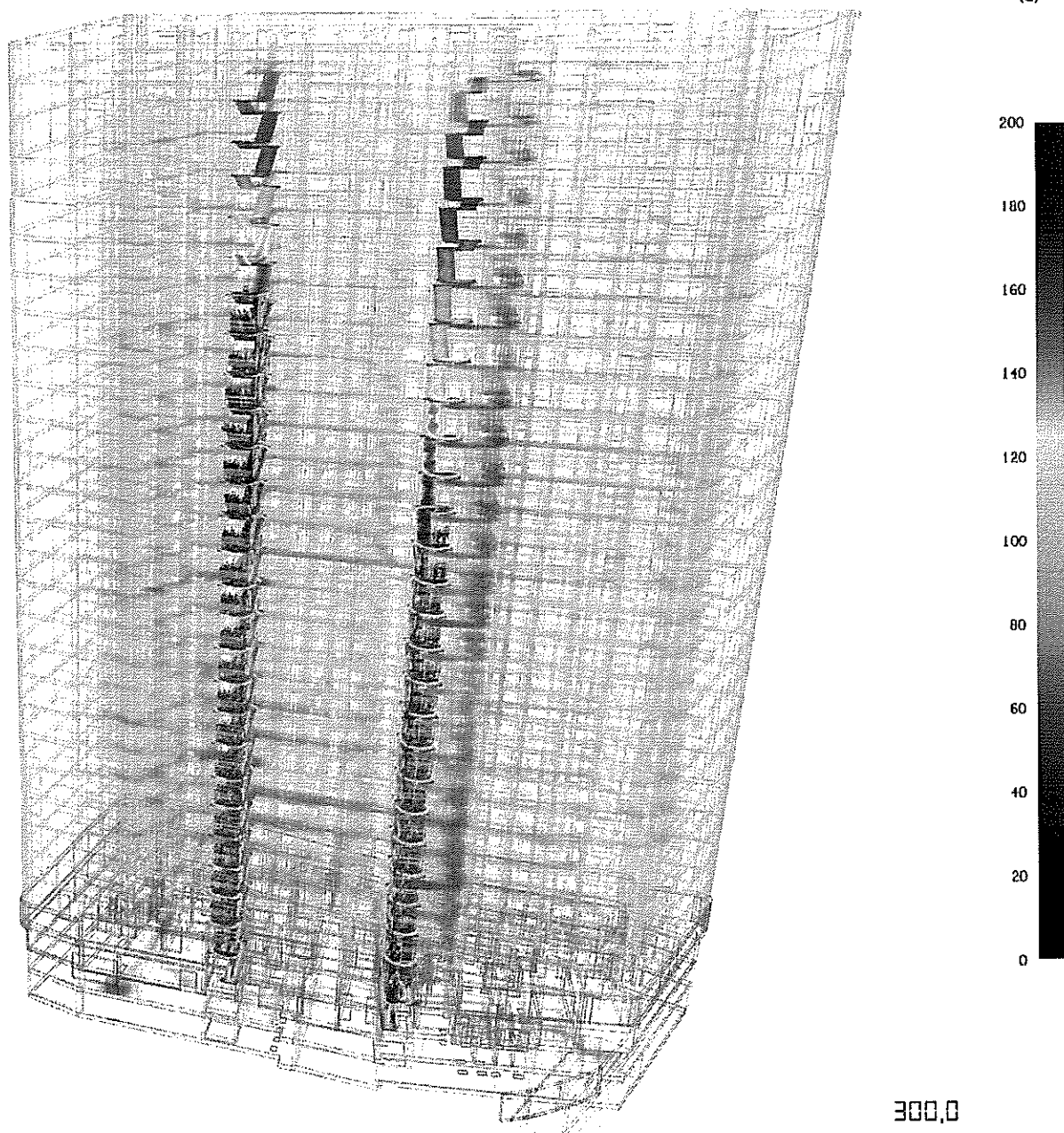


Рисунок 2.8 – Моделювання евакуації агентів з будівлі на 300 с.

Exited: 1007/1945

Usage
(s)

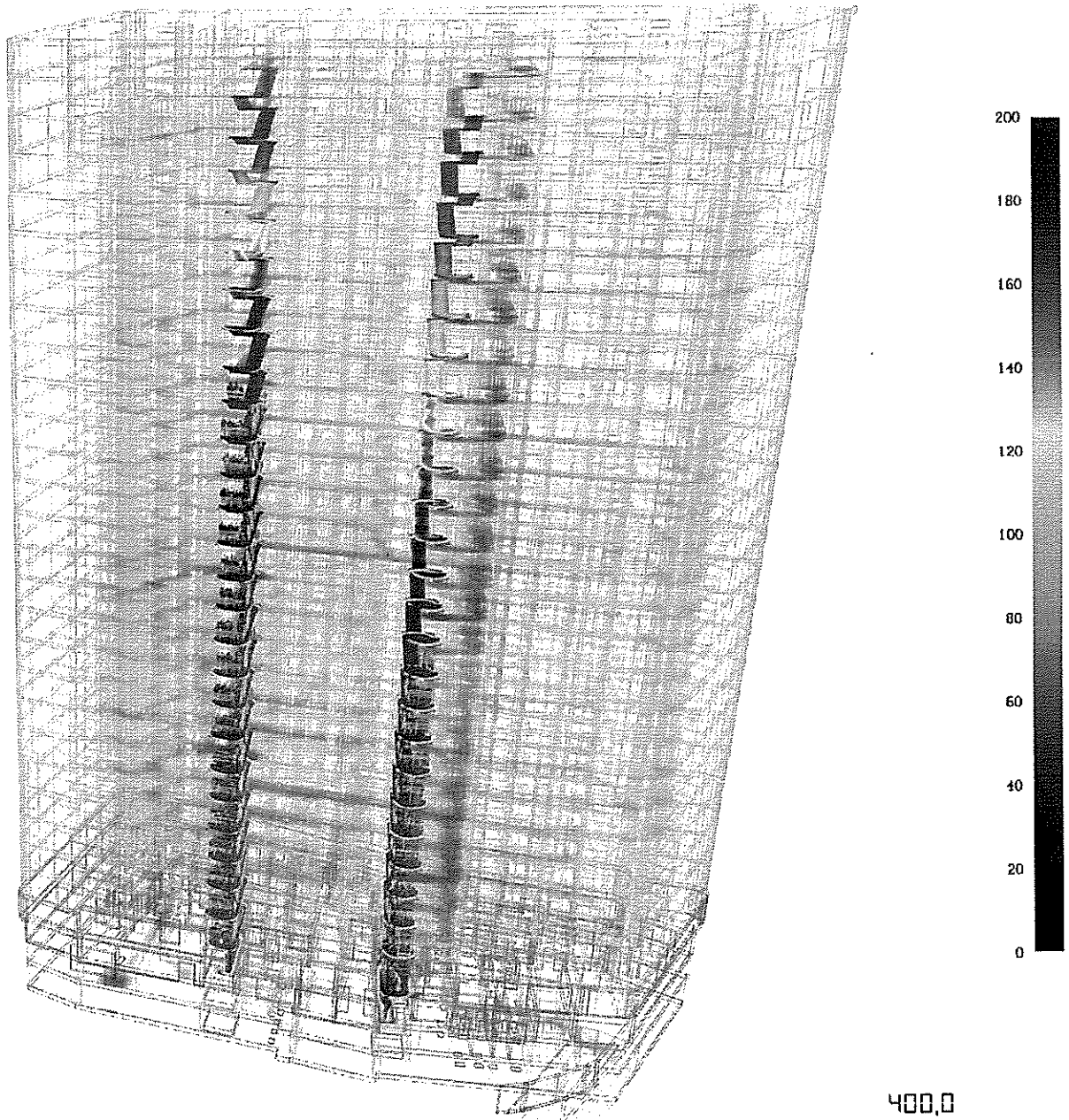


Рисунок 2.9 – Моделювання евакуації агентів з будівлі на 400 с.

Exited: 1421/1945

Usage
(s)

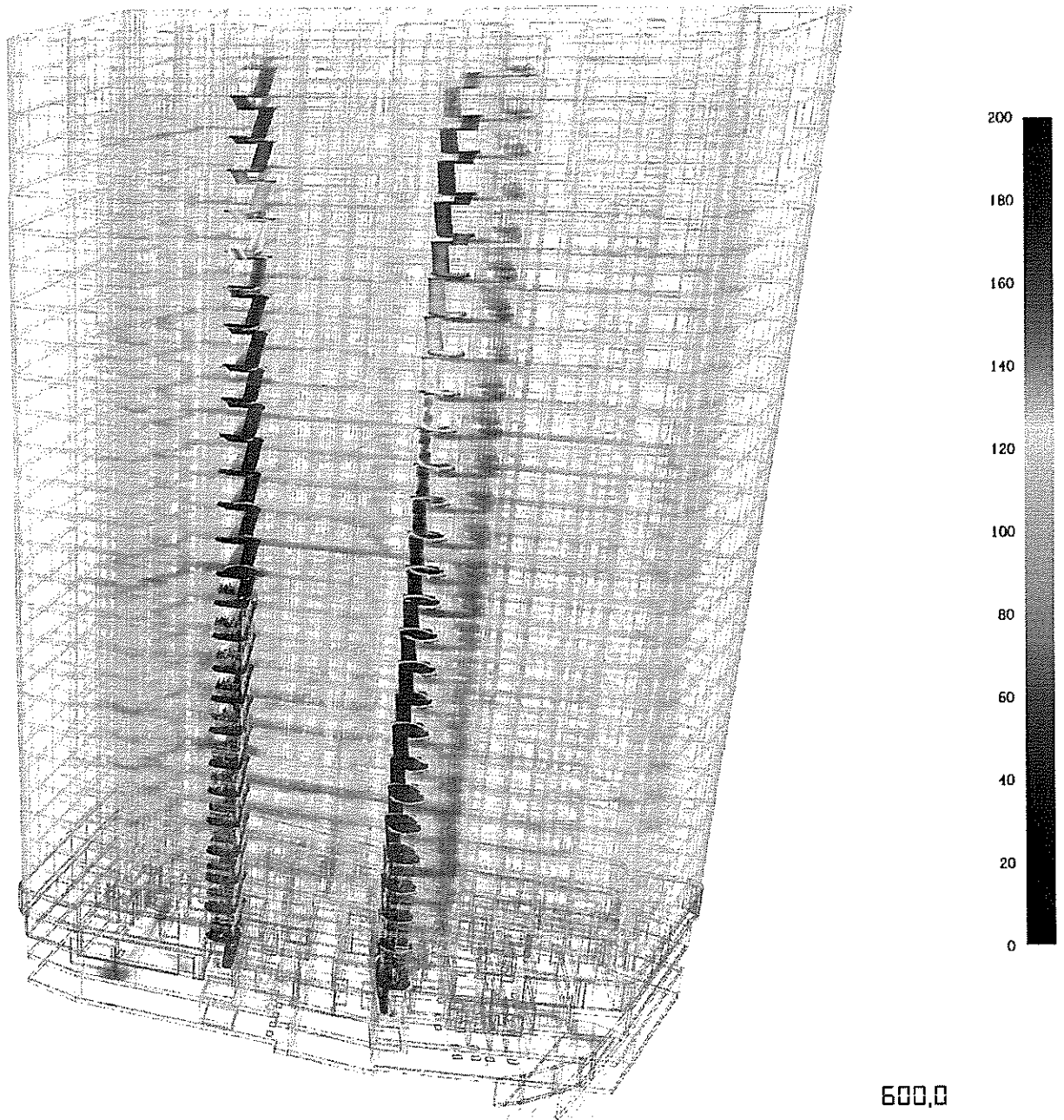


Рисунок 2.10 – Моделювання евакуації агентів з будівлі на 600 с.

Exited: 1758/1945

Usage
(s)

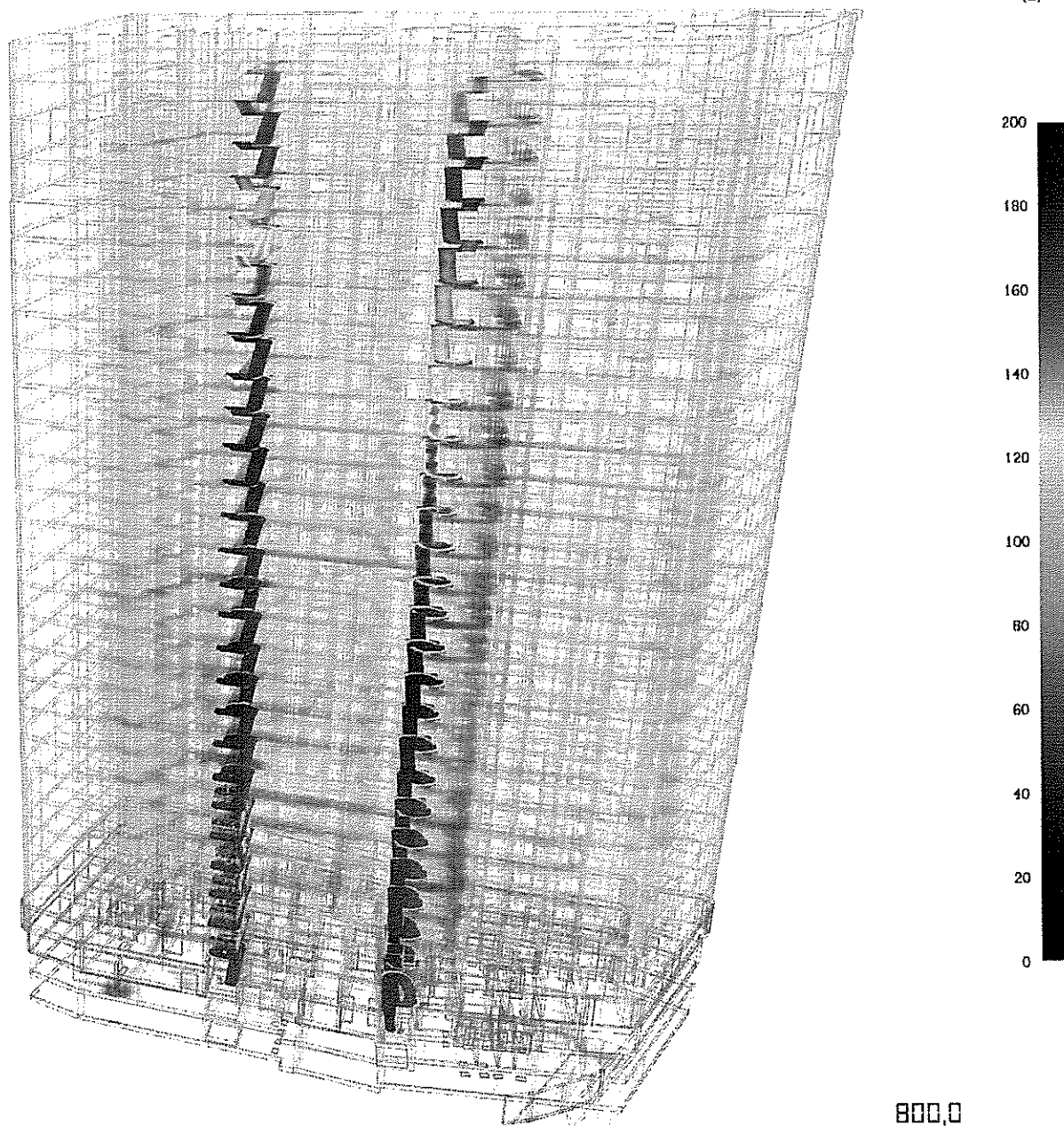


Рисунок 2.11 – Моделювання евакуації агентів з будівлі на 600 с.

Таблиця 2.2- Пропускна здатність проємів:

Двері	Перший, що вийшов	Останій, що вийшов	Кількість агентів, що пройшли	Середній потік
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
Вихід 1	1,8	29,8	41	1,46
Вихід 2 (Сходова клітка)	25,1	978,5	988	1,04
Вихід 3	1,1	6,8	10	1,75
Вихід 4	0	0	0	
Вихід 5 (Сходова клітка)	36,1	716,5	715	1,05
Вихід 6	3,7	18	12	0,84
Вихід 7	4,1	8,7	8	1,75
Вихід 8	2,3	15	15	1,18
Вихід 9	2,8	14,5	21	1,8
Вихід 10	3,2	13,2	17	1,69
Вихід 11	2,2	4,4	5	2,27
Вихід 12	2,4	6,2	7	1,84
Вихід 13	7,9	45,1	45	1,21
Вихід 14	3,7	35	61	1,95

Висновок: Розрахунковий час евакуації людей з першого поверху будинку за сценарієм складає - 978 с.

2.3. Оцінка рівня пожежної безпеки людей та індивідуального пожежного ризику для об'єкта: «Будівництво житлового комплексу соціально-побутового призначення за адресою: пров. Заводський, 1, 1/2, 2, вул.. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва. 2 черга будівництва»

Відповідно з проектною документацією об'єкт обладнано наступними системами протипожежного захисту: внутрішнього протипожежного водопроводу; пожежної сигналізації; система оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей; диспетчеризації та автоматизації СПЗ.

Імовірність ефективного спрацювання систем протипожежного захисту в будівлі визначається за формулою [1]. Відповідно до даних проектної документації імовірність ефективного спрацювання кожної з запроєктованих систем протипожежного захисту складає не менше 0,9.

Підставивши значення отримаємо:

$$P_{\text{п.з}} = 1 - (1 - 0,8) \cdot (1 - 0,8) \cdot (1 - 0,8) \cdot (1 - 0,8) = 0,9984$$

Імовірність евакуації людей по шляхах евакуації визначається за формулою (А.5) [1]. В результаті проведених розрахунків часу евакуації людей з будівлі та з

врахуванням обраних сценаріїв виникнення пожежі імовірність евакуації людей по евакуаційних шляхах складає 0,999.

Імовірність евакуації з будівлі [1]:

$$P_e = 1 - (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,001) = 0,999$$

Згідно з статистичними даними імовірність виникнення пожежі для такого типу будівель за останні два роки складає $3,45 \cdot 10^{-2}$.

Розрахункова імовірність впливу небезпечних чинників пожежі на окрему людину в рік [1]:

$$Q_v = 3,45 \cdot 10^{-2} \cdot (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,9984) = 0,0552 \cdot 10^{-6}$$

Згідно з п. 5.3 [1] допустимий рівень пожежної небезпеки для людей повинен бути не більше 10^{-5} в рік при розрахунку на кожну людину.

Рівень забезпечення безпеки людей при пожежі для будівлі визначається за формулою (А.2) [1]:

$$0,0552 \cdot 10^{-6} \leq 10^{-5}$$

Отже, рівень забезпечення безпеки людей при пожежі на даному об'єкті відповідає допустимому рівню.

Загальні висновки

За результатами розрахунків, викладених у таблиці 2.3, розрахунковий час евакуації людей з приміщень не перевищує необхідний час евакуації, тобто люди встигають вийти до моменту досягнення небезпечними чинниками пожежі критичних для людини значень.

Таблиця 2.3. Порівняльні значення розрахункового часу евакуації людей з приміщень та досягнення критичних значень небезпечних чинників пожежі під час пожежі.

Вихід	Необхідний час евакуації, с	Розрахунковий час евакуації, с	Виконання вимог безпечної евакуації
Вихід 1	>600	29,8	Виконується
Вихід 2 (Сходова клітка)	-	1158	Виконується
Вихід 3	352	6,8	Виконується
Вихід 4	>600	0	Виконується
Вихід 5 (Сходова клітка)	-	896	Виконується
Вихід 6	260	18	Виконується
Вихід 7	60	8,7	Виконується
Вихід 8	36	15	Виконується
Вихід 9	>600	14,5	Виконується

Вихід 10	182	13,2	Виконується
Вихід 11	>600	4,4	Виконується
Вихід 12	>600	6,2	Виконується
Вихід 13	>600	45,1	Виконується
Вихід 14	>600	35	Виконується

Відповідно до обраних сценаріїв розвитку пожежі було проаналізовано, що умови безпечної евакуації в будівлі, відповідно розрахунку, виконуються.

На підставі вихідних даних та за результатами розрахунку розрахунковий час евакуації людей від найвіддаленішого місця їх перебування з будівлі «Будівництво житлового комплексу соціально-побутового призначення за адресою: пров. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва. 2 черга будівництва» за самим найгіршим сценарієм до виходу назовні становить **1158 с.**

Відповідно до вихідних даних та наданої проектної документації приміщень на об'єкт: «Будівництво житлового комплексу соціально-побутового призначення за адресою: пров. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва. 2 черга будівництва» та згідно з розрахунковими схемами евакуації людей проведено розрахунки часу настання гранично допустимого для людини значення небезпечних чинників пожежі та розрахункового часу евакуації людей з приміщень об'єкту.

Результати розрахунків необхідного часу евакуації з зони перебування людей визначені по мінімальних значеннях критичного часу досягнення гранично допустимих значень для людини небезпечних чинників пожежі, а розрахунковий час евакуації прийнято по результатам розрахунків часу евакуації людей у межах цих поверхів з врахуванням часу початку евакуації [1].

ДОДАТОК Б

**Розрахунки перевірки схеми розміщення пожежних машин для проведення рятувальних робіт під час пожежі об'єкта будівництва:
«Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціально-побутового призначення за адресою: пров. Заводський, 1, ½, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга)»**

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Згідно з вимогами ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» під час проектування проїздів і пішохідних маршрутів необхідно забезпечувати можливість проїзду пожежних автомобілів до житлових і громадських будинків, у тому числі із вбудовано-прибудованими приміщеннями і доступ особового складу пожежно-рятувальних підрозділів з автопідйомників у будь-яку квартиру чи приміщення.

До житлових будинків висотою 9 поверхів і вище та до громадських будинків висотою 5 поверхів і більше проїзди слід передбачати з усіх сторін. Відстань від краю проїзду до зовнішньої стіни будинку слід приймати 9-11 м для будинків з умовною висотою понад 26,5 м. В районах висотної забудови конструкцію дорожнього покриття пожежного проїзду слід проектувати з урахуванням розрахункового навантаження від автодрабини або автопідйомника: не менше 15 т на вісь, загальна маса 53 т, тиск виносної опори 13,9 кг/см².

Для об'єкта будівництва: «Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціально-побутового призначення за адресою: пров. Заводський, 1, ½, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга)» (далі - Комплексу) розроблено заходи, що забезпечують проведення організаційно-рятувальних робіт пожежно-рятувальними підрозділами в житловій частині Комплексу під час пожежі.

Для об'єкту розрахунку необхідний спеціальний пожежний автомобіль (колінчатий автопідйомач) «Bronto Skylift F 90 HLA», який в змозі забезпечити проведення рятувальних робіт на висоті до 90,0 м. Даний автомобіль є в наявності на озброєнні гарнізону ГУ ДСНС України у м. Києві.

Таким чином, перевірки схеми розміщення пожежних машин для проведення рятувальних робіт під час пожежі об'єкта будівництва: «Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціально-побутового призначення за адресою: пров.

Заводський, 1, ½, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга)» будуть проведені виходячи із наведених вихідних даних.

ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТІВ РОЗРАХУНКУ

За результатом попередньо проведеного аналізу планування території та проїздів Комплексу проведено розрахунки можливостей проїзду пожежного автомобіля до фасадів житлового будинку, а також визначено раціональні місця встановлення колінчатих автопідйомників. Під час проведення розрахунків прийнято тактико-технічні можливості пожежного автомобіля «Bronto Skylift F 90 HLA» щодо висоти його обслуговування в залежності від відстані його встановлення від будівлі, що наведено на рисунку 1.

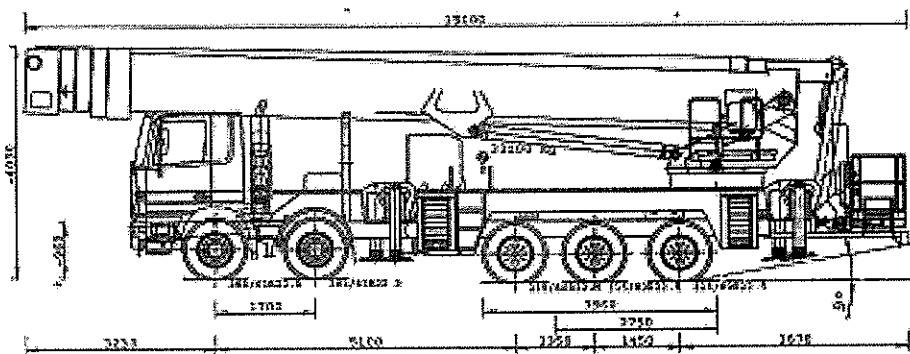
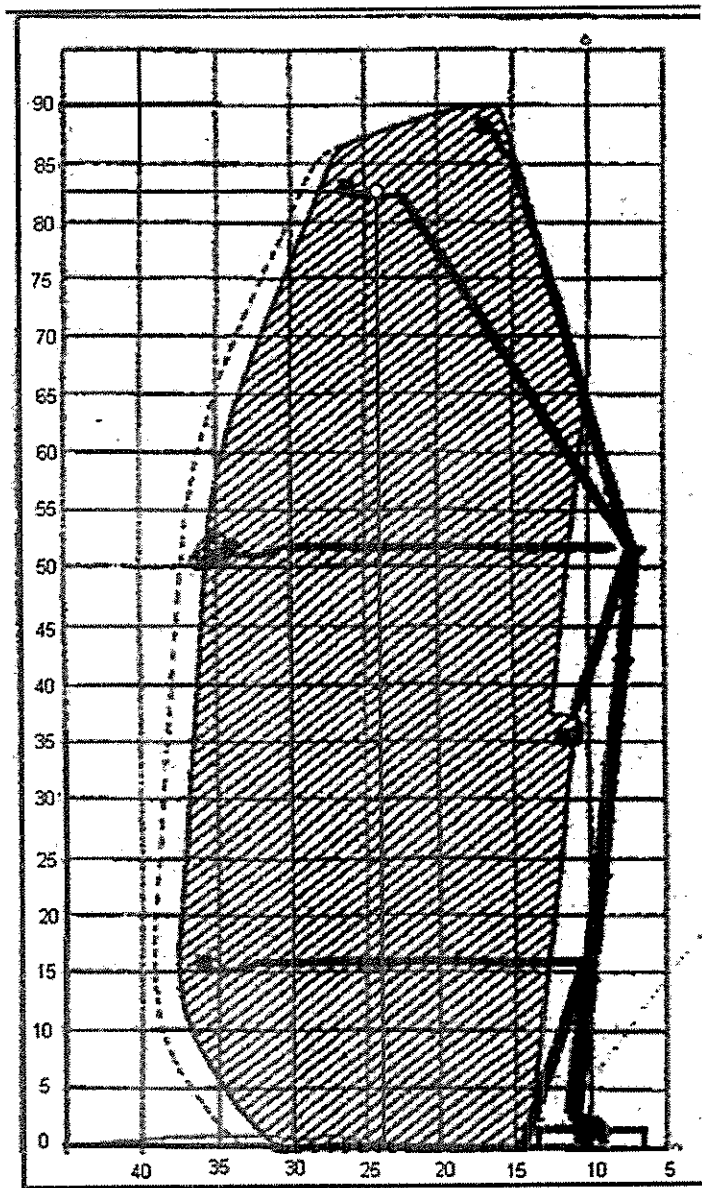


Рисунок 1 – Тактико-технічні можливості пожежного автомобіля та епюри висоти його обслуговування в залежності від відстані його встановлення від будинку.

