

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи**

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Стійкість фасадних світлопрозорих конструкцій будівель при пожежі

08.08 МКР.002.00.000. ПЗ

Виконав: магістрант 2 курсу,
групи Б-19мі спеціальності
192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Гончарук Є. Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник Попович М. М.

(прізвище та ініціали)

Опонент _____

(прізвище та ініціали)

м. Вінниця - 2021 року

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Будівництва, теплоенергетики та газопостачання

Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки 19 Архітектура та будівництво

(шифр і назва)

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва)

Освітня програма Промислове та цивільне будівництво

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БМГА

Швець В.В.

“ ___ ” _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Гончарук Євгенії Дмитрівній

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Стійкість фасадних світлопрозорих конструкцій будівель при пожежі

керівник роботи Попович М.М., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “___”___202 року №

2. Строк подання магістрантом роботи 21.05.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту проектування, результати інженерно-геологічних вишукувань. Передбачається проектування багатоповерхового житлового будинку, безкаркасної конструкції з цегляними поздовжніми несучими стінами. Переkritтя збірні залізобетонні. Покрівля плоска руберойдна, суміщена. Будинок має підвал технічного призначення.. Результати власних попередніх досліджень стійкості конструкцій будівель в умовах пожежі, результати огляду літературних джерел.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична значимість, методи досліджень, апробація)

1. Науково-дослідна частина (огляд літературних джерел, види використовуваних в будівництві світлопрозорих конструкцій фасадів будівель, пожежі і особливості їх впливу на конструкції будівель, стійкість конструкцій будівель в умовах пожежі, методи випробувань і способи попередження поширення пожежі по фасаду будівель, практичні результати наукових досліджень).

2. Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту (розрахунок планувальних відміток генплану, специфікації на збірні залізобетонні конструкції, віконні та дверні заповнення, експлікація підлоги, теплотехнічний розрахунок).

3. Технологія будівельного виробництва (технологічні розрахунки за рекомендаціями норм та у варіанті з використанням результатів досліджень)

4. Складання календарного графіку та будівельного генерального плану

5. Розробка заходів з охорони праці та цивільного захисту.

6. Економічна частина (визначення економічного ефекту від впровадження результатів наукової розробки на прикладі технічного об'єкту). Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Науково-дослідний розділ – 6-8 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)

2. Архітектурно-будівельні рішення – 2 арк. (фасад, генеральний план, плани, план покрівлі, розрізи, вузли)

3. Технологія будівельного виробництва – 1 арк. (схема організації виконання робіт, організація робочого місця при виконанні робіт, технологічний розрахунок та календарний графік виконання робіт, графік руху робітників, вказівки до виконання робіт, ТЕП)

4. Організація будівельного виробництва – 2 арк. (календарний графік, бюджетплан)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 12.03.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання технічного завдання та вступу до МКР	03.02-06.02.21	
2	Науково-дослідна частина	07.02-12.03.21	
3	Архітектурно-будівельні рішення	15.03-26.03.21	
4	Основи та фундаменти	27.03-03.04.21	
5	Організація будівельного виробництва	04.04-16.04.21	
6	Охорона праці та цивільний захист	17.04-24.04.21	
7	Економічна частина	