Таблиця 1 – Тактико-технічні характеристики «Bronto Skylift F 90 HLA»

№ з/п	Характеристика	Bronto Skylift F 90 HLA
1.	Висота у розкладеному виді, м	90
2.	Макс. кут підйому, град	75
3.	Виліт стріли, м	30
4.	Довжина пожежного автомобіля в складеному стані, м	15
5.	Висота пожежного автомобіля, м	4,0
6.	Зовнішній радіус розвороту, м	13,0
7.	Повна маса, кг	48800
8.	Кут повороту стріли, град.	360
9.	Ширина / ширина в розгорнутому стані, м	2,5/7,0

На рисунку 2 наведено план території Комплексу та рисунку 3 наведено схему можливого проїзду пожежно-рятувальної техніки з врахуванням її габаритної характеристики.

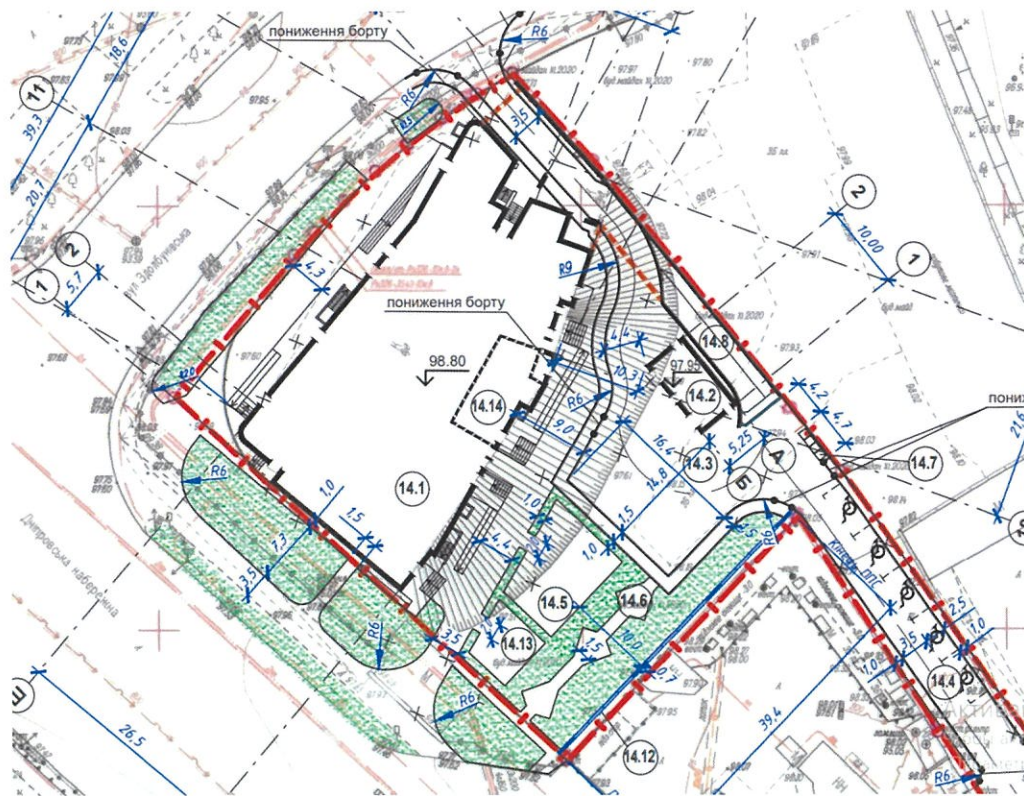


Рисунок 2 – Генеральний план території Комплексу.

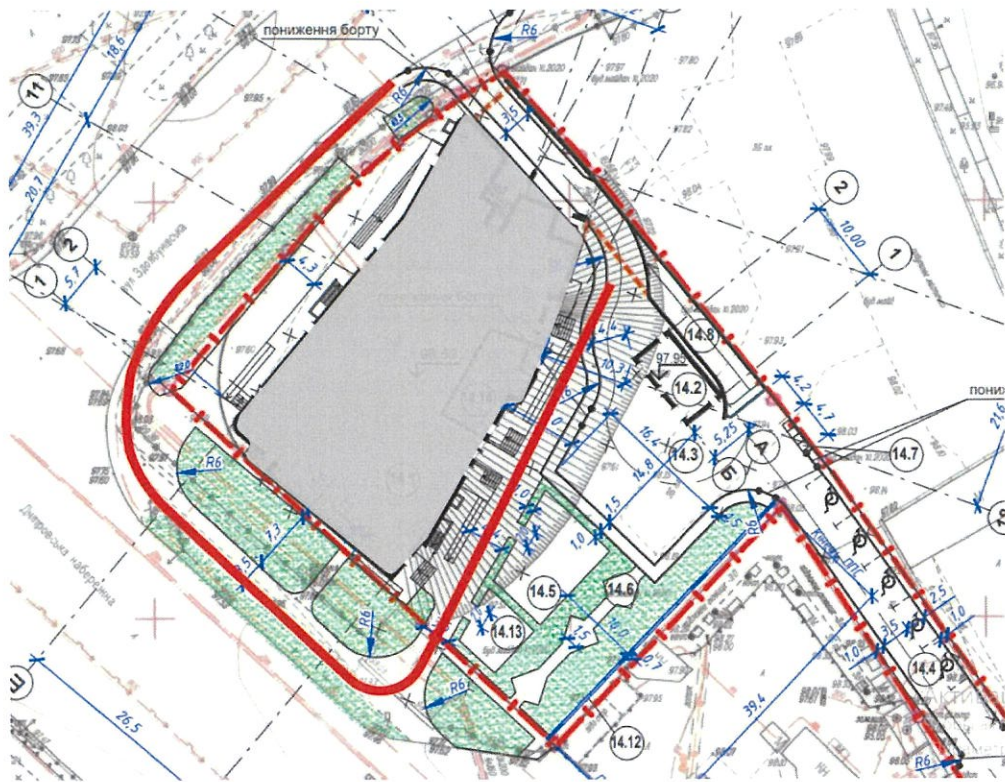


Рисунок 3 – Схема можливого проїзду пожежно-рятувальної техніки.

За результатом аналізу тактико-технічних характеристик пожежно-рятувальних автомобілів, їх габаритних розмірів та розробленої схеми їх проїзду, визначено раціональні місця встановлення колінчатих автопідйомників для забезпечення доступу пожежно-рятувальних підрозділів до фасадів Комплексу, що наведено на схемі рисунку 4. Згідно з ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій за пунктом 15.3.1 під час проектування проїзду пожежних автомобілів до житлових і громадських будинків, у тому числі із вбудовано-прибудованими приміщеннями і доступ особового складу пожежно-рятувальних підрозділів з автодрабин і автопідйомників у будь-яку квартиру чи приміщення. Щоб ця вимога виконувалась, достатньо забезпечити доступ пожежних машин з 3 сторін будинку, так як квартири, що виходять на 4 фасад, що не обслуговується, мають хоч одне вікно, яке знаходиться на обслуговуваних фасадах, тобто з 3 фасадів є доступ в кожную квартиру будинку.

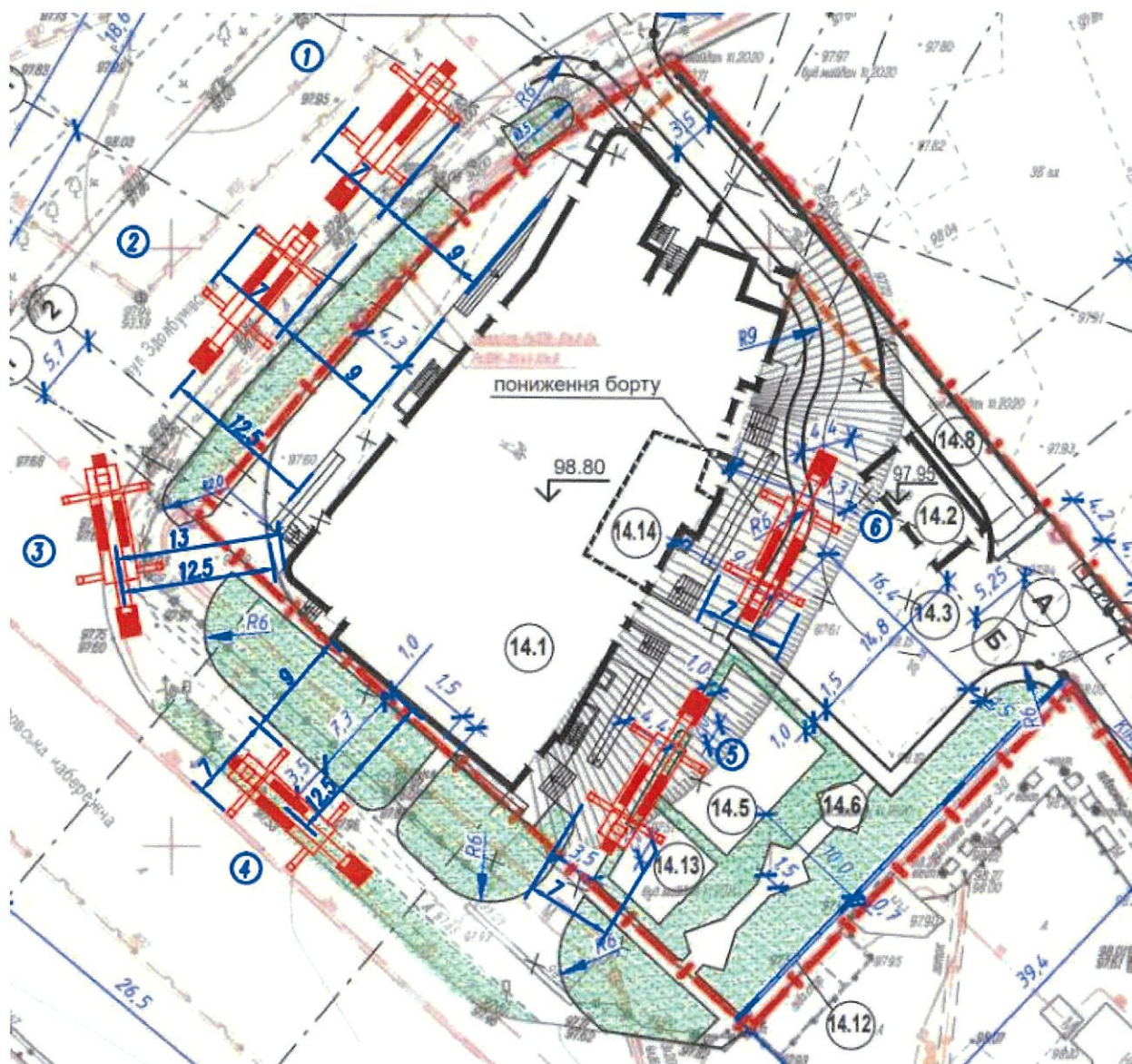


Рисунок 4 – Схема визначених раціональних місць для забезпечення доступу пожежно-рятувальних підрозділів до фасадів Комплексу.

Використовуючи тактико-технічні можливості пожежного автомобіля «Bronto Skylift F 90 HLA» щодо висоти його обслуговування в залежності від відстані встановлення його від Комплексу визначимо горизонтальні проекції робочих зон обслуговування пожежним автомобілем досліджуваного фасаду. Схематичне зображення горизонтальних проекцій робочих зон обслуговування пожежним автомобілем фасадів наведено на рисунку 5.

За результатом проведених розрахунків можна зробити попередній висновок, що обслуговування пожежним автомобілем «Bronto Skylift F 90 HLA» фасаду Комплексу можливе на всю висоту будівлі.

Червоним кольором позначено мінімальний радіус доступу 18 м (висота до 83 м) (рисунок 1).

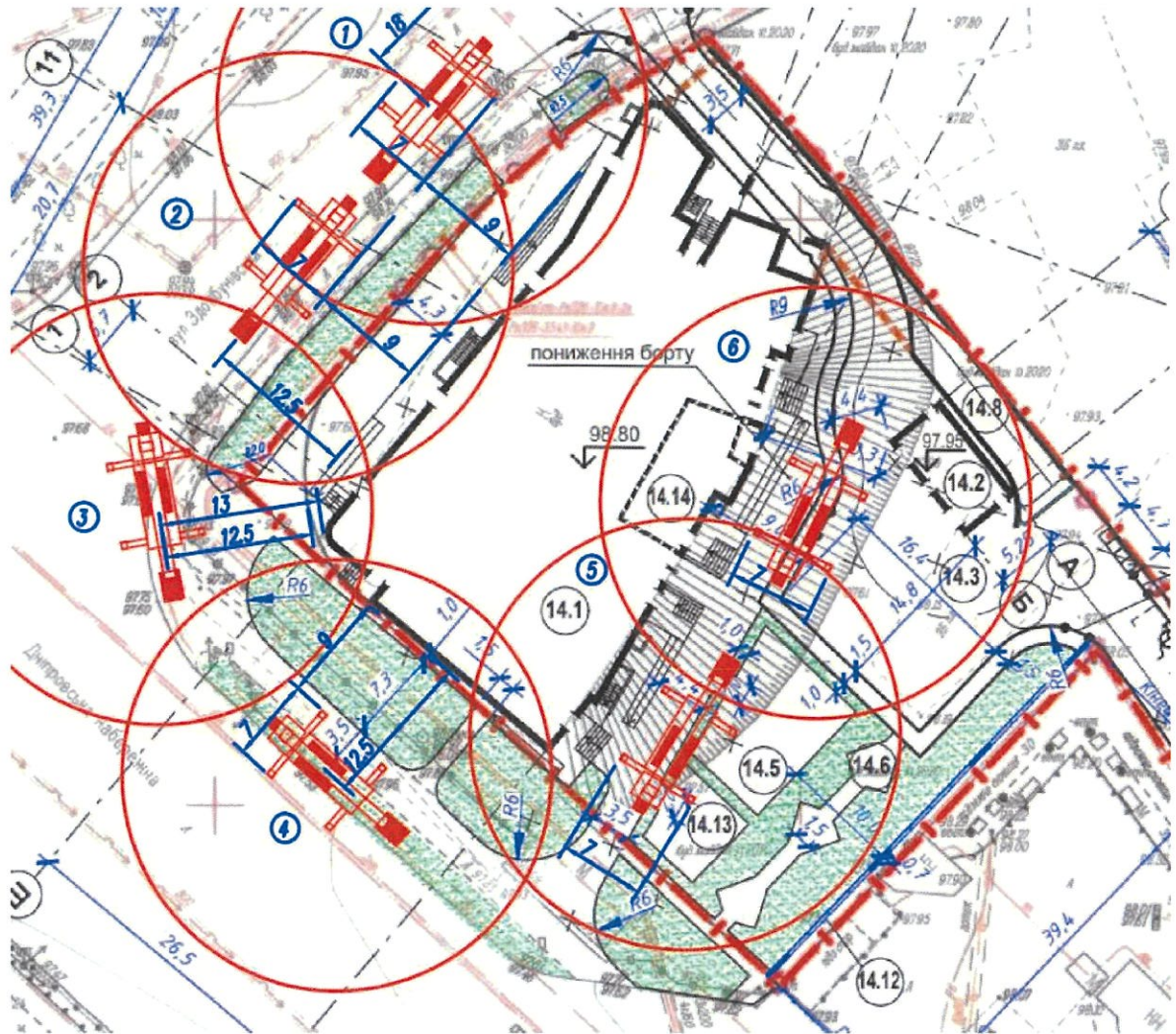


Рисунок 5 - Горизонтальна проекція зон обслуговування пожежним автомобілем залежно від умовної висоти поверху під час установаження пожежного автомобіля згідно із схемою рисунку 4.

Результати висотних тактико-технічних можливостей обслуговування поверхів будівлі Комплексу за допомогою колінчатого підйомника «Bronto Skylift F 90 HLA» наведено на рисунку 6-8.

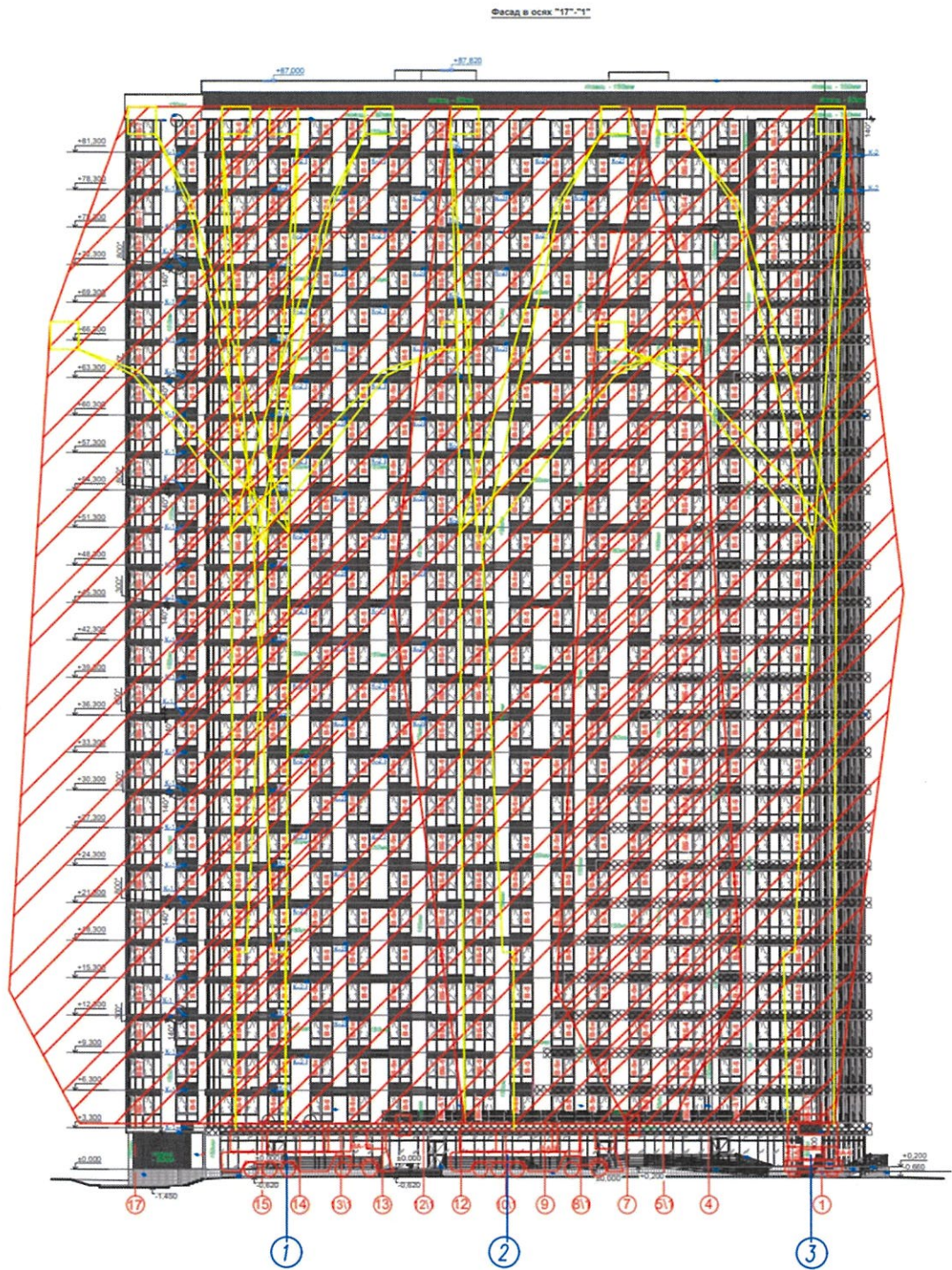


Рисунок 6 - Висотна схема проєкції обслуговування колінчатого підйомника «Bronto Skylift F 90 HLA» в межах осей 17-1.

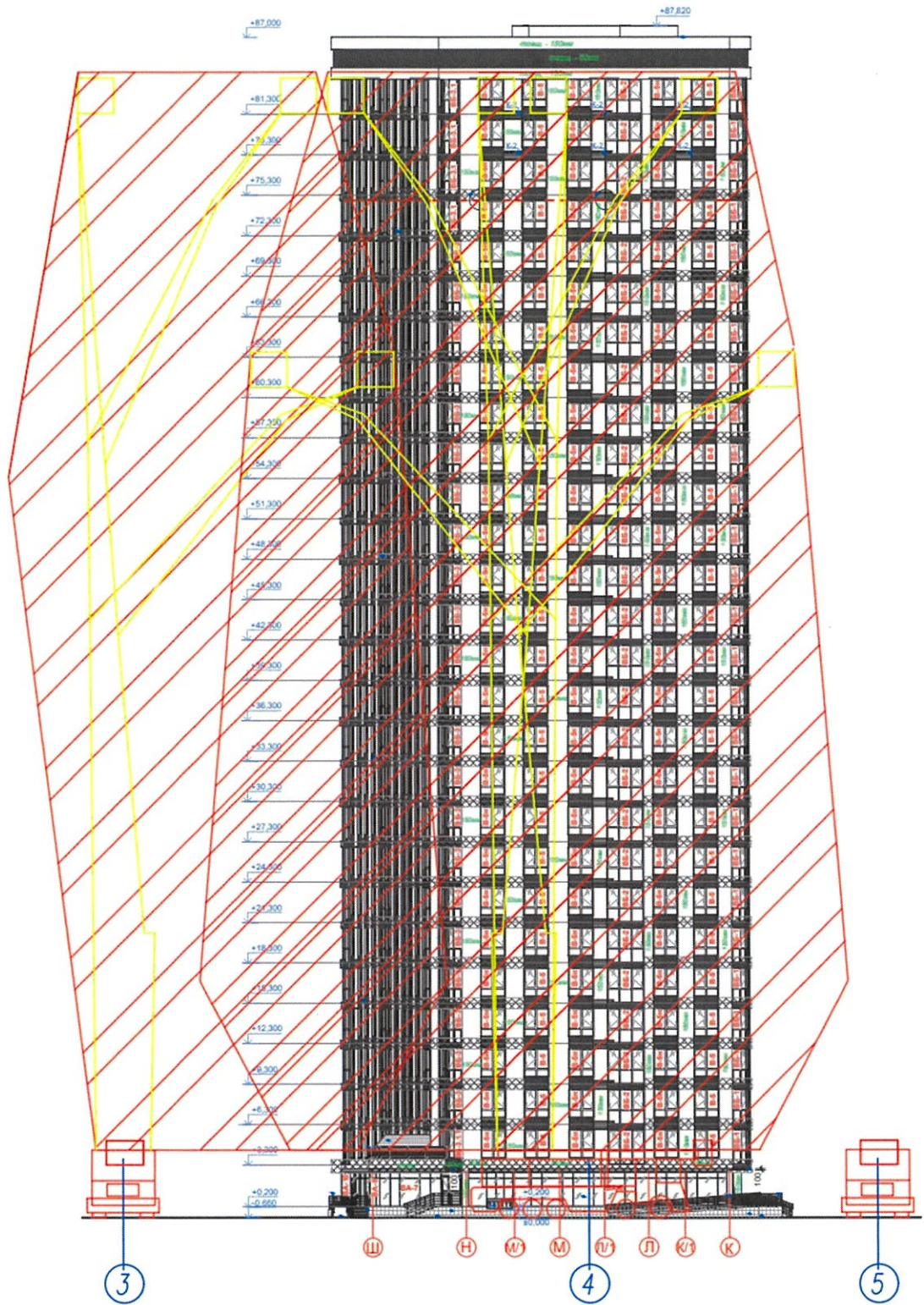


Рисунок 7 - Висотна схема проєкції обслуговування колінчатого підйомника «Bronto Skylift F 90 HLA» в межах осей Ш-К.

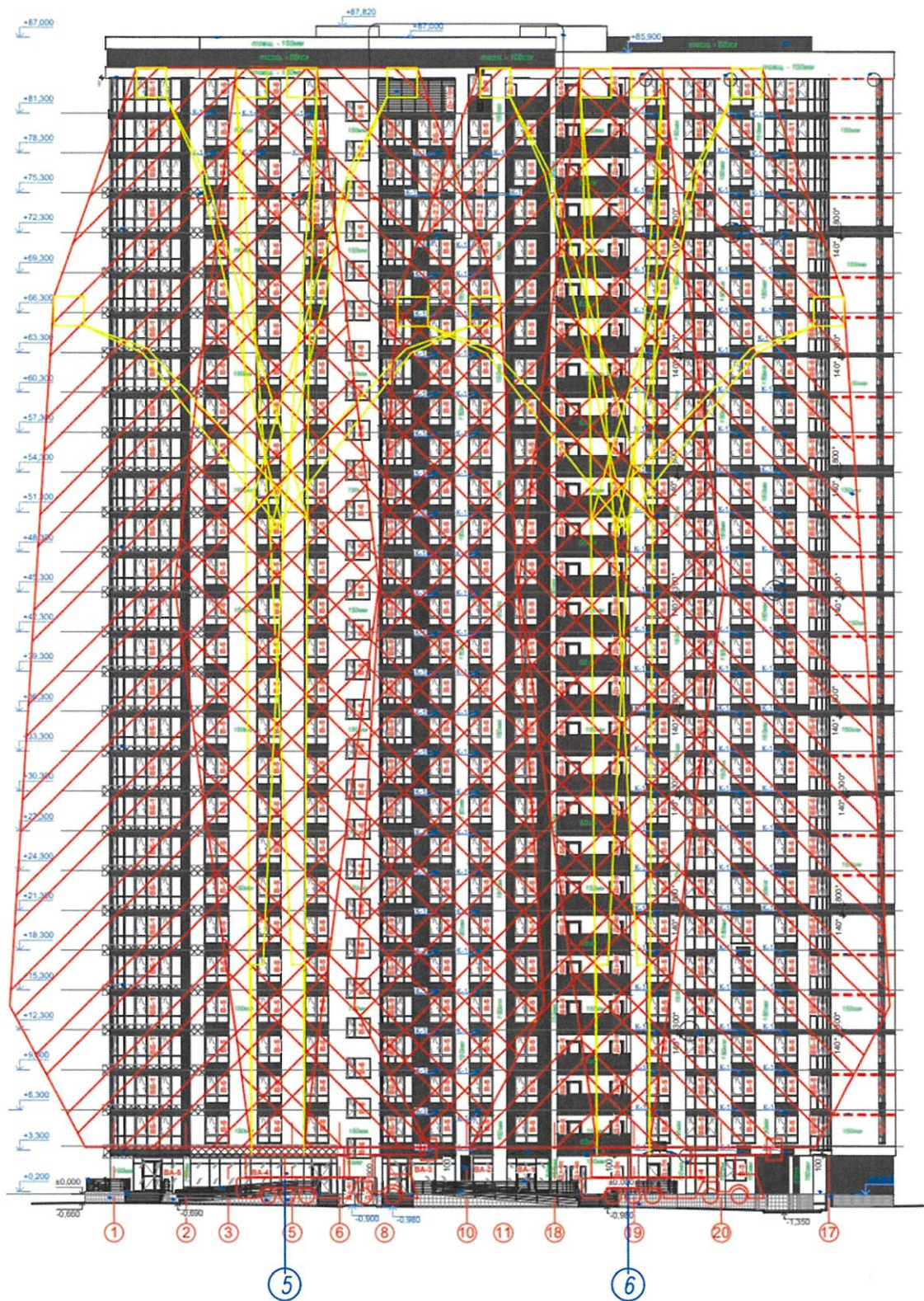


Рисунок 8 - Висотна схема проєкції обслуговування колінчатого підйомника «Bronto Skylift F 90 HLA» в межах осей 1-17.

За результатом проведених розрахунків та аналізу розробленої висотної схеми проєкції обслуговування колінчатого підйомника «Bronto Skylift F 90 HLA» для фасадів із трьох сторін: «Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціально-побутового призначення за адресою: пров. Заводський, 1, ½, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга) за даних об'ємно-планувальних рішень та параметрах проїздів забезпечено можливість проведення рятувальних робіт під час пожежі для колінчатого підйомника «Bronto Skylift F 90 HLA» до відмітки 81,300 м.

Для забезпечення можливості доступу пожежно-рятувальних підрозділів до квартир житлового будинку в місцях визначених схемою проїзду та встановлення колінчатого автопідйомника (АКП) Bronto Skylift F 90 HLA за рисунком 4 необхідно влаштувати покриття, що витримує навантаження не менше 15 т на вісь, загальну масу 53 т, тиск виносної опори 13,9 кг/см².

Для забезпечення можливості доступу пожежно-рятувальних підрозділів до приміщень будинку не допускається розміщення в позначених зонах встановлення пожежно-рятувальної техніки огорож, повітряних ліній електропередачі, розміщення малих архітектурних форм і рядкового насадження дерев. В місцях дворового розміщення зон для встановлення пожежно-рятувальної техніки забороняється відділення парканом чи іншими перешкодами зелених зон, відгородження тротуарів тощо.

З урахуванням технічних характеристик пожежного автомобіля типу «Bronto Skylift F 90 HLA» для забезпечення проїзду, розворотів та встановлення підйомника, ширину проїздів забезпечити не менше 15 м, зовнішній радіус поворотів – не менше 12 м, площадки встановлення не менше 15 м довжини та 7 м ширини.

Пожежні проїзди, площадки для встановлення підйомника виділити шляхом позначення їх меж, фарбуванням у червоний колір стійкою світловідбивною фарбою та встановлення знаків «Пожежний проїзд. Стоянка заборонена».

Зі сторони вул. Дніпровська набережна для доступу до фасаду будинку зі сторони АЗС необхідно забезпечити можливість проїзду АКП шляхом влаштування воріт або швидкорозбірних секцій огорожі.

ДОДАТОК В

**Розрахунок з обґрунтування допустимого зменшення
протипожежної відстані від житлового будинку за адресою: провул.
Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі
м. Києва (II черга Коригування)»
до суміжної багатопаливної автозаправної станції**

ВСТУП

Визначення протипожежних відстаней між суміжними будинками (спорудами) є підтвердженням дотримання основної вимоги до споруд «Пожежна безпека» визначеної постановою Кабінету Міністрів України від 20.12.2006 року №1764 «Про затвердження Технічного регламенту будівельних виробів, будівель і споруд». «Пожежна безпека», а саме: поширення вогню та диму на сусідні споруди і прилеглі території повинно бути обмежене.

Згідно з ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» протипожежна відстань – це нормована відстань між будинками, яку встановлюють для запобігання розвитку пожежі.

На сьогоднішній день визначення мінімально необхідних протипожежних відстаней між будинками та спорудами може реалізуватися такими методами: розпорядчий метод, параметричний метод, експериментальний метод.

Параметричний метод обґрунтування безпечних відстаней передбачає можливість досягнення необхідного рівня безпеки із урахуванням усіх суттєвих характеристик об'єкта будівництва, і, як правило, включає в себе аналіз можливої пожежі в кожній із суміжних споруд за найнебезпечнішим сценарієм розвитку пожежі з подальшим розрахунком та (або) математичним або фізичним моделюванням можливої пожежі.

Перевагами цього методу є можливість вживання альтернативних рішень за рахунок досягнення рівня безпеки із урахуванням параметрів можливої пожежі та характеристики будинків (споруд), між якими визначається протипожежна відстань. Він дозволяє врахувати максимально всі суттєві характеристики, що впливають на процеси теплообміну між суміжними об'єктами під час пожежі. Реалізація такого методу потребує використання сучасних знань у сфері термодинаміки та комп'ютерної техніки. Як недолік можна визначити те, що

використання цього методу потребує відповідної кваліфікації фахівця, що проводить оцінку безпечної протипожежної відстані.

Житловий будинок згідно генплану розташований на відстані 30 м від дихальних клапанів підземних резервуарів, 25 м до поля оглядових люків АЗС та 30 м до резервуара газової колонки. Разом із цим, Відстань від стін житлового будинку та о АЗС «КЛО» має бути не менше 60 м (табл. 15.7 пункту 17.2.11 ДБН Б.2.2-12:2019).

Метою даної роботи є підтвердження запропонованих планувальних та технічних протипожежних заходів шляхом моделювання виникнення пожежі на території суміжних об'єктів щодо об'єкту житлового будинку за адресою: провул. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга Коригування) (далі – Об'єкт чи Будівля) для забезпечення вимог щодо обмеження поширення пожежі на суміжні споруди багатопаливної АЗС, забезпечення безпеки людей та зниження ризиків неприйнятних наслідків від пожежі.

Об'єктом роботи є процеси поширення пожежі відносно Об'єкту та суміжно розташованої території АЗС.

Для побудови полів теплового утворення проводиться експертний вибір сценарію або сценаріїв пожежі, при яких очікуються найгірші наслідки для людей та персоналу які знаходяться на території Об'єкту та суміжних об'єктів, а також врахування прийнятних ризиків для пожежно-рятувальних підрозділів.

Побудова полів теплового утворення під час пожежі включає в себе:

- вибір сценарію пожежі;
- формулювання математичної моделі та моделювання динаміки розвитку пожежі.

Формулювання сценарію розвитку пожежі включає в себе наступні етапи:

- вибір місця перебування початкового осередку пожежі і закономірностей його розвитку;

- задавання розрахункової області (вибір даних при розрахунку системи будівель та технологічних споруд на території, визначення елементів, які враховуються при розрахунку теплового опромінення фасадів будівель, стану віконних прорізів);

- задавання параметрів навколишнього середовища і початкових значень параметрів всередині приміщень та фізичних характеристик облицювальних матеріалів фасадів, також формується математична модель розвитку пожежі і проводиться моделювання динаміки її розвитку.

Оцінка наслідків впливу теплового опромінення під час можливої пожежі на об'єкті «провул. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга Коригування)» до об'єктів розміщених на території суміжної багатопаливної автозаправної станції полягає у визначенні критичних температур на поверхні вибухо-пожежонебезпечних об'єктів при пожежі з врахуванням передбачених конструктивних протипожежних заходів.

1. ФОРМУЛЮВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДИНАМІКИ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖІ

У звичайному вигляді система рівнянь Нав'є-Стокса [2] складається з двох рівнянь:

- рівняння руху,
- рівняння нерозривності.

У векторному вигляді для нестисливої рідини їх записують у такий спосіб:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho V) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho V) + \nabla[\rho V \otimes V] = -\nabla p + \nabla[(\mu + \mu_t)(\nabla V + (\nabla V)^T)] + S, \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h) + \nabla(\rho V h) = \nabla \left(\left(\frac{\lambda}{c_p} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \nabla h \right) + Q_{rad}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_k) + \nabla(\rho V Y_k) = \nabla \left(\left(\frac{\mu}{Sc} + \frac{\mu_t}{Sc_t} \right) \nabla Y_k \right) + Q_k, \quad (4)$$

де t – час; ρ – густина; V – вектор відносної швидкості; p – відносний тиск; μ – молекулярна динамічна в'язкість; μ_t – турбулентна динамічна в'язкість; λ – коефіцієнт теплопровідності суміші; Pr_t – турбулентне число Прандтля; Sc – число Шмідта; Sc_t – турбулентне число Шмідта; Y_k – концентрація k -го компонента реакції горіння.

Статичну ентальпію h суміші визначають за виразом:

$$h = h_0 + \int_{T_0}^T c_p dT + \sum_k Y_k H_k \quad (5)$$

де T – температура; h_0 – початкова ентальпія за температури T_0 ; $c_p = \sum_k Y_k c_{p,k}$ – теплоємність суміші за постійного тиску; H_k – теплота утворення k -го компонента.

Початковий член рівняння (2) S визначають за виразом:

$$S = (\rho - \rho_{hyd})g + \rho B, \quad (6)$$

де ρ_{hyd} – гідростатична густина; g – вектор гравітаційних сил; B – вектор сил обертання (центробіжної та Кориоліса), що обраховують за формулою:

$$B = -2\omega \times V, \quad (7)$$

де ω – вектор кутової швидкості.

Для визначення турбулентної в'язкості застосовують різні варіанти, пов'язані зі способами визначення опосередкованих і флуктуаційних складників величин, що входять до рівняння Нав'є – Стокса. Ці способи визначення турбулентної динамічної в'язкості називають моделями турбулентності. Найбільше поширення має стандартна k - ε модель турбулентності. Згідно з цією моделлю, динамічну турбулентну в'язкість визначають за виразом:

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon}, \quad (8)$$

де $C_\mu = 0,09$ – сталий коефіцієнт; ε – швидкість дисипації турбулентної енергії; k – турбулентна енергія.

Для визначення величин ε і k використовують рівняння, які доповнюють систему рівнянь Нав'є – Стокса, що мають вигляд:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \nabla(\rho V k) = \nabla \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla k \right) + \mu_t G - \rho \varepsilon, \quad (9)$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \nabla(\rho V \varepsilon) = \nabla \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right) + C_1 \frac{\varepsilon}{k} \mu_t G - C_2 f_1 \rho \frac{\varepsilon^2}{k}, \quad (10)$$

де G – величина, яку визначають за виразом:

$$G = D_{ij} \frac{\partial V_i}{\partial x_j}, \quad (11)$$

де величину D_{ij} визначають як

$$D_{ij} = S_{ij} - \frac{2}{3} \left(\nabla \cdot \mathbf{V} + \frac{\rho k}{\mu_t} \right) \delta_{ij}, \quad (12)$$

Величину δ_{ij} , яка входить до рівняння (2), визначають як:

$$S_{ij} = \frac{\partial V_i}{\partial x_j} + \frac{\partial V_j}{\partial x_i}. \quad (13)$$

Інші параметри, що входять до рівняння (2) і (3), є постійними.

Для замикання системи рівнянь (1) – (4) використовують рівняння стану ідеального газу. Для суміші газів його записують у вигляді:

$$p = \rho R_0 T \sum_k \frac{Y_k}{M_k}, \quad (14)$$

де R_0 – універсальна газова стала; M_k – молярна маса k -го компонента.

Рівняння, що описують горіння у двофазному потоці повітря й часток рідкого палива.

Горіння представляє узагальнена хімічна вуглеводнева формула $C_xH_yO_z$ (C_6H_6O). Теплоту згорання рідкого палива визначають за такою формулою:

$$\text{LHV}_{\text{liq, fuel}} = h_{\text{liq, fuel}}^0 - h_{\text{CO}_2}^0 \frac{44x}{12x + y + 16z} - h_{\text{H}_2\text{O}}^0 \frac{9y}{12x + y + 16z}, \quad (15)$$

де $h_{\text{lic, fuel}}^0$, $h_{\text{CO}_2}^0$, $h_{\text{H}_2\text{O}}^0$ – теплоти утворення, вуглекислого газу й води; x , y , z – стехіометричні коефіцієнти для гасу, що дорівнюють відповідно 6, 6 і 0.

Газова фаза являє собою суміш із п'яти газів, тому основна система (1) – (4) доповнена ще п'ятьма рівняннями для кожного зі складників суміші газів: легких $C_xH_yO_z$, O_2 , N_2 , H_2O і CO_2 , що мають вигляд:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_k) + \nabla(\rho V Y_k) = \nabla \left(\left(\rho D_i + \frac{\mu_i}{Sc_i} \right) \nabla Y_k \right) + Q_i^P + Q_i^{chem}, \quad (16)$$

де вихідний член Q_i^{chem} дорівнює швидкості бруто-реакції газофазного горіння для першого рівняння летких, для інших – рівний нулю.

Вихідні члени компонентів суміші для основних рівнянь системи (1) – (4) визначені за виразами:

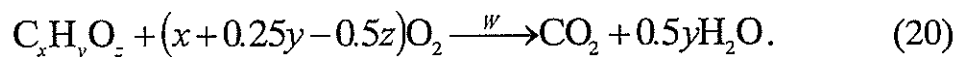
$$Q_i^P = \sum_j (m_{i,in} - m_{i,out}) \frac{N_{pj}}{\Omega_{cell}}, \quad (17)$$

$$\bar{Q}_{mom}^P = \sum_j \frac{\pi r_p^2}{2} C_{Dj} \rho_g |V_g - V_p| (V_g - V_p)_j \frac{N_{pj}}{\Omega_{cell}}, \quad (18)$$

$$Q_{enth}^P = \sum_j (m_{i,in} h_{i,in} - m_{i,out} h_{i,out}) \frac{N_{pj}}{\Omega_{cell}}, \quad (19)$$

де індекс i стосується газового компонента, а індекс j – відповідної траєкторії частки; N_{pj} – число часток, що пролітають за секунду по траєкторії; Ω_{cell} – об'єм розрахункового осередку; C_{Dj} – коефіцієнт опору часток, що летять по траєкторії; ρ_g – щільність газової фази; r_p – радіус частки.

Модель горіння визначають й витратами палива, окисника і продуктів згорання. Кількісні співвідношення визначені за узагальненим хімічним рівнянням:



Швидкість реакції W визначають за стехіометричним коефіцієнтом:

$$i_{chem} = \frac{32(x + 0.25y - 0.5z)}{12x + y + 16z}. \quad (21)$$

Для обліку променистого теплообміну в газовому середовищі та взаємного теплообміну між середовищем і частками, а також твердим матеріалом доцільно використовувати дифузійну модель випромінювання газу (P1). Ця модель побудована на припущенні, що оптичне середовище ізотропне, процес радіаційного теплопереносу описаний рівнянням:

$$\nabla \left(\frac{1}{\alpha + \beta} \nabla E_r \right) + 3(\alpha E_b - \alpha E_r) = 0, \quad (22)$$

де E_r – щільність енергії випромінювання; E_b – рівноважна щільність енергії випромінювання, що визначають за рівнянням:

$$\alpha E_b = \alpha_m E_{b,m} + \alpha_p E_{b,p}, \quad (23)$$

α – інтегральний за спектром коефіцієнт поглинання:

$$\alpha = \alpha_m + \alpha_p, \quad (24)$$

β – інтегральний за спектром коефіцієнт розсіювання:

$$\beta = \beta_m + \beta_p. \quad (25)$$

У рівняннях (22) – (25) використовувані величини мають такі позначення:

– α_m, α_p – коефіцієнти поглинання відповідно до газового середовища й часток;

– β_m, β_p – коефіцієнти розсіювання відповідно до газового середовища й часток;

– $E_{b,m}, E_{b,p}$ – рівноважна щільність енергії випромінювання для газової фази та фази часток розсіювання відповідно до газового середовища й часток.

Перераховані величини визначають за формулами:

$$E_{b,m} = \sigma T_m^4, \quad (26)$$

$$\alpha_p E_{b,p} = \frac{1}{\Omega_{cell}} \sigma \varepsilon_p \sum_j \pi r_j^2 N_j T_{pj}^4, \quad (27)$$

$$\alpha_p = \frac{1}{\Omega_{cell}} \varepsilon_p \sum_j \pi r_j^2 N_j, \quad (28)$$

$$\beta_p = \frac{1}{\Omega_{cell}} (2 - \varepsilon_p) \sum_j \pi r_j^2 N_j, \quad (29)$$

де σ – стала Стефана – Больцмана; T_{pj} – температура j – тої частки; N_j – кількість часток у комірці; ε_p – ступінь чорноти часток.

Вихідний член у рівнянні (1) визначають за рівністю:

$$Q_{rad} = -4\alpha n^2 (E_b - E_r), \quad (30)$$

де n – коефіцієнт заломлення середовища.

Методи чисельного розв'язання базових рівнянь моделі теплообміну в ході вогневих випробувань залізобетонної колони на вогнестійкість. Базові рівняння системи Нав'є – Стокса для цього процесу можна записати в такому узагальненому вигляді:

– рівняння дифузного типу:

$$\frac{\partial}{\partial t}(TS \cdot f) = \frac{1}{PS} \nabla(DS \cdot \nabla f) + SST, \quad (31)$$

– рівняння дифузно-конвекційного типу:

$$\frac{\partial}{\partial t}(TS \cdot f) + \nabla(CC \cdot Vf) = \frac{1}{PC} \nabla(DC \cdot \nabla f) + SST, \quad (32)$$

де узагальнені величини TC (Time Coefficient), CC (Convective Coefficient), PC (Prediffusion Coefficient) і DC (Diffusion Coefficient) визначають коефіцієнти рівняння за відповідних похідних, а величина SST (Scalar Source Term) задає вихідний член.

Для інтеграції узагальнених рівнянь (31) і (32), їх апроксимують для області, що дискретизує, за допомогою адаптивної локально подрібненої сітки. Апроксимовані для дискретної області узагальнені рівняння в ході реалізації неявної розрахункової схеми мають вигляд:

$$\frac{(TC \cdot f)^{n+1} - (TC \cdot f)^n}{\tau} = \frac{1}{TC} \nabla_h(DC \cdot \nabla_h f^{n+1}) + SST \quad (33)$$

$$\frac{(TC \cdot f)^{n+1} - (TC \cdot f)^n}{\tau} \nabla^{(k,s)}(CC \cdot VF^{n+1}) = \frac{1}{PC} \nabla_h(DC \cdot \nabla_h f^{n+1}) + SST \quad (34)$$

де t – часовий крок; $TC \cdot f$ – різницева апроксимація конвективного оператора, при цьому $k = 1$ (1-й порядок точності), а $s = 0$ (невраховане перенесення через ребра й вершини осередку); $\nabla_h(DC \cdot \nabla_h f^{n+1})$ – різницева апроксимація дифузійного оператора.

2. МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖІ ТА ПОБУДОВА РОЗРАХУНКОВОЇ МОДЕЛІ ПОЖЕЖІ

Моделювання динаміки розвитку пожежі проводиться за польовою моделлю з допомогою програми FDS (Fire Dynamics Simulator) розробленої Національним інститутом стандартів і технологій (National Institute of Standards and Technology – NIST, США) [1-3] з врахуванням положень вітчизняних вимог [5-7].

Програма FDS моделює сценарії пожежі з використанням обчислювальної гідродинаміки (CFD), оптимізованої для низькошвидкісних температурно-залежних потоків. Такий підхід виявляється дуже гнучким, і може бути застосований до різних пожеж, починаючи від горіння в печах і до пожеж на нафтових танкерах. Також за допомогою FDS може бути виконане моделювання, що не включає горіння, наприклад, робота вентиляції в будинках.

FDS реалізує обчислювальну гідродинамічну модель (CFD) тепломасопереносу при горінні, чисельно вирішує рівняння Нав'є - Стокса для низькошвидкісних температурно-залежних потоків, особлива увага приділяється поширенню диму й теплопередачі при пожежі. Основним алгоритмом є певна схема методу предиктора - коректора другого порядку точності по координатах і часу. Турбулентність виконується за допомогою моделі Смагоринського "Масштабне моделювання вихрів" (LES). Пряме чисельне моделювання (DNS) можна виконувати, якщо закладена в основі розрахункова сітка досить точна. Масштабне моделювання вихрів - режим роботи за умовчанням.

У більшості випадків в FDS застосовується одноступінчаста хімічна реакція, результати якої передаються через двохпараметричну модель частки в суміші (mixture fraction model). "Частки в суміші" у даному змісті - це скалярна величина, яка надає масову частку одного або більш компонентів газу в даній крапці потоку. За умовчанням розраховуються два компоненти суміші: масова частка незгорілого палива й масова частка згорілого палива (тобто продуктів згорання).

Двоступінчаста хімічна реакція із трьохпараметричним розкладанням частки в суміші розкладається на одноступінчасті реакції - окиснення палива до монооксида вуглецю й окиснення монооксида до діоксида. Три компоненти в цьому випадку - незгоріле паливо, маса палива, яка завершила перший крок реакції й маса палива, яка завершила другий крок реакції. Масова концентрація всіх основних реагентів і продуктів може бути отримана за допомогою "співвідношення стану". Також можна використовувати багатокрокову реакцію з кінцевою швидкістю протікання.

Променистий теплообмін включений у модель за допомогою розв'язку рівняння переносу випромінювання для сірого газу й, для деяких обмежених випадків, з використанням широкодіапазонної моделі. Рівняння вирішується за допомогою методу, аналогічного методу контрольних об'ємів для конвективного переносу (FVM). Коефіцієнти поглинання сажею й димом обчислені за допомогою вузькополосної моделі RADCAL. Геометрія FDS вирішує основні рівняння на прямокутній сітці. Перешкоди зобов'язано бути прямокутними, щоб задовольняти параметри сітки.

На всіх твердих поверхнях задаються теплові граничні умови, в тому числі дані про горючість матеріалу. Тепло- і масоперенос із поверхні й назад розраховується за допомогою емпіричних співвідношень.

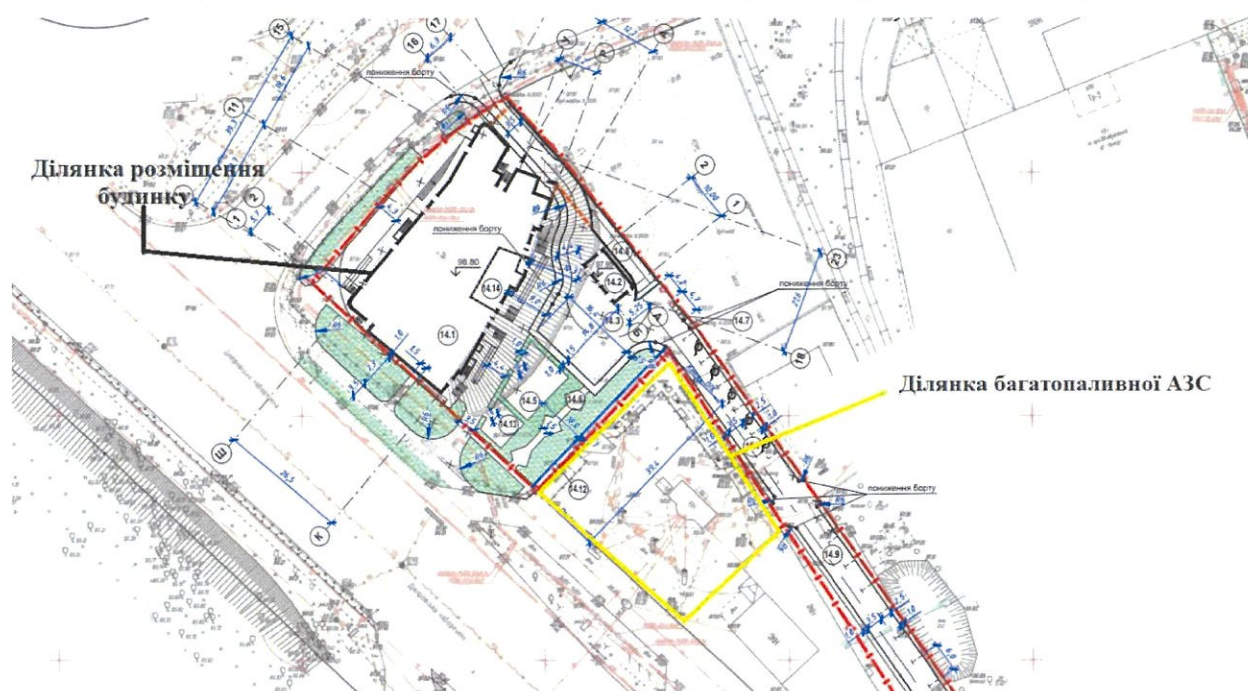
Для відображення та візуалізації результатів моделювання програми FDS використовується спеціальна програма SmokeView.

3. ФОРМУВАННЯ СЦЕНАРІЮ ПОЖЕЖІ ТА ДОСЛІДЖУВАНІ ОБ'ЄКТИ МОДЕЛІ

Земельна ділянка, на якій планується розміщення даного Об'єкту, відповідно до генерального плану знаходиться в межах існуючої забудови за адресою провул. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва.

Об'єкт представляє собою житловий будинок I ступеню вогнестійкості, який складається з житлових поверхів, технічного поверху та підземного паркінгу. Моніторинг системами протипожежного захисту та паркінгу відбувається зі службового приміщення, яке розміщене на першому поверсі будинку.

На рисунках 1-2 наведено загальні плани розташування об'єкту.



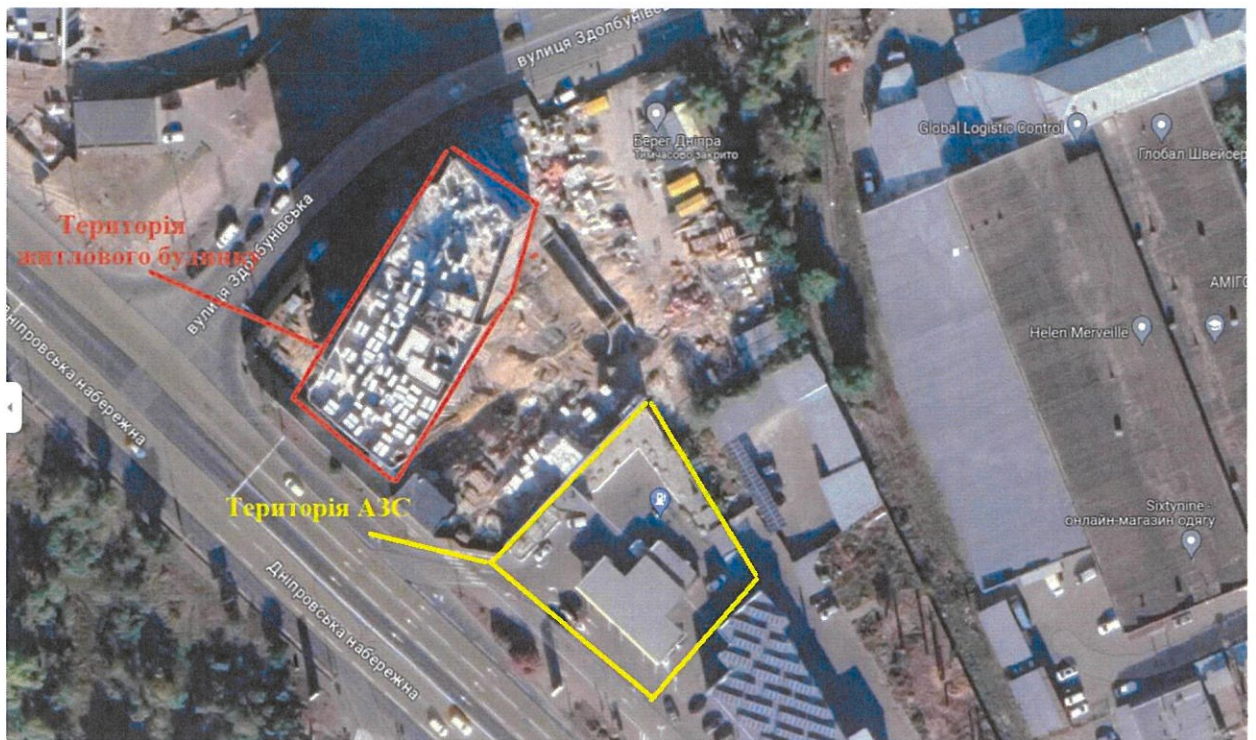


Рисунок 2 – Супутниковий знімок території Об'єкту

Разом з цим, на суміжно розташованій земельній ділянці є багатопаливна АЗС «КЛЮ» на території якої розміщені дихальні клапани підземних резервуарів (30 м), поле оглядових люків АЗС (25 м) та резервуар газової колонки (30 м). Тобто, відстань від стін житлового будинку до АЗС «КЛЮ» менше 60 м (табл. 15.7 пункту 17.2.11 ДБН Б.2.2-12:2019).

Об'єктом розрахунку є комплекс АЗС та сам Об'єкт, а саме житловий будинок I ступеню вогнестійкості з умовною висотою 81,3 м та загальною кількістю поверхів – 28. Також в будівлі є технічний поверх та підземний паркінг. На рисунку 3-7 наведено фасади будівлі, а також її розріз.

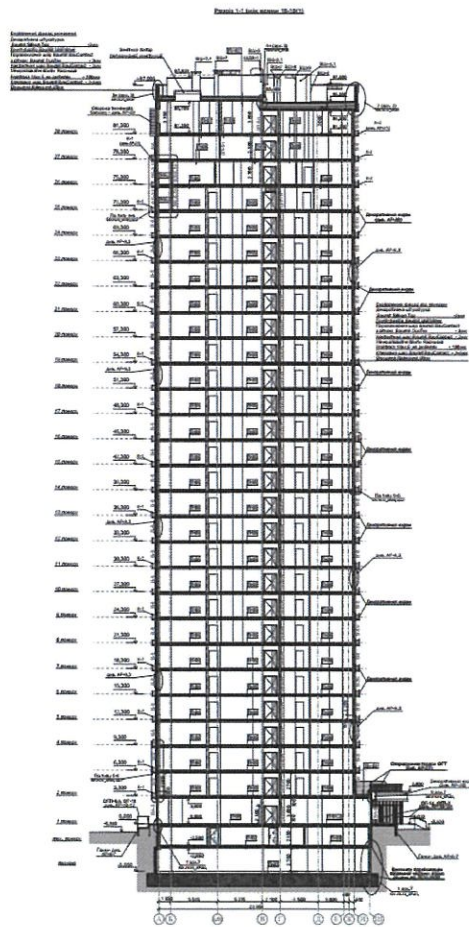


Рисунок 3 – Зовнішній вигляд Об'єкту

Під час оцінювання протипожежної відстані між суміжними об'єктами будівництва розрахунковими методами [4] слід розглядати проектні сценарії пожежі в кожному із цих об'єктів будівництва.

Під час проведення обґрунтування відхилень від чинних будівельних норм для Об'єкту розглядаються наступні розрахункові сценарії.

Сценарій 1: пожежа виникає в житловій будівлі на першому поверсі та вільно поширюється через світлові отвори (вікна) на фасад будинку. Розглядається достатність запропонованих заходів безпеки для забезпечення не поширення пожежі на дихальні клапани підземних резервуарів (30 м), поле оглядових люків АЗС (25 м) та резервуар газової колонки (30 м).

Сценарій 2: пожежа виникає на багатопаливній АЗС. Розглядається достатність запропонованих заходів безпеки для забезпечення не поширення пожежі на житловий будинок.

Після оцінювання розрахункової протипожежної відстані між суміжними об'єктами за будь яким із можливих проектних сценаріїв пожежі (R_1, R_2, R_3) для визначення значення проектної протипожежної відстані (R_1) приймають більше значення із двох розрахункових протипожежних відстаней (R) [5].

$$R_1 = K_6 \cdot \max\{R_1, R_2, R_3\},$$

де K_6 - коефіцієнт безпеки, приймають не менше ніж 1,2.

Оцінювання протипожежних відстаней розрахунковими методами між суміжними об'єктами будівництва здійснюють на підставі:

а) вибору проектного сценарію пожежі та відповідного теплового опромінювання суміжних об'єктів будівництва. Для розрахунково-табличного методу оцінювання протипожежних відстаней визначають: теплоутворювальну здатність пожежної навантаги, коефіцієнт врахування площі прорізів у зовнішніх огорожувальних конструкціях будинку, тривалість теплового опромінювання. Для спрощеного розрахункового методу визначають тепловий баланс у поверхні суміжного об'єкту будівництва, що опромінюються від факелу пожежі. Для

розрахункових методів оцінювання протипожежних відстаней визначають розрахункову температуру;

б) визначення допустимої температури для речовин і матеріалів у об'єкті будівництва, що сприймає тепло від пожежі.

Критерієм прийнятності значення розрахункової протипожежної відстані (R) є умова того, що розрахункова температура (T_p) із урахуванням тривалості теплового опромінювання на поверхні матеріалу, або речовини суміжного об'єкту будівництва, що сприймає тепло від пожежі не перевищує допустиму температуру (T_d) для такого матеріалу або речовини, тобто $T_p \leq T_d$, згідно з ДСТУ 9058:2020.

Тривалість теплового опромінювання (t) визначають:

- для розрахунково-табличного методу оцінювання протипожежних відстаней – із урахуванням часу введення сил і засобів для локалізації та ліквідації пожежі та/або захисту об'єктів будівництва, що сприймає тепло від пожежі;

- для розрахункового методу із використанням рівняння променистого теплообміну та рівняння нестационарної теплопровідності та розрахункового методу із використанням польових моделей – із урахуванням вигорання пожежної навантаги або із урахуванням введення сил і засобів для локалізації та ліквідації пожежі та/або захисту об'єкту будівництва, що сприймає тепло від пожежі.

Теплофізичні характеристики матеріалів та речовин використаних під час оцінювання розрахунковими методами протипожежних відстаней між суміжними об'єктами будівництва приймають на основі даних наведених у довідникових виданнях (з відповідним посиланням на джерело) або за експериментальними даними.

Під час оцінювання протипожежних відстаней розрахунковими методами допускається робити такі припущення:

- температуру полум'я приймають однаковою по всій поверхні;
- температуру речовин або матеріалів, які сприймають тепло від пожежі у суміжному об'єкті будівництва, в початковий момент розрахунку приймають рівною 20 °С;

- приймають такі умови навколишнього середовища: температура повітря 20 °С, атмосферний тиск 1 атм, швидкість вітру 5 м/с, вологість повітря 70%;

- тепловий вплив від пожежі на суміжні об'єкти під час використання спрощеного розрахункового методу оцінювання протипожежних відстаней та методу із використанням рівняння променистого теплообміну та рівняння нестационарної теплопровідності визначають за рахунок теплового випромінювання, конвективну складову допускається не враховувати;

- за відсутності даних, ступінь чорноти полум'я (ϵ_f) приймають рівними $\epsilon_f=1$, а ступінь чорноти поверхні матеріалу або речовини, які сприймають тепло від пожежі у суміжному об'єкті будівництва (ϵ_m) приймають рівними $\epsilon_m=0,8$, як для деревини;

- причину виникнення пожежі не розглядають.

Пожежне навантаження, що входить до складу автомобіля (бензовозу) складає:

- гума – 138, 4 кг (нижча теплота згоряння 33,52 МДж/кг);
- мастильні матеріали – 38,4 кг (нижча теплота згоряння 41,87 МДж/кг);
- полімерні матеріали – 79,7 кг (нижча теплота згоряння 24,3 МДж/кг);
- пінополіуритан – 52,6 кг (нижча теплота згоряння 47,14 МДж/кг);
- целюлозні вироби – 6,1 кг (нижча теплота згоряння 13,4 МДж/кг);
- штучна шкіра – 14,2 кг нижча теплота згоряння (17,76 МДж/кг).

В основі обраних сценаріїв пожежі передбачена наявність конструкції стіни, яка виконана з бетонних матеріалів з наступними фізичними характеристиками:

- густина 1950 кг/м³;
- питома теплоємність 1,04 кДж/(кг·К)
- коефіцієнт випромінювання 0,9;
- коефіцієнт поглинання 0,65 1/м.

Густина цегли 1900 кг/м³, питома теплоємність 0,8 кДж/(кг·К) та теплопровідністю 0,65 Вт/(м·К). Світлові прорізи (вікна) будинку заповнені склом, густиною 2500 кг/м³, з питомою теплоємністю 0,67 кДж/(кг·К) та теплопровідністю 0,061 Вт/(м·К). Густина сталі 7800 кг/м³, питома теплоємність 0,48 кДж/(кг·К) та теплопровідністю 15,0 Вт/(м·К), коефіцієнт випромінювання 0,85.

Облицювальний матеріал фасаду в моделі фрагменту будівлі не враховується для отримання теплових розподілів по фасаду виключно від впливу зовнішнього чинника пожежі. Крок розрахункової сітки FDS моделі складає

25 см², що обумовлено геометричними розмірами моделі фрагменту будівлі та кратності розміру комірки сітки відносно геометричних параметрів зовнішнього блоку кондиціонеру

Параметри, які характеризують тепловий вплив від пожежі на суміжний об'єкт будівництва: висота та ширина будинку; площа полум'я; взаємне розташування суміжних об'єктів, що впливають на кутовий коефіцієнт опромінювання; величина пожежної навантаги та теплофізичні характеристики речовин і матеріалів що її складають; теплофізичні характеристики речовин і матеріалів, які сприймають тепло від пожежі у суміжному об'єкті будівництва; коефіцієнт врахування площі прорізів у зовнішніх огорожувальних конструкціях будинку, в якому виникла пожежа; тривалість теплового опромінювання об'єкту будівництва.

Достовірність результатів оцінювання протипожежних відстаней розрахунковими методами має підтверджуватися:

- обґрунтованістю проектних сценаріїв пожежі;
- повнотою вихідних даних для розрахунку;
- достовірністю властивостей речовин і матеріалів;
- обґрунтованістю граничних умов та припущень;
- точністю, що забезпечується кроком за часом та кроком просторового розбиття розрахункових областей, а також алгоритмів чисельного розв'язку диференціальних рівнянь.

Під час оцінювання протипожежних відстаней між суміжними об'єктами розглядають проектні сценарії пожежі, за яких реалізуються найбільш сприятливі умови для поширення вогню на суміжні об'єкти.

Під час вибору проектного сценарію пожежі між суміжними об'єктами можна брати до уваги такі вихідні дані або їх комбінації:

- особливості об'ємно-планувальних та конструктивних рішень суміжних об'єктів будівництва та розміщення технологічного обладнання (межі вогнестійкості зовнішніх будівельних конструкцій, наявність прорізів у зовнішніх будівельних конструкціях та їх розміри, площа протипожежного відсіку або окремих приміщень тощо);

- вид, кількість, спосіб розміщення та пожежонебезпечні властивості речовин і матеріалів, що знаходяться (зберігаються, переробляються) у суміжних об'єктах будівництва, які сприймають тепло від пожежі;

- значення коефіцієнту врахування площі прорізів у зовнішніх огорожувальних конструкціях будинку де виникла пожежа, що направлені в бік суміжного об'єкту будівництва, який сприймає тепло від пожежі;

- оснащення будинку системами пожежогасіння;

- час введення сил та засобів пожежно-рятувальними підрозділами на гасіння пожежі або на захист суміжного об'єкту будівництва.

Під час оцінювання протипожежних відстаней між суміжними об'єктами розрахунковими методами розглядаються такі найбільш характерні проектні сценарії пожежі та відповідного теплового впливу на суміжні об'єкти будівництва:

- через прорізи в огорожувальних конструкціях будинків;

- від фасадної частини будинку;

- від покрівлі будинку;

- від зовнішньої технологічної установки.

Допустиму температуру (T_d) визначають для речовин і матеріалів у суміжному об'єкті будівництва, що сприймає тепло від пожежі, які залежно від особливостей їх розташування або особливостей технологічного процесу можуть потрапити під дію такого теплового впливу від пожежі.

Під час визначення речовини або матеріалу за характеристиками яких визначають допустиму температуру (T_d) слід врахувати:

- дані щодо температури займання (T_3) таких речовин та матеріалів;

- кількість цих речовин і матеріалів та умови їх розташування.

За результатами аналізу щодо пожежної небезпеки речовин та матеріалів суміжного об'єкту, що сприймають тепло від пожежі визначають речовину або матеріал з найменшою температурою займання (T_3).

У випадках, коли температура займання (T_3) речовини або матеріалу не відома та її визначення не можливе, T_3 приймають рівною:

- для будинків, у якій зовнішня стіна, що сприймає тепло від пожежі у суміжній будівлі (тобто є протилежною такій будівлі), має віконні прорізи – 250 °C (згідно рекомендацій BS EN 1634-1:2014+A1:2018);

- для будинків, у якій зовнішня стіна, що сприймає тепло від пожежі у суміжній будівлі (тобто є протилежною такій будівлі), не має віконних прорізів – 350 °C;

- температура займання горючих рідин та газів приймаємо – 35 °C. [5]

- для технологічної установки – 90 °C [5].

Значення допустимої температури (T_d) для об'єктів будівництва, що сприймають тепло від пожежі, повинно не перевищувати 80% температури займання (T_z) матеріалів або речовин, тобто $T_d \leq 0,8T_z$.

4. РЕЗУЛЬТАТИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ВІДСТАНЕЙ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ЗАХОДІВ

4.1 Створення моделей для розрахункових сценаріїв пожежі.

За результатом визначених найбільш несприятливих сценаріїв пожежі, аналізу, планувальних та конструктивних рішень досліджуваного об'єкту та суміжно розташованих об'єктів створено FDS модель, візуалізацію якої наведено на рисунку 4.1

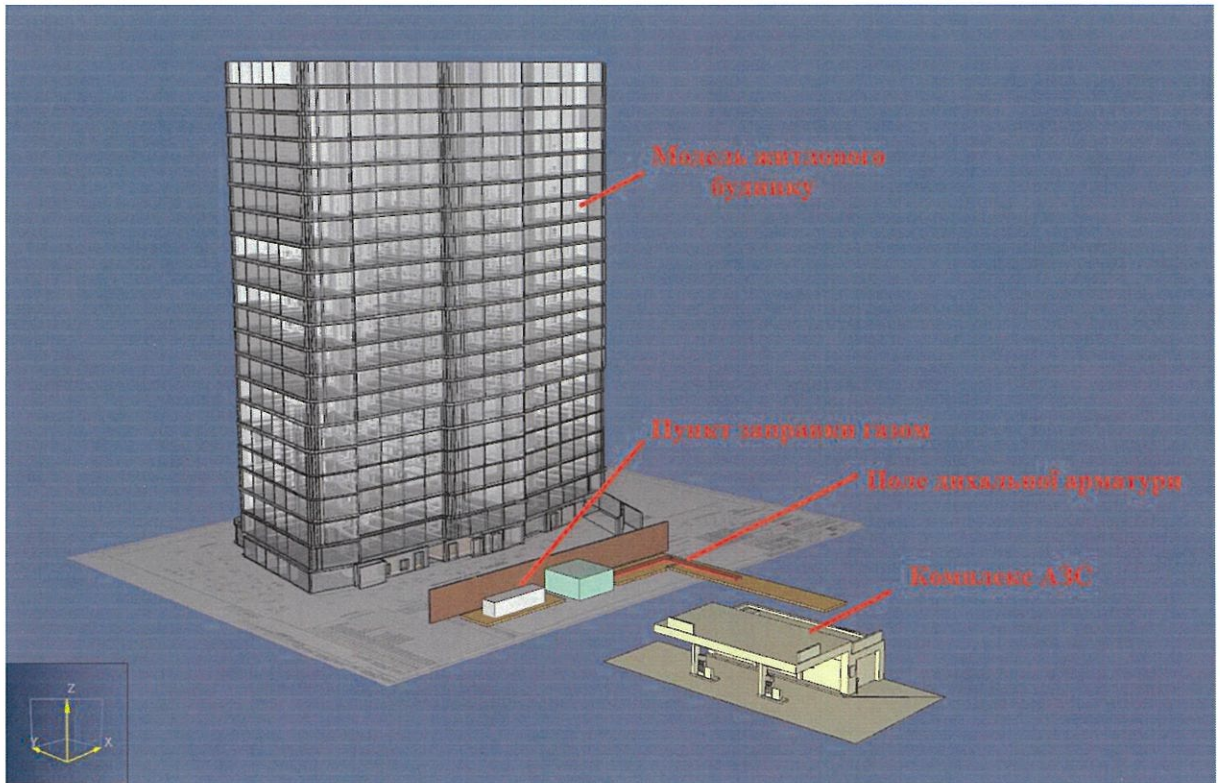


Рисунок 4.1 – Візуалізація FDS модель Об'єкту

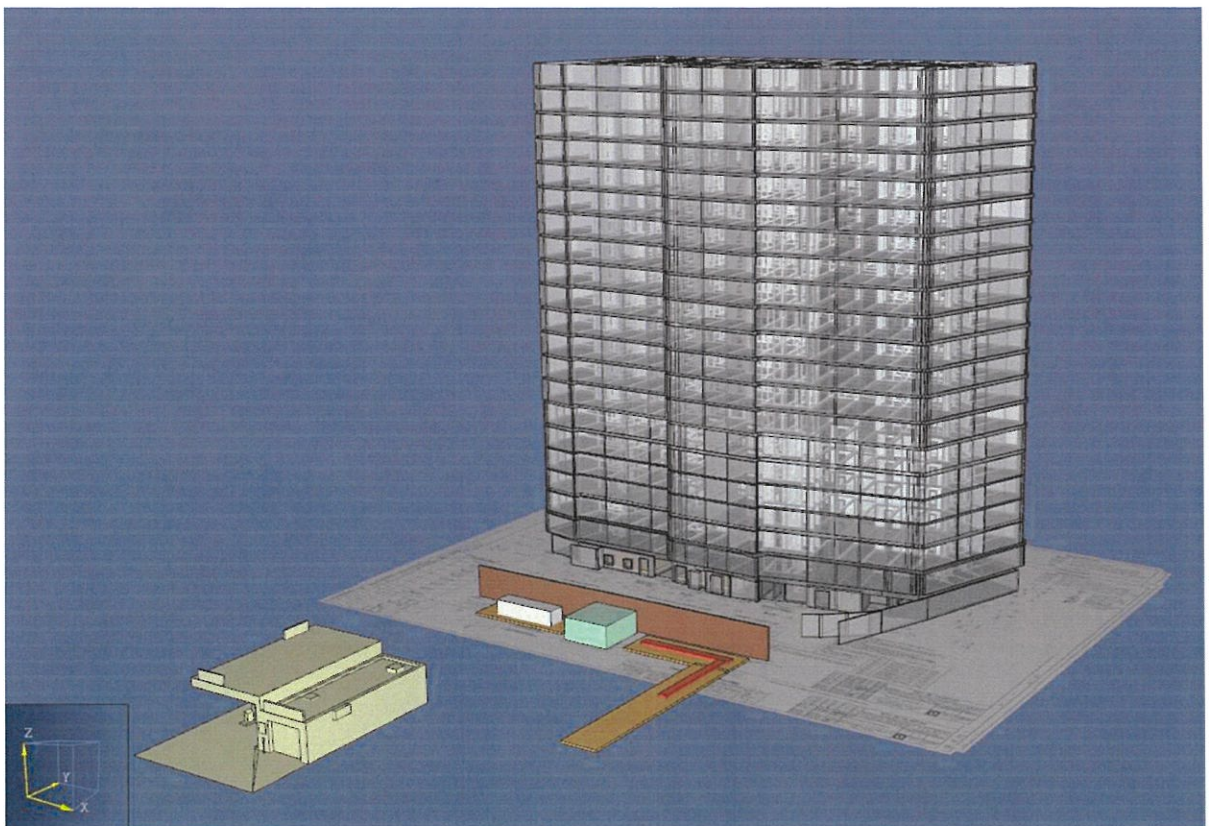


Рисунок 4.2 – Візуалізація FDS модель Об'єкту (інший ракурс)

Під час проведення розрахунків та комп'ютерного моделювання приймається, що аварійна ситуація, для якої можливо передбачити заходи з обмеження поширення пожежі не пов'язана з диверсійними, терористичними або іншими діями, які можуть призвести до вибуху технологічного обладнання (транспорту) або в середині будь якої споруди.

Розрахункова тривалість вільного горіння пожежі складає 600 секунд та обґрунтована часом нормативного прибуття пожежно-рятувальних підрозділів згідно з Постановою КМУ № 874 від 27 листопада 2013 р «Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини)».

Для першого сценарію в якості пожежного навантаження, а саме початкового горючого матеріалу, обрано займання текстильних матеріалів в середині приміщення будівлі. Пожежа виникає в центрі кімнати, пожежне навантаження в середині будівлі становить 450 кВт/м^2 із максимальною температурою горіння $1200 \text{ }^\circ\text{C}$. Поширенню полум'я в середині приміщення відбувається вільно із швидкістю $0,0108 \text{ м/с}$, згідно з рекомендаціями [2-3]. Зменшення інтенсивності горіння (затухання) відсутнє. Під час даного сценарію пожежі приймаємо, що вікна будівлі відкриті.

Для другого сценарію в якості пожежного навантаження, а саме початкового горючого матеріалу, обрано займання паливо-мастильних матеріалів, а саме бензину. Пожежа виникає в результаті аварійного розливу палива в зоні дихальної арматури, пожежне навантаження якого орієнтовно становить 2500 кВт/м^2 із максимальною температурою горіння $1390 \text{ }^\circ\text{C}$. Поширенню полум'я в на території АЗС відбувається вільно із швидкістю $0,45 \text{ м/с}$, згідно з рекомендаціями [2-3]. Зменшення інтенсивності горіння (затухання) відсутнє. Під час даного сценарію

пожежі приймаємо, що вітер зі швидкість 5 м/с направлений в сторону житлової будівлі.

Датчики контролю температури розміщено біля безпосередньої поверхні фасадів будівель та споруд, в зоні газової колонки АЗС, дихальних клапанів підземних резервуарів та в зоні поля оглядових люків АЗС.

На рисунку 4.3 наведено візуалізацію зон де встановлено контрольні датчики.

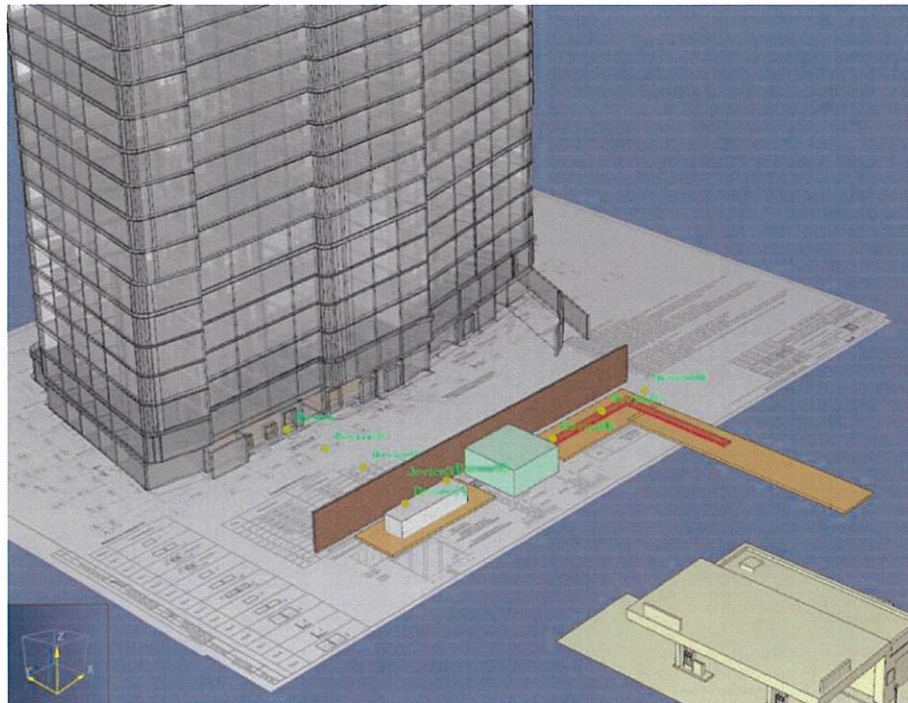


Рисунок 4.3 – Візуалізація зон розміщення вимірювачів температури.

На першому етапі моделювання в якості компенсаційного заходу передбачено встановлення стіни висотою 4 м на межі території житлового будинку з класом вогнестійкості EI 180. Стіна є суцільною без прорізів, самонесучою конструкцією, виконана із негорючих матеріалів довжиною 40 м уздовж межі території багатопаливної АЗС.

4.2 Результати комп'ютерного моделювання

За результатом моделювання за першим сценарієм пожежі встановлено, що за показником «температура» датчики контролю якої розміщено біля безпосередньої поверхні фасадів будівель та в зоні газової колонки АЗС, дихальних клапанів підземних резервуарів та в зоні поля оглядових люків АЗС не відбувається у продовж всієї тривалості моделювання, а саме 600 с. Результати моделювання розвитку пожежі за першим сценарієм наведено на рисунках 4.3-4.5.

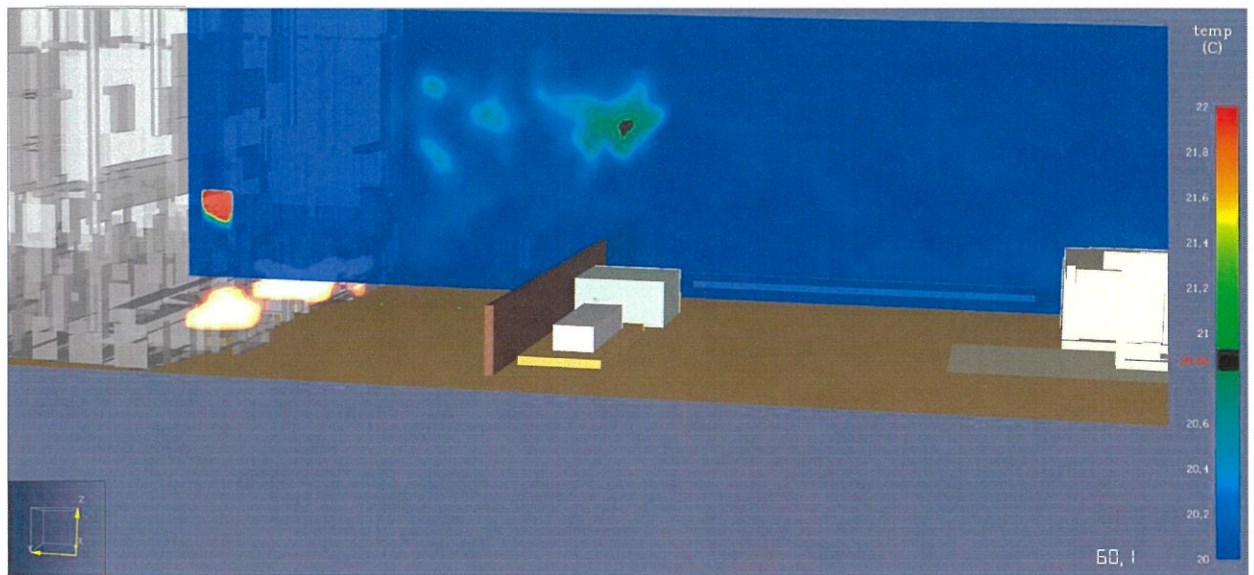


Рисунок 4.3 – Візуалізація розвитку пожежі на досліджуваних об'єктах на 60 секунді моделювання

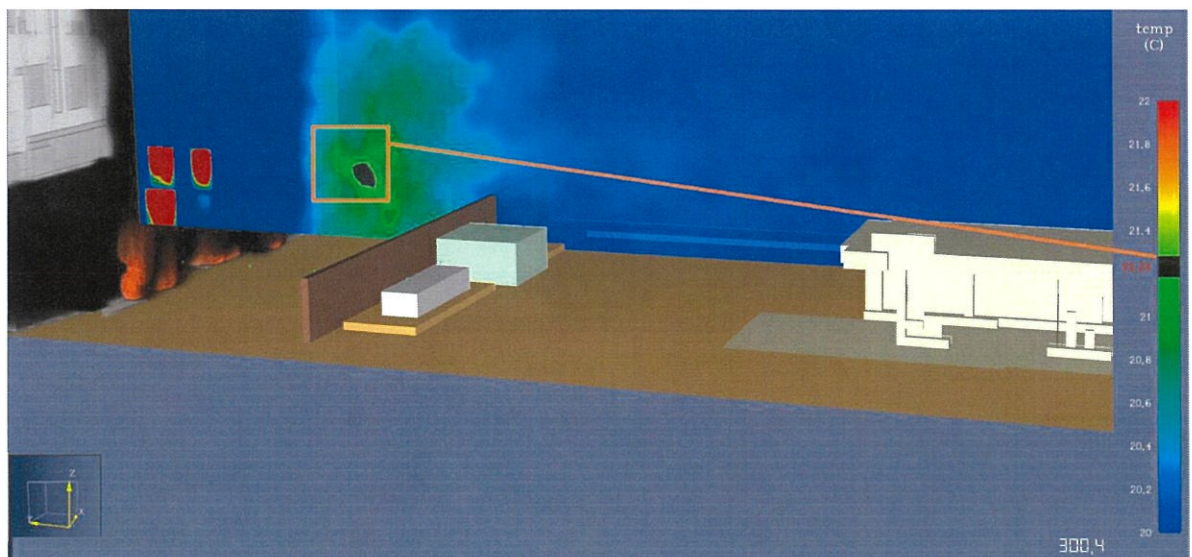


Рисунок 4.4 – Візуалізація розвитку пожежі на досліджуваних об'єктах на 300 секунді моделювання

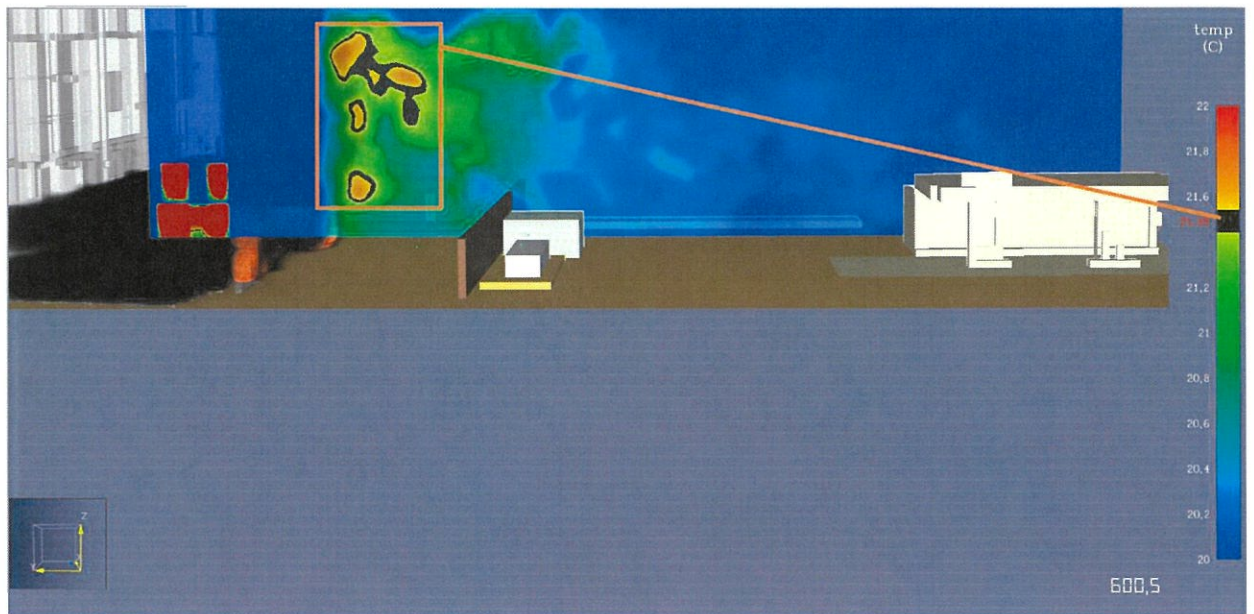


Рисунок 4.5 – Візуалізація розвитку пожежі на досліджуваних об'єктах на 600 секундів моделювання

За результатом проведених розрахунків побудовано усереднений графік залежності зміни температури на певних відстанях від фасаду Об'єкту в залежності від тривалості розвитку розрахункової пожежі. Результати наведено на рисунку 4.6-4.9.

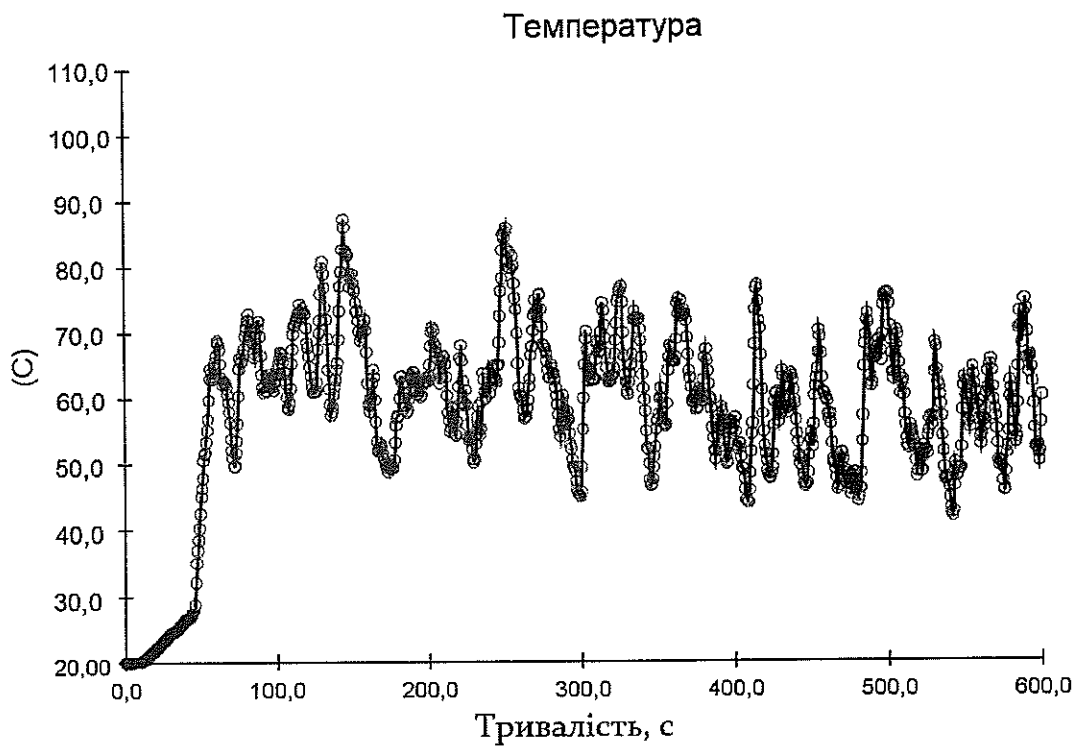


Рисунок 4.6 - Графік залежності зміни температури на відстані 5 м в залежності від тривалості розвитку розрахункової пожежі

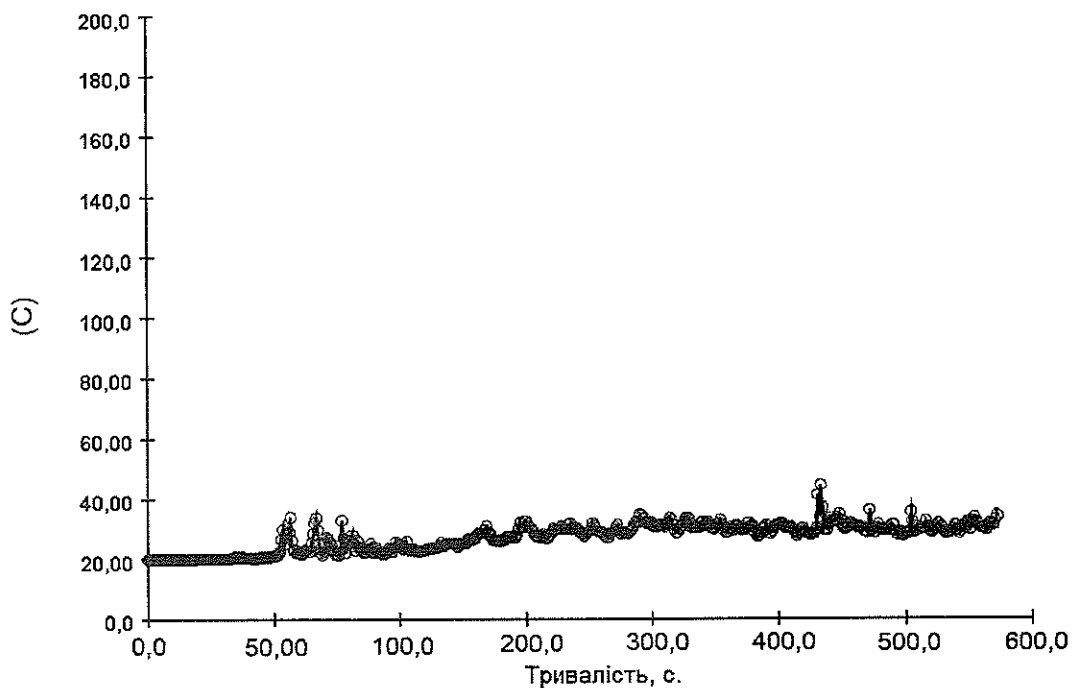


Рисунок 4.7 - Графік залежності зміни температури в зоні протипожежної стіни в залежності від тривалості розвитку розрахункової пожежі

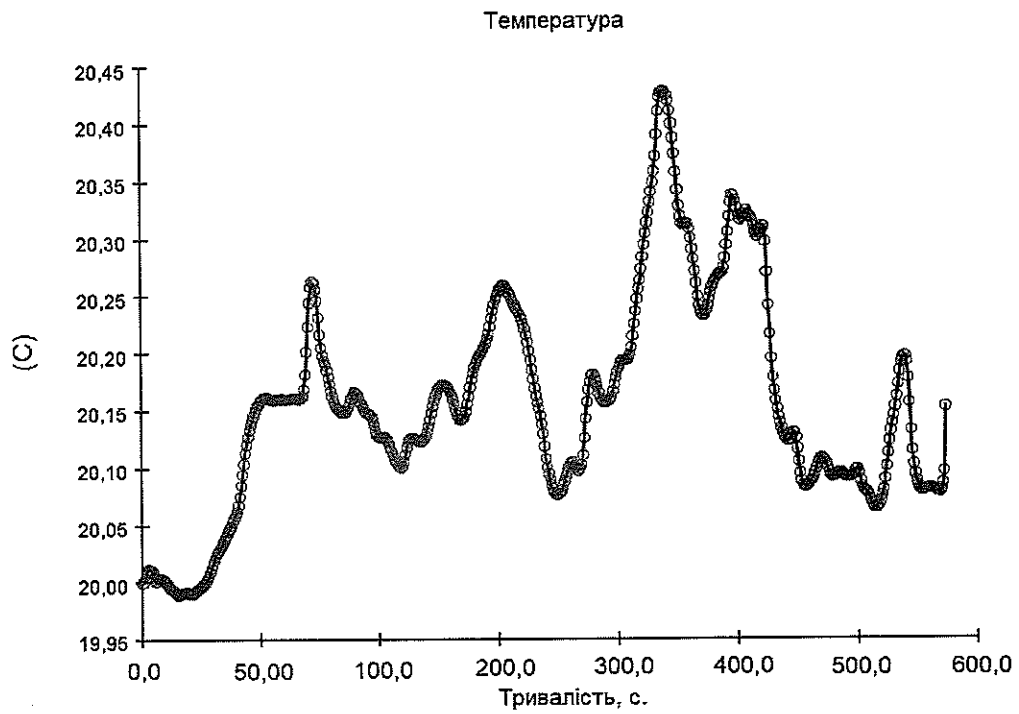


Рисунок 4.8 - Графік залежності зміни температури в зоні газової колонки АЗС в залежності від тривалості розвитку розрахункової пожежі

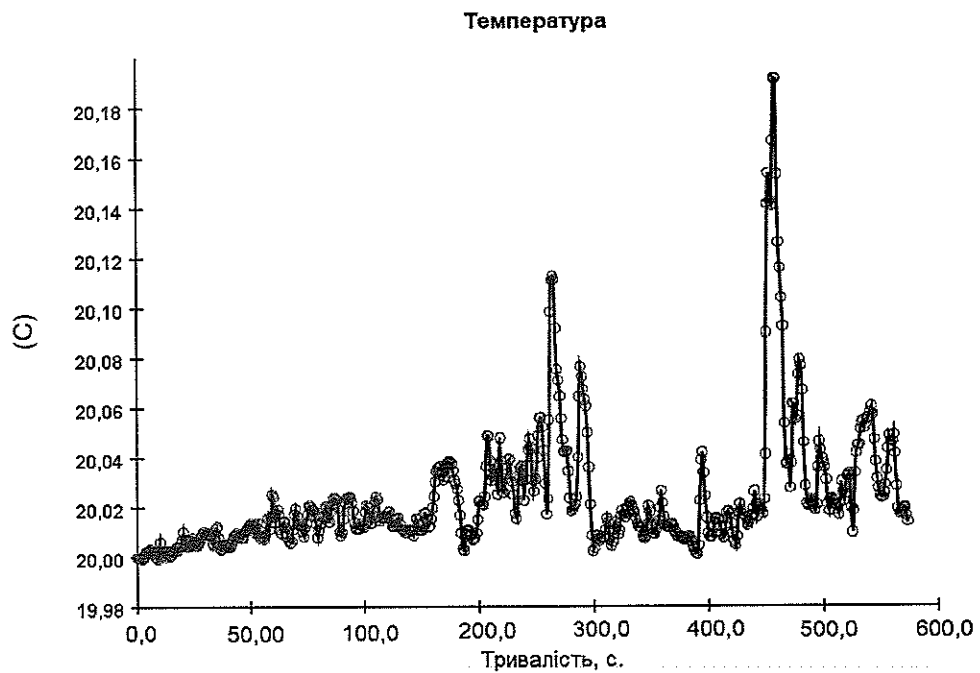


Рисунок 4.9 - Графік залежності зміни температури в зоні дихальних клапанів підземних резервуарів в залежності від тривалості розвитку розрахункової пожежі

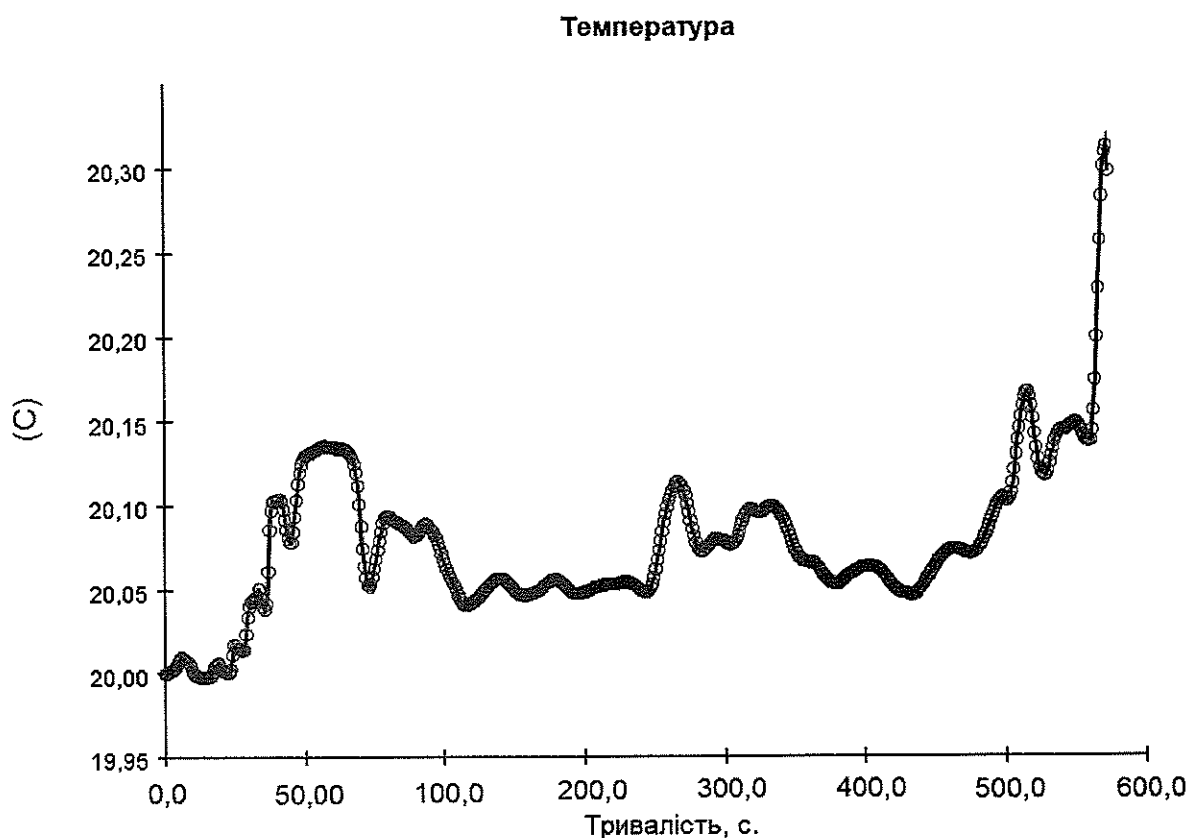


Рисунок 4.10 - Графік залежності зміни температури в зоні поля оглядових люків в залежності від тривалості розвитку розрахункової пожежі

Попередній висновок за результатом розрахунку **першого сценарію пожежі**.

Таким чином, за результатом моделювання **за першим сценарієм пожежі**, а саме пожежі у житловому будинку максимальна температура на території АЗС не перевищує 22,5 °С у продовж всієї тривалості розвитку пожежі.

Температура в зоні газової колонки АЗС в не перевищує 20,43 °С у продовж всієї тривалості розвитку пожежі.

Температура в зоні дихальних клапанів підземних резервуарів в не перевищує 20,18 °С у продовж всієї тривалості розвитку пожежі.

Температура в зоні поля оглядових люків в не перевищує 20,31 °С у продовж всієї тривалості розвитку пожежі.

Температура в зоні поля оглядових люків в не перевищує 20,31 °С у продовж всієї тривалості розвитку пожежі.

Тобто, визначені критичні значення температури для даних об'єктів не перевищено.

Наступним етапом розрахунку є моделювання пожежі за **другим сценарієм**. Серед найгірших умов можливої пожежі визначено сценарій, коли пожежа виникає на багатопаливній АЗС в результаті порушення технологічних умов під час зливу рідкого палива (бензину) до підземних резервуарів АЗС. Об'єм палива що розтікається по території АЗС складає 8000 літрів. Розглядається достатність запропонованих заходів безпеки для забезпечення не поширення пожежі на житловий будинок.

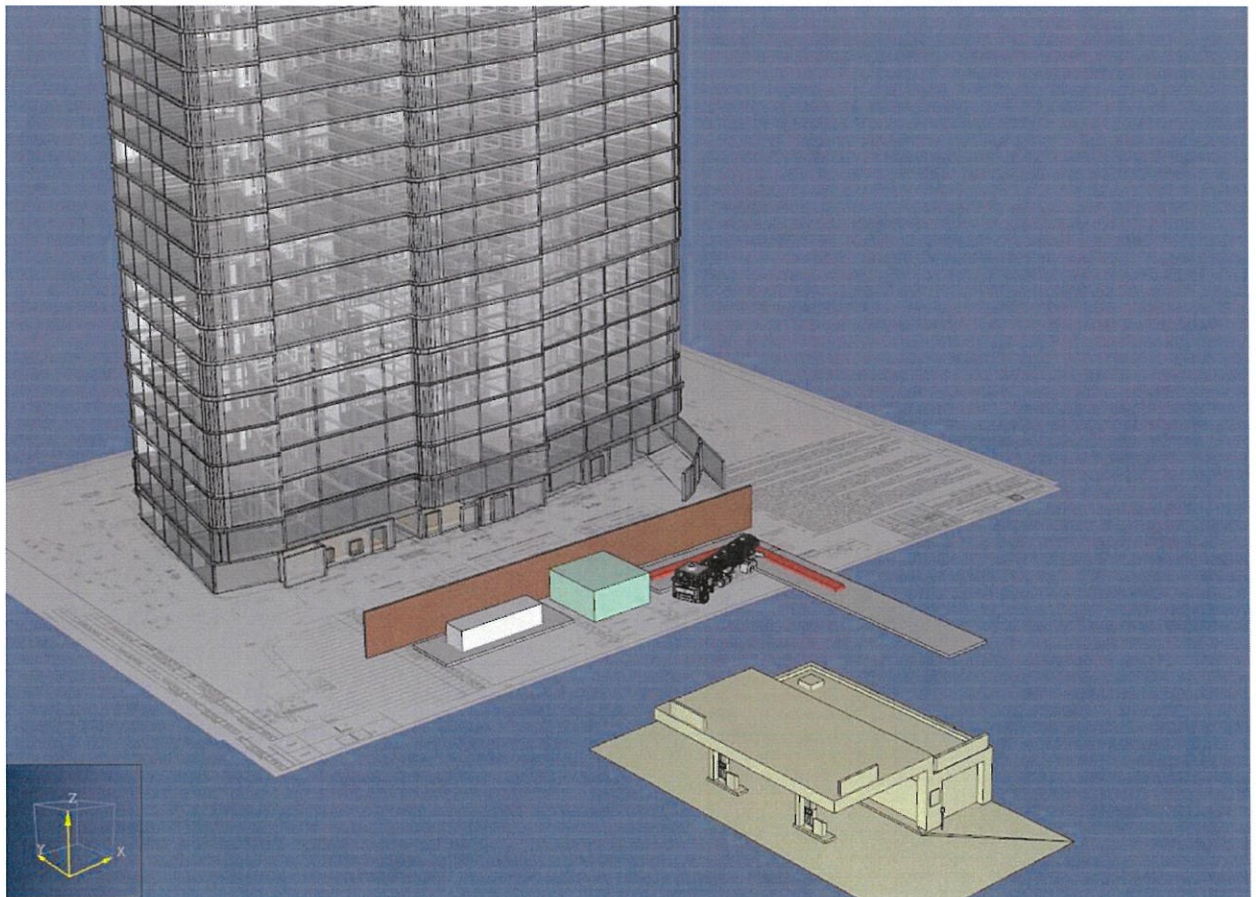


Рисунок 4.11 – Візуалізація моделі для другого сценарію пожежі

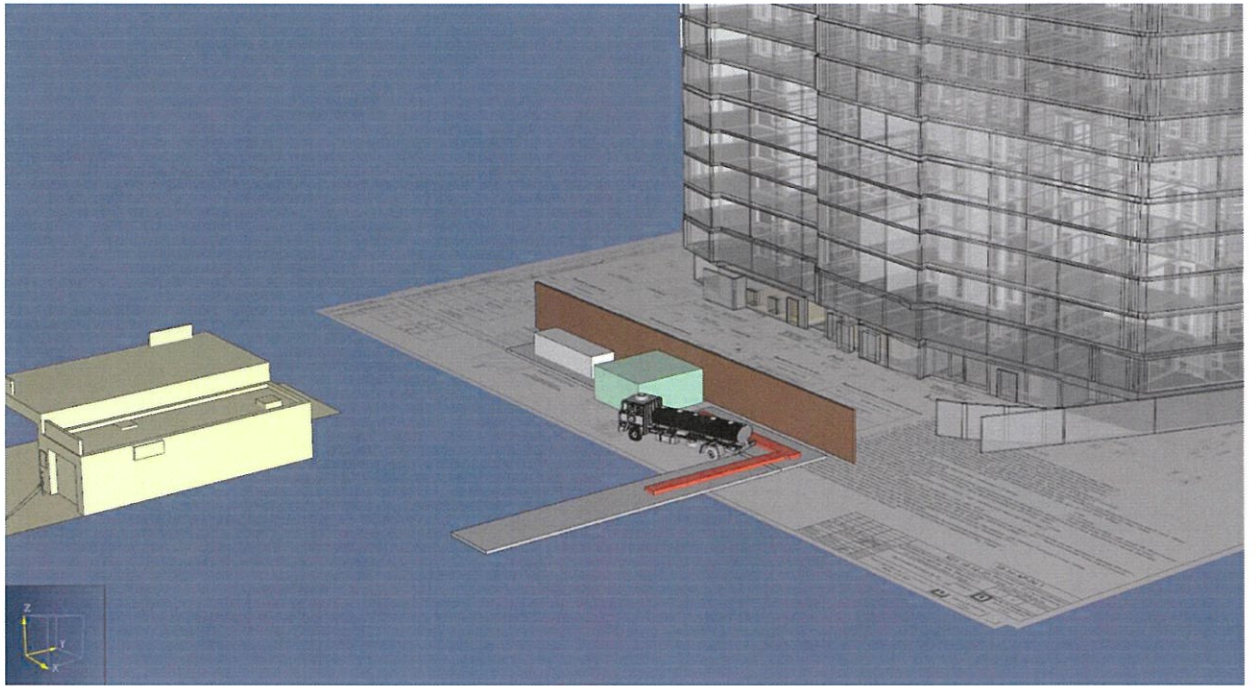


Рисунок 4.12 – Візуалізація моделі для другого сценарію пожежі (інший ракурс).

За результатом розрахункових дій за другим сценарієм (пожежа на території багатопаливної АЗС) встановлено, що за показником «температура» спостерігається перевищення її критичного значення у $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ (згідно рекомендацій BS EN 1634-1:2014+A1:2018), що контролювалося датчиками які розміщено біля безпосередньої поверхні фасаду житлового будинку. Даний температурний вплив може призвести до займання або деформації зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку після 280 секунд після початку пожежі. Результати моделювання розвитку пожежі за другим сценарієм наведено на рисунках 4.13-4.15.

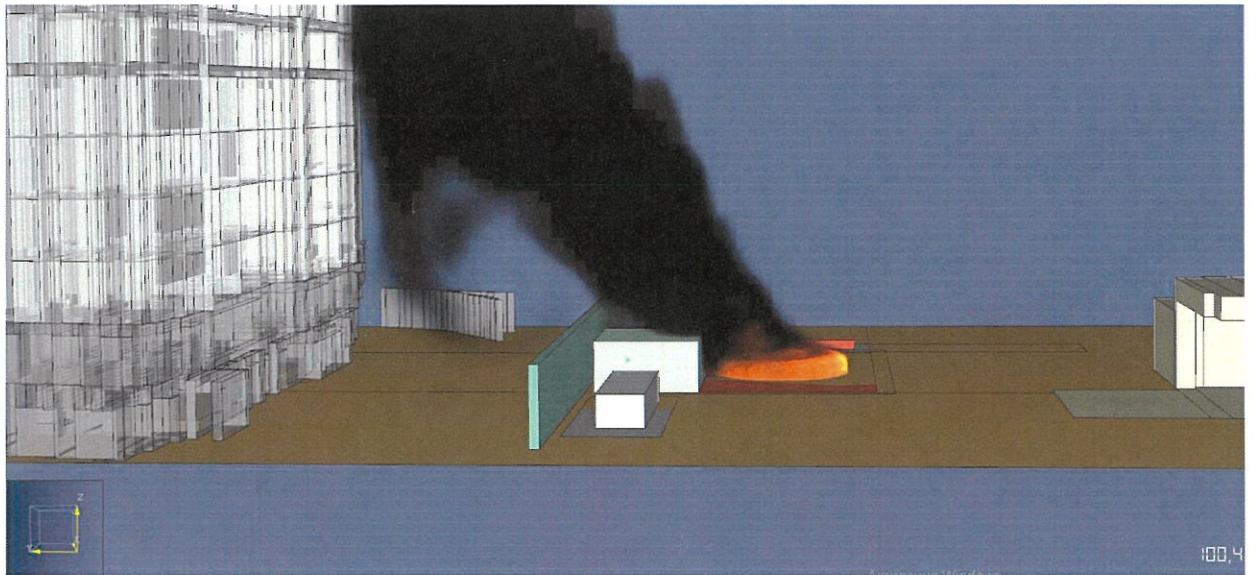


Рисунок 4.13 – Візуалізація розвитку пожежі на досліджуваних об'єктах на 100,4 секунді моделювання

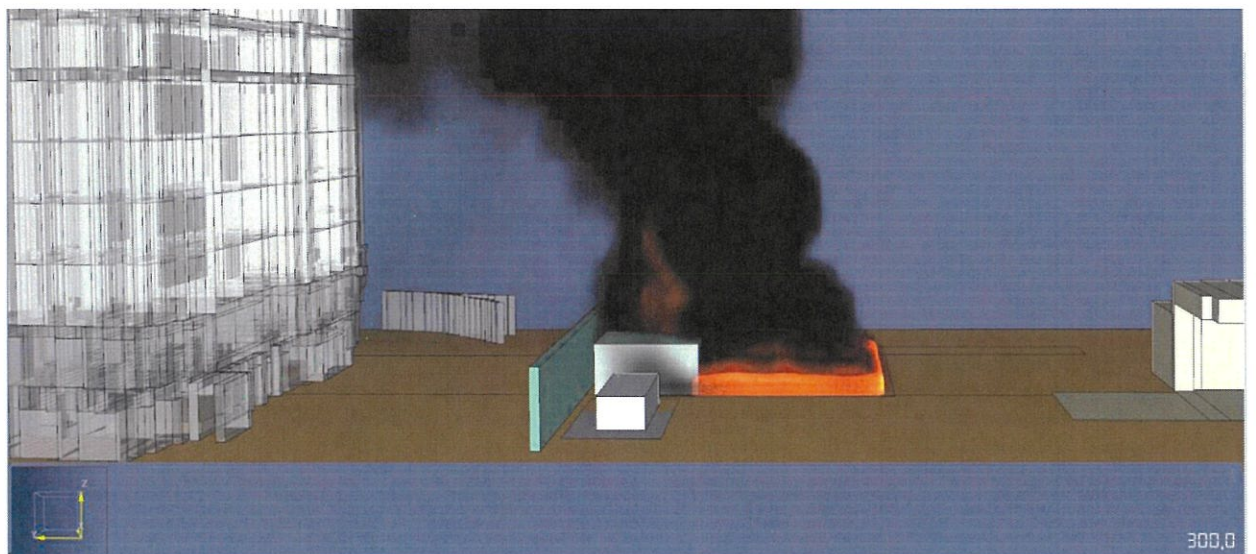


Рисунок 4.14 – Візуалізація розвитку пожежі на досліджуваних об'єктах на 300,0 секунді моделювання

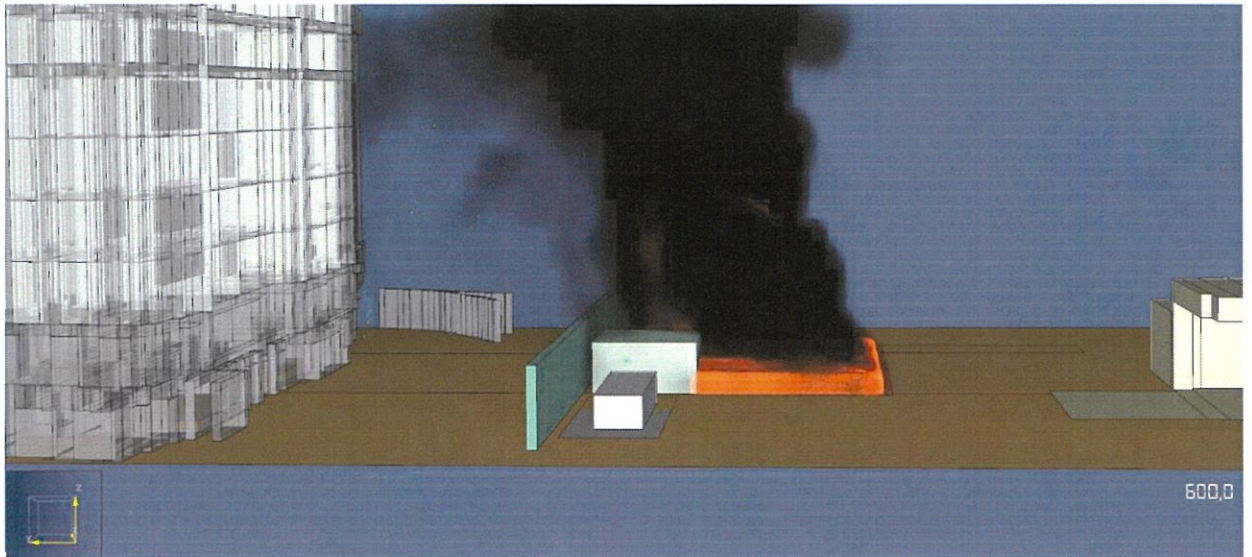


Рисунок 4.15 – Візуалізація розвитку пожежі на досліджуваних об'єктах на 600,0 секунді моделювання

Візуалізація температурних розподілів на фасаді житлового будинку відносно багатопаливної АЗС наведено на рисунку 4.16.

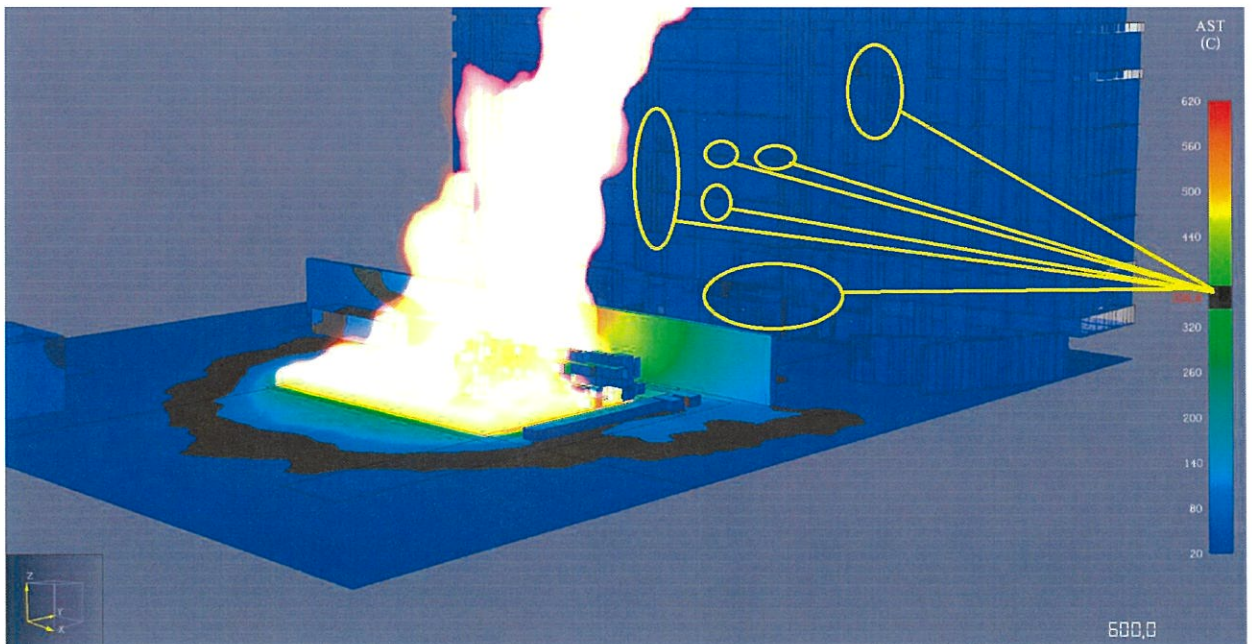


Рисунок 4.16 – Візуалізація температурних розподілів на поверхні фасаду житлового будинку при максимальному температурному впливі

За результатом моделювання за другим сценарієм розвитку пожежі встановлено, що в разі пожежі на території багатопаливної АЗС та при наявності стіни висотою 4 м на межі території житлового будинку з класом вогнестійкості EI 180 умови обмеження поширення температурного впливу не забезпечуються. В окремих зонах фасаду будинку спостерігається перевищення критичного значення температури у 250 °С, а саме температура досягає 358 °С.

Таким чином, для досягнення мети щодо обмеження поширення пожежі або зниження впливу її негативних чинників для житлового будинку запропоновано наступні компенсаційні заходи:

- на фасаді житлового будинку на межі 7 та 8 поверхів зі сторони фасаду що межує з територією АЗС влаштувати сухотрубну систему водяного екранування із дренчерними зрошувачами з направляючою лопаткою для подачі води у формі плоскої завіси. Відстань між зрошувачами складає 1,5-2 м. Витрата води одного дренчерного зрошувача має становити не менше 1,8 л/с.

Дренчерна система повинна мати два виведених назовні пожежних патрубків із з'єднувальними головками діаметром 80 мм (позначка землі від рівня проїзду в межах 0,5 м - 1,0 м) для приєднання рукавів та подачі води від пересувної протипожежної техніки. Патрубки слід виводити назовні на відстані не більше ніж 100 м від пожежних гідрантів так, щоб була забезпечена можливість під'їзду та підключення протипожежної техніки.

Тривалість моделювання складатиме 900 секунд, що відповідатиме максимальному часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів та дозволить визначити вплив визначених протипожежних заходів на процеси обмеження поширення пожежі та її негативних чинників.

Виходячи із визначених протипожежних заходів проведемо повторне моделювання для підтвердження досягнення умов безпеки для Об'єкту захисту. Результати моделювання розвитку пожежі за другим сценарієм із врахуванням додаткових протипожежних заходів наведено на рисунках 4.17-4.20.

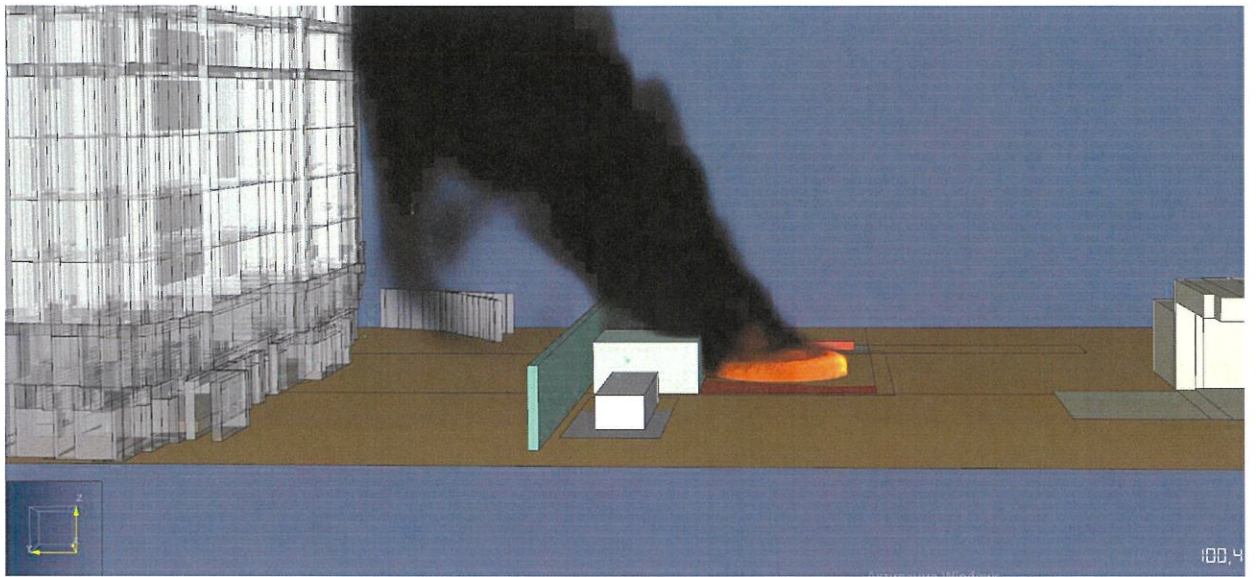


Рисунок 4.17 – Візуалізація розвитку пожежі на досліджуваних об'єктах на 100,4 секунді моделювання

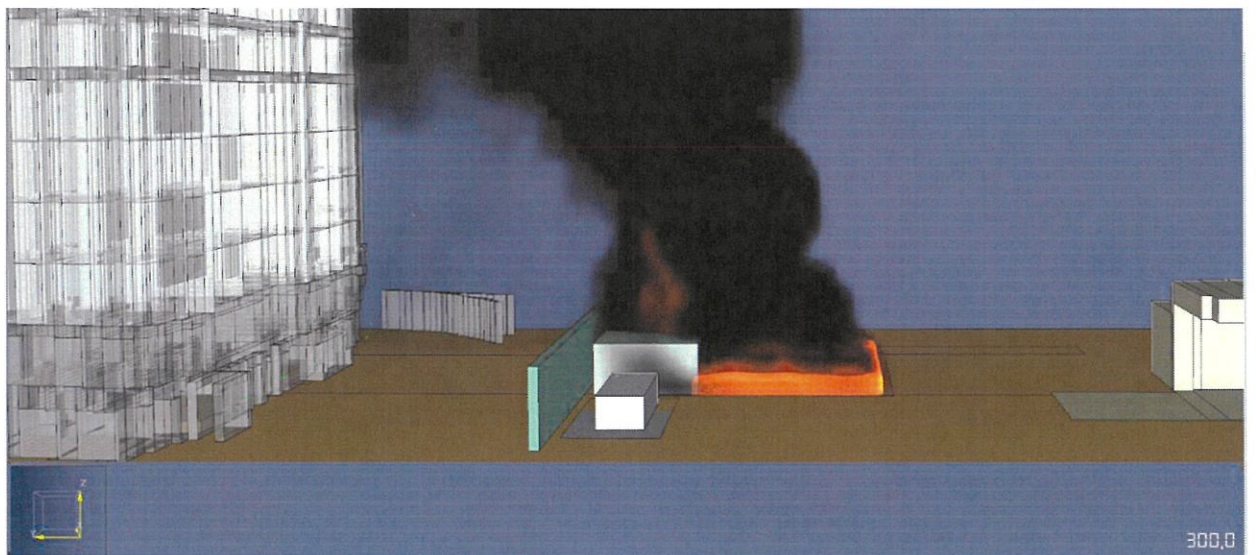


Рисунок 4.18 – Візуалізація розвитку пожежі на досліджуваних об'єктах на 300,0 секунді моделювання

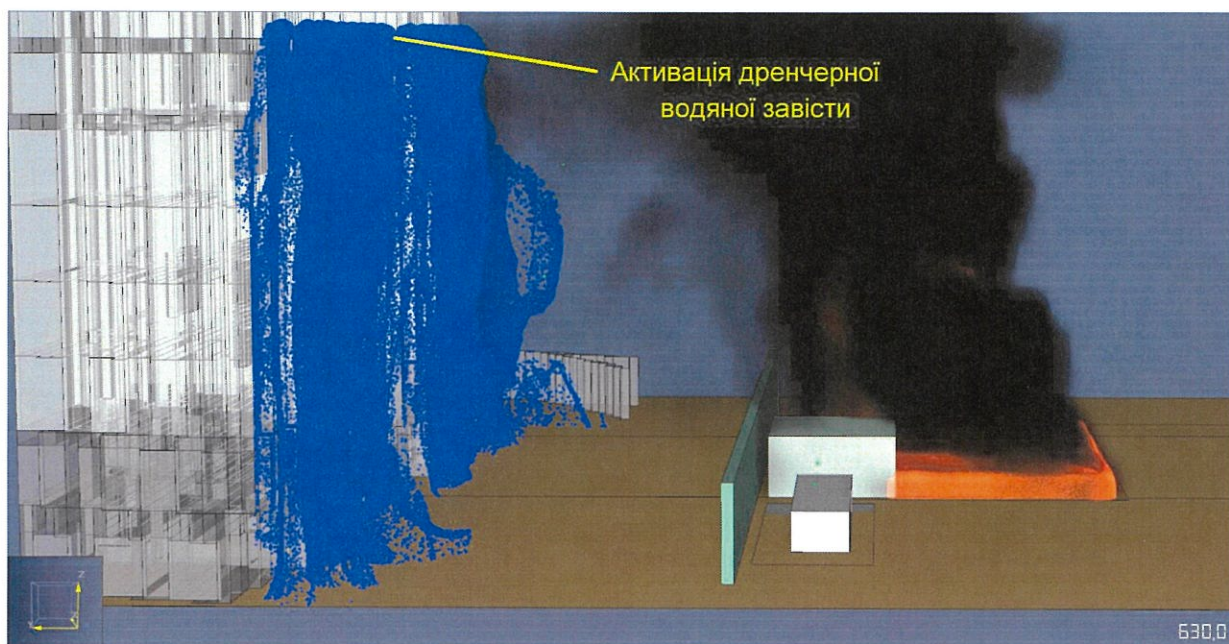


Рисунок 4.19 – Візуалізація розвитку пожежі на досліджуваних об'єктах на 630,0 секунді моделювання. Відбувається активація дренчерної водяної завіси

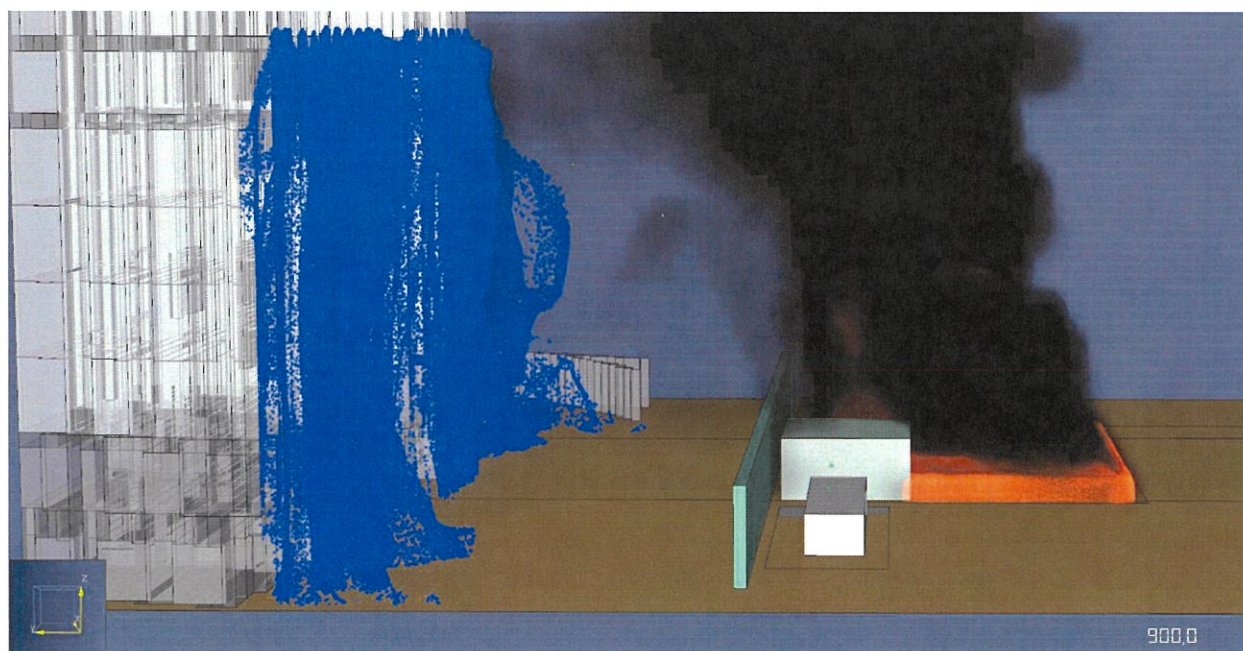


Рисунок 4.20 – Візуалізація розвитку пожежі на досліджуваних об'єктах на 900,0 секунді моделювання. Продовжується робота дренчерної водяної завіси

За результатом проведених розрахунків побудовано усереднений графік залежності зміни температури нагріву поверхні фасаду Об'єкту залежності

від тривалості розвитку розрахункової пожежі. Результати наведено на рисунках 4.21-4.22.

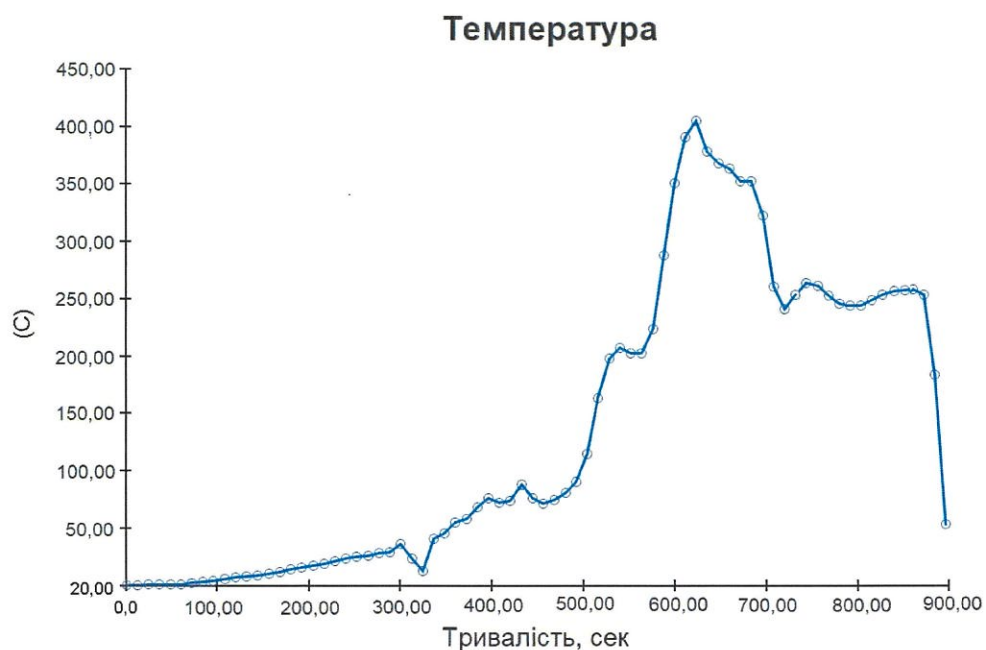


Рисунок 4.21 - Графік залежності зміни температури нагріву поверхні фасаду будинку в залежності від тривалості розвитку розрахункової пожежі та активації системи дренчерного зрошення

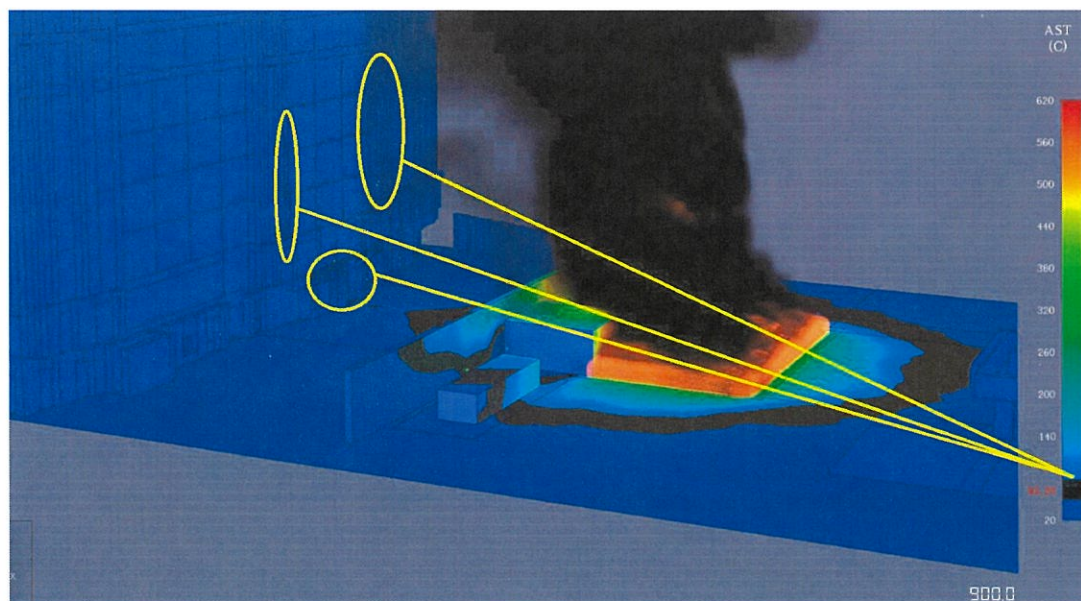


Рисунок 4.22 – Візуалізація температурних розподілів на поверхні фасаду житлового будинку при максимальному температурному впливі. Максимальне значення температури не перевищує 62 °C.

Висновок за результатом розрахунку другого сценарію пожежі.

Таким чином, за результатом моделювання за другим сценарієм пожежі, а саме розрахунок пожежі на території багатопаливної АЗС, температура на поверхні зовнішніх огорожуючих конструкцій житлового будинку Об'єкту після активації системи екранування із дренчерними зрошувачами з направляючою лопаткою для подачі води у формі плоскої завіси вдається знизити до безпечних значень 50-60 °С. Тобто, визначені критичні значення температури для даного об'єкту не перевищено. Таким чином, запропоновані заходи щодо влаштування протипожежної стіни та системи екранування із дренчерними зрошувачами можна вважати ефективними, а поширення пожежі на суміжний Об'єкт малоімовірним.

ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТОМ МОДЕЛЮВАННЯ

За результатом аналізу запропонованих планувальних та технічних протипожежних заходів для забезпечення вимог щодо обмеження поширення пожежі на суміжні споруди, забезпечення безпеки людей та зниження ризиків неприйнятних наслідків від пожежі шляхом моделювання виникнення пожежі на території суміжних об'єктів та об'єкту житлового будинку за адресою: провул. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (П черга Коригування)» встановлено.

1. За результатом моделювання за першим сценарієм пожежі, а саме пожежі у житловому будинку максимальна температура на території АЗС не перевищує 22,5 °С у продовж всієї тривалості розвитку пожежі.

Температура в зоні газової колонки АЗС в не перевищує 20,43 °С у продовж всієї тривалості розвитку пожежі.

Температура в зоні дихальних клапанів підземних резервуарів в не перевищує 20,18 °С у продовж всієї тривалості розвитку пожежі.

Температура в зоні поля оглядових люків в не перевищує 20,31 °С у продовж всієї тривалості розвитку пожежі.

Тобто, визначені критичні значення температури для даних об'єктів не перевищено. В якості компенсаційного заходу передбачено встановлення стіни висотою 4 м на межі території житлового будинку з класом вогнестійкості EI 180. Стіна є суцільною без прорізів, самонесучою конструкцією, виконана із негорючих матеріалів довжиною 40 м уздовж межі з територією багатопаливної АЗС.

2. За результатом моделювання за другим сценарієм пожежі, а саме розрахунок пожежі на території багатопаливної АЗС, температура на поверхні зовнішніх огорожуючих конструкцій житлового будинку Об'єкту після активації системи екранування із дренчерними зрошувачами з направляючою лопаткою для подачі води у формі плоскої завіси вдається знизити до безпечних значень 50-60 °С. Тобто, визначені критичні значення температури для даного об'єкту не перевищено.

Для досягнення мети щодо обмеження поширення пожежі або зниження впливу її негативних чинників для житлового будинку передбачено наступні компенсаційні заходи:

- на фасаді житлового будинку на межі 7 та 8 поверхів зі сторони фасаду що межує з територією АЗС слід влаштувати сухотрубну систему водяного екранування із дренчерними зрошувачами з направляючою лопаткою для подачі води у формі плоскої завіси. Відстань між зрошувачами складає 1,5-2 м. Витрата води одного дренчерного зрошувача має становити не менше 1,8 л/с.

Дренчерна система повинна мати два виведених назовні пожежних патрубків із з'єднувальними головками діаметром 80 мм (позначка землі від рівня проїзду в межах 0,5 м - 1,0 м) для приєднання рукавів та подачі води від пересувної протипожежної техніки. Патрубки слід виводити назовні на відстані не більше ніж 100 м від пожежних гідрантів так, щоб була забезпечена можливість під'їзду та підключення протипожежної техніки.

3. Розрахунок з обґрунтування допустимого зменшення протипожежної відстані від житлового будинку за адресою: провул. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга Коригування)» до суміжної багатопаливної автозаправної станції показав, що запропоновані об'ємно планувальні рішення та протипожежні заходи забезпечують умови при яких поширення пожежі на суміжні об'єкти є малоймовірним.

ДОДАТОК Г
ОЦІНКА КЛАСУ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ
ПЕРЕКРИТТЯ

ОЦІНКА КЛАСУ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ

Технічне описання залізобетонної плити перекриття

Оцінці вогнестійкості піддається плита перекриття типового поверху будівлі.

Конструкція досліджуваної плити показана на рис. 1.1.

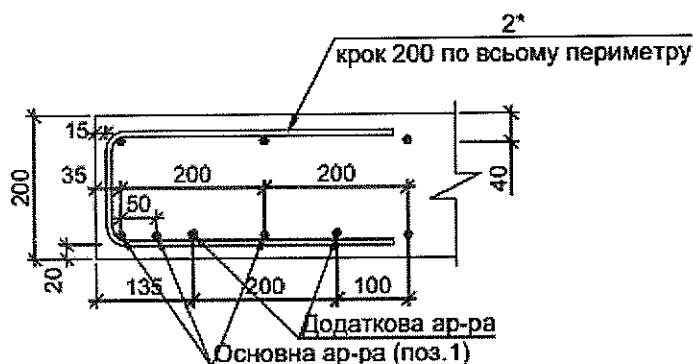


Рис. 1.1. Фрагмент конструкції залізобетонної плити перекриття типового поверху будівлі ПМ-1.

Призначення і вимоги щодо класу вогнестійкості даної плити наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Функціональне призначення та необхідний клас вогнестійкості залізобетонної плити перекриття

Елемент конструкції	Позн.	Призначення	Захисний шар, мм	Необхідний клас вогн.
Залізобетонна плита перекриття	ПМ-1	Плита перекриття типового поверху	20	REI 150

Враховуючи те, що плита перекриття типового поверху має конструктивні особливості, наведені на рис. 1.1, була складена розрахункова схема для даної плити, що враховує тільки фонове армування у всіх небезпечних точках як

найбільш небезпечні умови роботи даної плити. На рис. 1.2 наведена складена конструктивна схема перерізу даної плити.

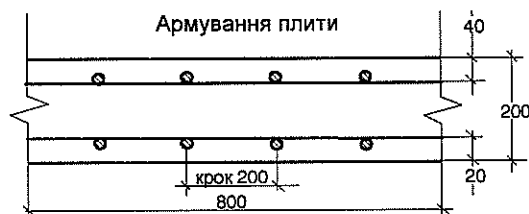


Рис. 1.2. Конструктивна схема фрагменту залізобетонної плити перекриття ПМ-1.

Тепловий вплив пожежі на плити однобічний з нижньої сторони. Спирання плит на стіни та колони є монолітним.

В табл. 1.2. наведені дані щодо арматури та бетону залізобетонної плити.

Таблиця 1.2

Характеристики бетону та арматури залізобетонної плити

Параметри нижньої арматури	Параметри верхньої арматури	Параметри додаткової арматури	Клас бетону
Залізобетонна плита перекриття ПМ-1			
Ø10 A500C	Ø10 A500C	Ø8 A240C	C 25/30

Початкові дані до розрахунку. Розрахункові схеми

Для вивчення розподілень температури по перерізу плити нами використана розрахункова методика, заснована на розв'язку рівняння теплопровідності із граничними умовами (ГУ) III роду рекомендована ДСТУ-Н Б EN 1991-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 2 і ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. Крайова задача при цьому була поставлена з використанням розрахункової схеми, яка подана на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Розрахункова схема до теплового розрахунку залізобетонної плити ПМ-1.

Також для розрахунку має бути використана кінцево-різницева схема, що наведена на рис. 1.4.

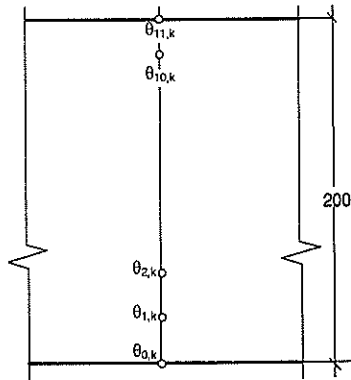


Рис. 1.4. Кінцево-різницева схема для розв'язку задачі теплопровідності при визначенні температур у перерізі залізобетонної плити ПМ-1.

На рис. 1.5 показана розрахункова схема для залізобетонної плити. При цьому розглядається тільки її фрагмент у вигляді залізобетонної балки, що навантажена розподіленим навантаженням.

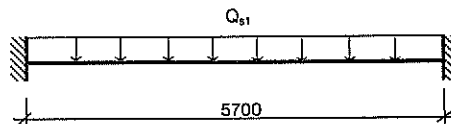


Рис. 1.5. Розрахункова схема залізобетонної плити ПМ-1.

Температурний режим пожежі та механічне навантаження

Для розрахунку використовуємо стандартний температурний режим пожежі, який визначається формулою :

$$\theta_p(t) = 345 \cdot \lg(8t / 60 + 1) + \theta_0,$$

де: t – час стандартного вогневого випробування, с;

θ_0 – початкова температура середовища, °С; $\theta_0 \approx 20^\circ\text{C}$;

$\theta_p(t)$ – температура у вогневій камері установки для визначення меж вогнестійкості конструкцій в залежності від часу t стандартного випробування.

Навантаження на залізобетонну плиту для розв'язку статичної задачі щодо її міцності в умовах пожежі зведене до табл. 1.3.

Таблиця 1.3

Розрахункове навантаження на залізобетонну плиту

Тип елемента	Тип навантаження	Позн.	Од. вим.	Вел-на
Залізобетонна плита ПМ-1	Розподілене навантаження	Q_{s1}	кН/м ²	7,5

Теплофізичні властивості бетону

Для розв'язку рівняння теплопровідності потрібно задати температурні залежності теплофізичних характеристик матеріалів плити перекриття. В табл. 1.4 подані теплофізичні характеристики матеріалів, необхідних для здійснення розрахунку.

Таблиця 1.4

Теплофізичні характеристики матеріалів будівельних конструкцій

Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda(\theta)$, Вт/(м·°С)	Об'ємна питома теплоємність, $c_p(\theta) \cdot \rho$, Дж/(м ³ ·°С)	Густина, кг/м ³
Важкий бетон на гранітному заповнювачі ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012		
$2 - 0,2451 \frac{\theta}{100} + 0,0107 \left(\frac{\theta}{100} \right)^2$	900ρ при 20 °С ≤ θ ≤ 100 °С, (900+(θ-100))ρ при 100°С < θ ≤ 200°С, (1000+0,5(θ-100))ρ при 200°С < θ ≤ 400°С, 1100ρ при 400°С < θ ≤ 1200°С	2300
Сталь ДСТУ-Н Б EN 1993-1-12:2012		
54 - 3,33·10 ⁻² θ при 20 °С ≤ θ ≤ 800 °С, 27,3 при θ > 800 °С.	425+0,773θ - 1,69 10 ⁻² θ ² +2,22 10 ⁻⁶ θ ³ при 20 °С ≤ θ ≤ 600 °С, 666-13002/(θ-738) при 600°С < θ ≤ 735°С, 545+17820/(θ-731) при 735°С < θ ≤ 900°С, 650 при 900°С < θ ≤ 1200°С	7850

Механічні властивості бетону та арматурної сталі

Згідно із технічною документацією, що надана замовником, залізобетонна плита ПМ-1 виготовлена з важкого бетону на гранітному заповнювачі класу С25/30 (В30). Арматурний каркас виготовлений з арматурної сталі класу міцності А500С. Згідно з даними вимогами міцнісні властивості бетону та арматурної сталі наведені у табл. 1.5.

Таблиця 1.5

Міцнісні властивості бетону та арматурної сталі

Матеріал	Клас міцності	Позначення	Нормативна міцність, МПа
Бетон	С25/30	$f_{ck,t}$	25
Арматурна сталь	А500С	$f_{yk,t}$	500

Діаграми деформування бетону та арматурної сталі наведені на рис. 1.6.

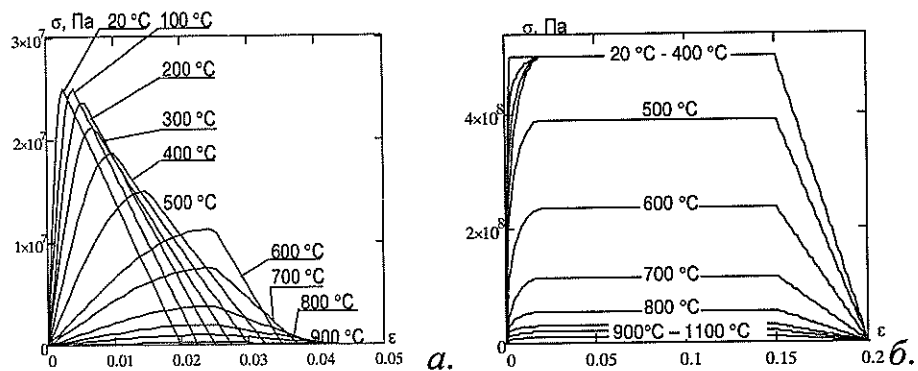


Рис. 1.6. Діаграми деформування бетону класу C25/30 (а) та арматурної сталі класу міцності А500С (б).

Результати розрахунку за табличним методом

Відповідно до п. 5.7.2 за табл. 5.8 ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 визначаються мінімальні товщина та осьова відстань арматури до обігрівної поверхні для відповідної плити. При відсутності відповідного класу вогнестійкості у таблиці означені параметри визначаються шляхом лінійної інтерполяції. У табл. 1.6 наведені мінімальні розміри та реальні розміри залізобетонної плити перекриття.

Таблиця 1.6

Мінімальні розміри та осьові відстані для залізобетонної плити перекриття

Стандартна вогнестійкість		Мінімальні розміри (мм) при $l_y/l_x \leq 1,5$	
		Товщина плити, h_s	Осьова відстань між нижнім рядом арматури до поверхні плити a
Залізобетонна плита ПМ-1			
REI 120		120	20
REI 180		150	30
REI 150 (за лін. інтерп.)		135	25
Плита (позн.)	Необхідний клас вогнестійкості	Реальні розміри (мм)	
ПМ-1	REI 150	200	20

Згідно із даними табл. 1.6 бачимо, що клас вогнестійкості залізобетонної плити перекриття ПМ-1 не забезпечений, так як осьова відстань між нижнім рядом арматури до поверхні плити менша за необхідну.

Для перевірки вогнестійкості даної плити застосовується альтернативний зонний метод згідно із додатком В.2 ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012.

Результати теплотехнічного розрахунку

Розрахунок реалізований у програмному середовищі табличного процесору Microsoft Excel 2003. Після проведення розрахунків були отримані температурні розподілення по товщині плити ПМ-1 у контрольний час впливу пожежі.

На рис. 1.7 показані розподіли температури по перерізу залізобетонної плити у час температурного впливу пожежі, на який розрахований її необхідний клас вогнестійкості.

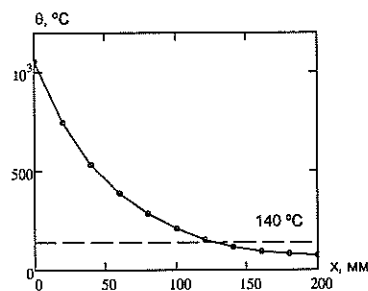


Рис. 1.7. Температурні розподіли по перерізу залізобетонної плити ПМ-1 у час розвитку пожежі 150 хв.

Використовуючи результати теплотехнічного розрахунку, визначаємо, що за контрольний термін часу для плити ПМ-1 граничний стан втрати теплоізолювальної здатності не настає. Отже, за теплоізолювальною здатністю клас вогнестійкості плити ПМ-1 – REI 150, що задовольняє встановлені вимоги.

Результати розрахунку цілісності

Для забезпечення цілісності залізобетонної плити застосовується методика, визначена у Practice Guidelines for Structural Fire Resistance Design of Concrete and Steel Buildings (NIST Technical Note 1681). Згідно із цими положеннями цілісність контролюється за спеціальним коефіцієнтом, що визначається за формулою:

$$F = b_c \alpha_{ct} E_{s,\theta} \rho_c / K_1 \lambda_n,$$

де b_c - коефіцієнт пропорційності, рівний $1,16 \cdot 10^{-2} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{3/2}$;

α_{ct} (250 °C) = $9 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ коефіцієнт температурного розширення бетону за ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012;

$E_{c,\theta}$ = $1,2 \cdot 10^4$ МПа початковий модуль пружності бетону за ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012;

ρ_c = 2150 кг/м^3 – густина бетону у сухому стані, кг/м^3 , що дорівнює густині бетону природної вологості за відніманням випареної води у кількості 150 кг/м^3 ;

K_1 = $0,47 \text{ МН} \cdot \text{м}^{3/2}$ - коефіцієнт псевдоінтенсивності напружень у бетоні;

λ_n = $1,5 \text{ Вт} \cdot \text{м} \cdot ^\circ\text{C}$ – коефіцієнт теплопровідності бетону при температурі $250 \text{ } ^\circ\text{C}$ за ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012.

Використовуючи початкові дані, які подані вище отримаємо параметр F .

$$F = \frac{1,16 \cdot 10^{-2} \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cdot 1,2 \cdot 10^4 \cdot 2150}{0,47 \cdot 1,5} = 3,821 \leq 4$$

Параметр менший за 4 це означає, що граничний стан втрати цілісності не настає.

Розрахунок показав, що плита ПМ-1 за цілісністю відповідає необхідному класу вогнестійкості.

Результати розрахунку несучої здатності

Для оцінки вогнестійкості за несучою здатністю застосовується зонний метод згідно з додатком В.2 ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012.

За прийнятою методикою розбиваємо переріз плити ПМ-1 на 5 шарів за принципом як показано на рис. 1.8.

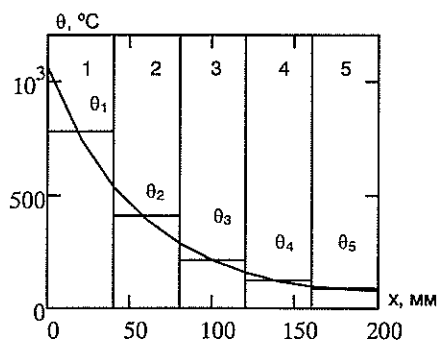


Рис. 1.8. Схема розбиття перерізу залізобетонної плити ПМ-1.

Відповідно до цього у табл. 1.7 подані значення середньої температури кожного шару, на які розбитий переріз залізобетонної плити.

Таблиця 1.7

Коефіцієнти зниження міцності бетону у шарах залізобетонної плити

Номер шару бетону у перерізі плити	1	2	3	4	5
Залізобетонна плита ПМ-1 (час впливу пожежі 150 хв)					
Середня температура шару, θ , °C	777.123	401.729	216.171	122.852	92.493
Коефіцієнт зниження міцності бетону, $k_c(\theta)$	0.184	0.747	0.934	0.989	1

Температура арматурних стержнів у відповідний час пожежі із стандартним режимом та відповідні ним коефіцієнти зниження міцності арматурної сталі визначені шляхом лінійної інтерполяції наведені у табл. 1.8.

Таблиця 1.8

Коефіцієнти зниження міцності арматурної сталі у залізобетонній плиті

Арматурний каркас	Нижній	Верхній
Залізобетонна плита ПМ-1 (час впливу пожежі 150 хв)		
Температура арматури, θ , °С	743.068	96.641
Коефіцієнт зниження міцності на розтяг, $k_t(\theta)$	0.061	1
Коефіцієнт зниження міцності на стиск, $k_p(\theta)$	0.178	1
Коефіцієнт зниження модуля пружності, $k_E(\theta)$	0.113	1

Ширина пошкодженої зони перерізу плити розраховується за формулою:

$$a_z = w \left[1 - \frac{k_{c,m}}{k_c(\theta_M)} \right]$$

Коефіцієнт $k_{c,m}$ визначається за формулою :

$$k_{c,m} = \frac{(1-0,2/n) \sum_{i=1}^n k_c(\theta_i)}{n}$$

Таблиця 1.9

Ширина пошкодженої зони перерізу залізобетонної плити

Залізобетонна плита (позначення)	Середній к-т зниження міцності бетону $k_{c,m}$	Ширина пошкодженої зони перерізу, a_z , мм
ПМ-1	0.74	52.002

Згідно із цим для плити ПМ-1 розглядаємо розрахункову схему перерізу, представлену на рис. 1.9 у двох небезпечних перерізах. Для спрощення розрахунку ми розглядаємо тільки її частину із трьома основними арматурними стержнями.

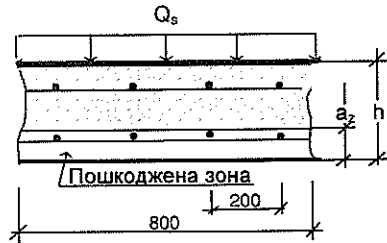


Рис. 1.9. Універсальна розрахункова схема перерізу плити перекриття у перерізі між опорами та у перерізі над опорами.

Визначаємо положення нейтральної вісі у середині прольоту плити та параметри епюри граничних напружень у даному небезпечному перерізі згідно із рис. 1.9. Для цього використовуємо схему, зображену на рис. 1.10.

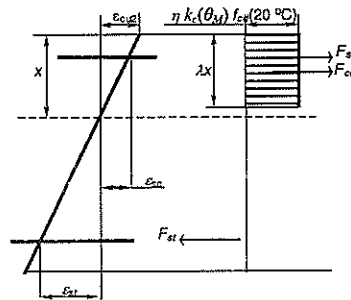


Рис. 1.10. Схема визначення параметрів епюри деформації та граничних напружень у бетоні плити перекриття у першому небезпечному перерізі.

Результат визначення параметрів відповідних до рис. 1.10 для досліджуваної плити наведений у табл. 1.10.

Таблиця 1.10

Параметри для визначення епюри деформації та граничних напружень у бетоні плити у першому небезпечному перерізі

Параметр	ϵ_{c1}	ϵ_{st}	ϵ_{sc}	x , мм	λ	$k_c(\theta_M) f_{cd}(20\text{ }^\circ\text{C})$, МПа	η
Залізобетонна плита ПМ-1 (час впливу пожежі 150 хв)							
Величина	0.0035	0.033	-0.004	19.133	0.8	25	0.85

Виходячи з даних, наведених у табл. 1.10, та використовуючи формули (1.1) – (1.3), знаходимо максимальний момент, що може витримати перший небезпечний переріз плити.

$$M_{u1} = A_{s1} f_{sd,fi}(\theta_m) z, \quad (1.1)$$

$$M_{u2} = A_{s2} f_{scd,fi}(\theta_m) z', \quad (1.2)$$

де A_s загальна площа армування;

$f_{sd,fi}$ розрахунковий опір армування на розтяг;

$f_{scd,fi}$ розрахунковий опір армування на стиск;

$f_{cd,fi}(20)$ розрахунковий опір бетону на стиск (при нормальній температурі);

z відстань між розтягнутими арматурними стержнями;

z' відстань від розтягнутого армування до стиснутого армування;

θ_m середня температура арматурного ряду.

Коли вплив моменту оцінюється як показано вище, повна здатність чинити опір моменту обчислюється за такою формулою:

$$M_u = M_{u1} + M_{u2} \quad (1.3)$$

Результати розрахунку наведені у табл. 1.11.

Таблиця 1.11

Максимальний момент у першому небезпечному перерізі залізобетонної плити

Залізобетонна плита (позначення)	Момент формулою M_{u1}' , кНм	за формулою (1.1),	Момент формулою M_{u2}' , кНм	за формулою (1.2),	Загальний момент формулою M_u' , кНм	за формулою (1.3),
ПМ-1	1.45		8.15		9.59	

Визначаємо положення нейтральної вісі у перерізі біля опор плити та параметри епюри граничних напружень у даному небезпечному перерізі згідно із рис. 1.9. Для цього використовуємо схему, зображену на рис. 1.11.

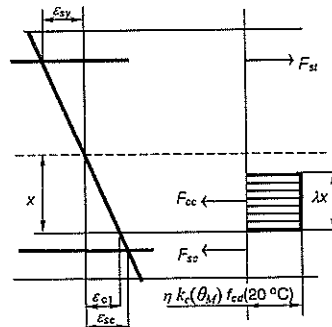


Рис. 1.11. Схема визначення параметрів епюри деформації та граничних напружень у бетоні плити перекриття у другому небезпечному перерізі.

Результати визначення параметрів відповідних, до рис. 1.11 для досліджуваної плити наведені у табл. 1.12.

Таблиця 1.12

Параметри для визначення епюри деформації та граничних напружень у бетоні плити у другому небезпечному перерізі

Параметр	ε_{c1}	ε_{st}	ε_{sc}	x , мм	λ	$k_c(\theta_M) f_{cd}(20\text{ }^\circ\text{C})$, МПа	η
Залізобетонна плита ПМ-1 (час впливу пожежі 150 хв)							
Величина	0.004	-0.008	0.015	10.043	0.8	25	0.85

Виходячи з даних, наведених у табл. 1.12 та використовуючи формули (1.1) – (1.3), знаходимо максимальний момент, що може витримати переріз плити у другому небезпечному перерізі. Результати розрахунку наведені у табл. 1.13.

Таблиця 1.13

Максимальний момент у другому небезпечному перерізі залізобетонної плити

Залізобетонна плита (позначення)	Момент за формулою (1.1), M_{u1}'' , кНм	Момент за формулою (1.2), M_{u2}'' , кНм	Загальний момент за формулою (1.3), M_u'' , кНм
ПМ-1	14.07	4.04	18.1

Загальний момент, що враховує моменти у жорстких защемленнях визначається з використанням епюри згинальних моментів, що наведена на рис. 1.12.

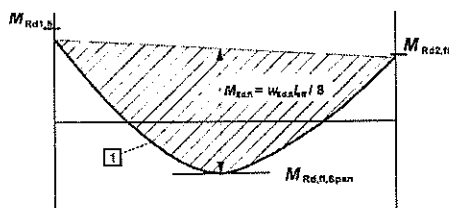


Рис. 1.12. Схема визначення загального моменту жорстко защемленого з обох боків зігнутого елемента.

Згідно із схемою на рис. 1.12 загальний момент визначений за формулою:

$$M_{Rd, fi} = M_{Rd, fi, \text{mid-span}} + M_{Rd, fi, \text{end sup}}$$

Момент для плити, що визначений за даною формулою, наведений у табл. 1.14.

Таблиця 1.14

Максимальний момент у перерізі залізобетонної плити

Залізобетонна плита	ПМ-1
Максимальний момент, $M_{Rd, fi}$, кНм	27.69

Отриманий момент порівнюється із діючим моментом у плиті для визначення виконання умови, при якій зберігається несуча здатність елемента конструкції:

$$M_{Rd, fi} > M_{Ed, fi} \quad (1.4)$$

У даному випадку для плити ПМ-1 $M_{Rd, fi}$ співпадає із моментом M_{ib} , а момент $M_{Ed, fi}$ визначається за формулою:

$$M_{Ed,fi} = 0.125\eta_{fi}Q_{s1}bl_x^2 \quad (1.5)$$

Коефіцієнт зниження η_{fi} для сполучення навантажень в ДСТУ-Н Б EN 1990:2008 Єврокод. Основи проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDT) має визначатись за формулою:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \Psi_{fi}Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$

$Q_{k,1}$ – головне змінне навантаження для плити ПМ-1;

G_k – характеристичне значення постійної дії для плити ПМ-1;

$\gamma_G = 1.35$ - частковий коефіцієнт постійної дії;

$\gamma_{Q,1} = 1.5$ - частковий коефіцієнт змінної дії 1;

$\Psi_{fi} = 0.5$ - частковий коефіцієнт сполучень для циклічних та квазіпостійних значень.

Отримані дані після порівняння зведені до табл. 1.15.

Таблиця 1.15

Максимальний та діючий момент у перерізі залізобетонної плити

Залізобетонна плита (позначення)	Загальний момент за табл. 1.14, $M_{Rd, fi}$, кНм	Діючий момент за формулою (1.5) $M_{Ed, fi}$, кНм	Виконання умови (1.4)
ПМ-1	27.69	16.071	Виконується

Оцінка класу вогнестійкості плити перекриття та відповідності її вимогам будівельних норм

Температура на необігрівній стороні плити ПМ-1 протягом контрольного часу не досягає значення 140 °С. Це дає нам змогу стверджувати, що клас вогнестійкості досліджуваної залізобетонної плити ПМ-1 є не меншим за

необхідний клас, тобто вона за граничним станом втрати теплоізолявальної здатності відповідає вимогам норм щодо її вогнестійкості.

Коефіцієнт цілісності у контрольний час залізобетонної плити, який не перевищує число 4, дає підґрунтя для ствердження, що клас вогнестійкості залізобетонної плити є не меншим за необхідний клас, тобто вона за граничним станом втрати цілісності відповідає вимогам норм.

Умова зберігання несучої здатності залізобетонної плити ПМ-1 під час пожежі виконується, це означає, що вона відповідає необхідному класу вогнестійкості REI 150.

ДОДАТОК Д

Таблиця щодо відхилень від державних будівельних норм з відповідними компенсаційними заходами у проекті: «Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціально-побутового призначення за адресою: провул. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга Коригування)»

Таблиця щодо відхилень від державних будівельних норм з відповідними компенсаційними заходами у проєкті: «Будівництво житлового комплексу з об'єктами соціально-побутового призначення за адресою: провул. Заводський, 1, 1/2, 2, вул. Причальна, 1/5, 5 у Дарницькому районі м. Києва (II черга Коригування)»

№ з/п	Вимоги державних будівельних норм, виконання яких не можливо (значно ускладнено)	Зміст відхилень від вимог будівельних норм	Компенсаційні заходи щодо відхилень
1.	Відстань від стін житлового будинку та ТП до АЗС «КЛЮ» менше 60 м (табл. 15.7 пункта 17.2.11 ДБН Б.2.2-12:2019)	Фактична відстань від АЗС до стін житлового будинку становить 25 м; від АЗС до ТП - 20 м	<p>- між житловим будинком та АЗС встановлюється протипожежна стіна з класом вогнестійкості REI 180, висотою 4 м;</p> <p>- у на фасаді житлового будинку, що звернутий до АЗС на межі 7 та 8 поверхів влаштовується сухо трубна система водяного екранування з дренчер ними зрошувачами з направляючою лопаткою для подачі води у формі плоскої завіси. Відстань між зрошувачами складає від 1,5 м до 2 м. Витрата води одного зрошувача становить не менше 1,8 л/с. В дренчерній системі влаштовуються два виведених назовні пожежних патрубків із з'єднувальними головками діаметром 80 мм (позначка землі від рівня проїзду в межах 0,5 м - 1,0 м) для приєднання рукавів та подачі води від пересувної протипожежної техніки. Патрубки виводяться назовні на відстані не більше ніж 100 м від пожежних гідрантів так, щоб забезпечувалась можливість під'їзду та підключення протипожежної техніки.</p> <p>Забезпечення безпеки людей підтверджується розрахунком мінімальних протипожежних відстаней</p>
2.	Відстань від житлового будинку приймається із розрахунку району	Відстань від житлового будинку більше 3 км та час прибуття пожежних підрозділів	<p>- на об'єкті створюється добровільна пожежна охорона у вигляді пожежної</p>

	<p>візду пожежно-рятувального підрозділу не більше ніж 3 км у функціональних зонах населених пунктів по дорогах загального користування для міст або із розрахунку прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику за час, що не перевищує: для території міст та селищ міського типу – 10 хв. (п.15.1.3 ДБН Б.2.2.12:2019)</p>	<p>перевищує 10 хв. Найближча пожежно-рятувальна частина (24-ДПРЧ по вул. Олександра Кошиці, 3В), що має в оперативному розрахунку колінчатий автопідйомник з висотою підйому 90 м, знаходиться в межах часу прибуття близько 11 хв, що дозволяє проводити аварійно-рятувальні роботи на всіх поверхах будинку.</p>	<p>дружини у складі не менше трьох осіб; - на об'єкті створюється пожежний пост, який комплектується: колонками для забезпечення підключення до пожежних гідрантів, пожежними рукавами діаметром 77 мм для прокладання магистральних ліній в кількості 10 шт, пожежними рукавами діаметром 51 мм для прокладання робочих ліній в кількості 20 шт розгалужень 2 шт; стволів пожежних «протекс» з витратою води не менше 5 л/с в кількості 5 шт.</p>
3.	<p>Відстань від краю проїзду до зовнішньої стіни будинку слід приймати 9-11 м для будинків з умовною висотою понад 26,5 м (п. 15.3.1 ДБН Б.2.2-12:2019)</p>	<p>До фасаду вздовж осей К та Р неможливо влаштувати проїзд на нормованій відстані.</p>	<p>Розроблено схему проїздів якою передбачено доступ пожежно-рятувальних підрозділів у кожен квартиру будинку. Схема проїздів розроблено, виходячи з характеристик спеціальної пожежно-рятувальної техніки Bronfo Skylift F 90 HLA. Зі сторони вул. Дніпровська набережна для доступу до фасаду будинку зі сторони АЗС забезпечується можливість проїзду АКП шляхом влаштування воріт. Проведено оцінку індивідуального пожежного ризику якою визначено, що його значення становить $0,0552 \cdot 10^{-6}$, що не перевищує необхідне 10^{-5}.</p>
4.	<p>Проектування і будівництво будівлі здійснюється без врахування Вимог ДБН В.2.2-41:2019 «Висотні будівлі. Основні положення»</p>	<p>Проектування об'єкта здійснюється по ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення</p>	<p>- на відмітці +72.300 влаштовується протипожежне перекриття 3 класом вогнестійкості REI 150. На всіх інших відмітках влаштовуються перекриття 3 класом вогнестійкості REI 150. - відокремлення коридорів від суміжних приміщень (квартир, ліфтових холів тощо)</p>

протипожежними перешкодами з класу вогнестійкості REI (EI) 150 із заповненням прорізів п/п дверима (люками) EI 60.

- розділення сходових кліток на відмітках +72,300, +45,300, +24,300 протипожежними перегородками з класом вогнестійкості EI90 заповнених прорізами протипожежними дверима з класом вогнестійкості EI60.
- до ліфтового холу в осях 8/(В-Б/В) на відмітках +72,300; +78,300; +81,300, +69,300 влаштовується підпір повітря;
- передбачено влаштування в окремому протипожежному відсіку на відмітках +72,300; +78,300; +81,300 окремі системи протипожежного захисту (система пожежної сигналізації; система оповіщення про пожежу СО-5; автоматизація систем протипожежного захисту) з врахуванням дотриманням вимог ієрархічності. Крім того всі інші поверхи забезпечити системою оповіщення про пожежу 2-го типу.
- над входами в квартири на відмітках +72,300; +78,300; +81,300 встановлюються спринклери, які підключаються до системи внутрішнього протипожежного водопроводу. На кожному поверсі встановлюються сигналізатори потоку рідини для інформування спрацювання системи.
- проведено розрахунок часу від початку пожежі до блокування шляхів евакуації в результаті поширення на них небезпечних чинників пожежі (необхідний час евакуації), часу евакуації людей з кожного

<p>поверху та проведено оцінку індивідуального пожежного ризику. За результатами розрахунку встановлено, що час евакуації людей з приміщень менший за час настання небезпечних чинників пожежі. Оцінкою індивідуального пожежного ризику визначено, що його значення становить $0,0552 \cdot 10^{-6}$, що не перевищує необхідне 10^{-5}.</p>		<p>поверху та проведено оцінку індивідуального пожежного ризику. За результатами розрахунку встановлено, що час евакуації людей з приміщень менший за час настання небезпечних чинників пожежі. Оцінкою індивідуального пожежного ризику визначено, що його значення становить $0,0552 \cdot 10^{-6}$, що не перевищує необхідне 10^{-5}.</p>
<p>- продуктивність системи димовидалення збільшена в 1,2 рази від нормативної продуктивності, яка визначена по чинних стандартах. - при проведенні розрахунків часу настання небезпечних чинників пожежі застосовано польовий метод математичного моделювання пожежі, який максимально точно враховує особливості об'ємно-планувальних рішень та інженерних систем проти димного захисту. - при проведенні розрахунків часу евакуації людей застосовано індивідуально-потоккову модель їх руху, що найбільш точно моделює рух агентів в умовах реальної пожежі. - оцінкою індивідуального пожежного ризику визначено, що його значення становить $0,0552 \cdot 10^{-6}$, що не перевищує необхідне 10^{-5}.</p>	<p>Довжина коридору, що обслуговується одним димоприймальним пристроєм перевищує 30 м.</p>	<p>Не передбачено влаштування додаткового димоприймального пристрою (шахти) для видалення диму з коридорів, оскільки їх довжина перевищує 30 м (п. 10.1.4.12 ДБН В.2.2-41:2019, п. 8.16 ДБН В.2.2-15:2019)</p>
<p>- сходові клітки по висоті на відмітках +72,300, +45,300, +24,300 поділені на частини протипожежними перегородками з класом вогнестійкості EI90 заповнених прорізами протипожежними дверима з</p>	<p>Вікна сходових кліток типу Н1 влаштовані без пристроїв їх відчинення</p>	<p>Площа вікон у зовнішніх стінах сходових кліток типу СК1 має бути не менше ніж 1,2 кв.м, сходових кліток типів Н1, Н2, Н3 – як правило не менше 1,2 кв.м. Такі вікна слід</p>

	<p>передбачати на кожному поверсі будинку. Вікна сходових кліток типів СК1, Н1, Н3 слід обладнувати пристроями для їх відчинення з рівня сходових площадок, маршів. (п. 7.3.26 ДБН В. 1.1-7:2016)</p>		<p>класом вогнестійкості EI60. - входи до незадимлюваних сходових кліток типу Н1 з відкритого назовні переходу влаштовано через протипожежні двері з класом вогнестійкості EI 15. Забезпечення безпеки людей підтверджується розрахунком індивідуального пожежного ризику об'єкта.</p>
7.	<p>Ширина коридора в житлових будинках між сходами чи торцем коридора і сходами, а також галереї повинна бути не менше ніж 1,8 м. (п. 5.7. ДБН В.2.2-15:2019)</p>	<p>Ширина коридору, який веде до незадимлюваної повітряної зони незадимлюваних сходових кліток менше 1,8 м</p>	<p>- на кожному поверсі влаштовується пожежобезпечна зона (протипожежний тамбур-шлюз пожежного ліфта) де особи, які не змогли самостійно евакуюватися, чекають на порятунок. - проведено розрахунок часу від початку пожежі до блокування шляхів евакуації в результаті поширення на них небезпечних чинників пожежі (необхідний час евакуації), часу евакуації людей з кожного поверху та проведено оцінку індивідуального пожежного ризику. За результатами розрахунку встановлено, що час евакуації людей з приміщень менший за час настання небезпечних чинників пожежі. Оцінкою індивідуального пожежного ризику визначено, що його значення становить $0,0552 \cdot 10^{-6}$, що не перевищує необхідне 10^{-5}.</p>
8.	<p>Ширина маршу сходів всередині будівлі повинна бути не менше ніж 1,35 м з влаштуванням поручнів. При розрахунковій ширині маршу сходів 2,5 м і більше слід передбачати додаткові розділові поручні (п. 6.3.1.1 ДБН В.2.2-40:2018)</p>	<p>Ширина маршів сходових кліток менше 1,35 м</p>	<p>Проведено розрахунок часу від початку пожежі до блокування шляхів евакуації в результаті поширення на них небезпечних чинників пожежі (необхідний час евакуації), часу евакуації людей з кожного поверху та проведено оцінку індивідуального пожежного ризику. За</p>

результатами розрахунку встановлено, що час евакуації людей з приміщень менший за час настання небезпечних чинників пожежі. Оцінкою індивідуального пожежного ризику визначено, що його значення становить $0,0552 \cdot 10^{-6}$, що не перевищує необхідне 10^{-5} .

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Fire Dynamics Simulator (Version 5) Technical Reference Guide Volume 1: Mathematical model / K. McGrattan [et al.] // NIST Special Publication 1018-5. 2009. -94 p.
2. Fire Dynamics Simulator (Version 5) User's Guide / K. McGrattan [et al.] // NIST Special Publication 1019-5. 2009. -176.
3. Forney, G.P. Smokeview (Version 5): A Tool for Vizualizing Fire Dynamics Simulation Data Volume 1: User's Guide / G.P. Forney // NIST Special Publication 1017-1, 2008. – 142 p.
4. ДСТУ 9058:2020 Пожежна безпека. Визначення протипожежних відстаней між об'єктами розрахунковими методами. Основні положення. Наказ від 06.10.2020 № 244 Про прийняття національних стандартів.
5. Fire and Explosion Hazards Handbook of Industrial Chemicals - Tatyana A. Davletshina, Nicholas P. Cheremisinoff Jaico Publishing House, 2003 - 484 стор.
6. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги / Наказ про затвердження від 31.10.2016 № 287 // УкрНДЦЗ – 2016 р.,49 с.
7. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення / Наказ УкрНДНЦ від 27.02.2019 № 38 Про прийняття та скасування національних стандартів, прийняття змін до національних стандартів.
8. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій»/ Наказ від 26.04.2019 № 104.
9. Правила улаштування електроустановок / Наказ Міненерговугілля України від 21.07.2017 № 476, Міненерговугілля України, 2017 – 617 с.
10. AS 5113:2016 Amendment 1 – Classification of external walls of buildings based on reaction to fire performance. NSW (2016). 24 p.
11. ДСТУ Б В.1.1-4-98. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги. На заміну СТ СЭВ 1000-88 ; чинний від 2006-01-01. Вид. офіц. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2006. 44 с.

12. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 181 с.

13. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. [Чинний від 2019-06-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2019. 43 с.

14. ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2019. 53 с.

15. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. [Чинний від 2015-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2015. 127 с.

ВИКОНАВЦІ

Начальник НДЦ протипожежного захисту ІДУ НД ЦЗ
д-р. тех. наук, проф.

Вадим НІЖНИК

Заступник начальника центру – начальник відділу нормативно-технічного забезпечення НДЦ протипожежного захисту ІДУ НД ЦЗ
канд. тех. наук., ст. дослідник

Юрій ФЕЦУК

Заступник начальника відділу нормативно-технічного забезпечення НДЦ протипожежного захисту ІДУ НД ЦЗ
канд. тех. наук., ст. дослідник

Ярослав БАЛЛО

Начальник відділу моделювання пожеж та надзвичайних ситуацій
НДЦ протипожежного захисту ІДУ НД ЦЗ

Олександр ТЕСЛЕНКО

Провідний науковий співробітник відділу нормативно-технічного забезпечення НДЦ протипожежного захисту ІДУ НД ЦЗ, канд. тех. наук.

Роман УХАНСЬКИЙ

Науковий співробітник відділу нормативно-технічного забезпечення НДЦ протипожежного захисту ІДУ НД ЦЗ

Валерія НЕКОРА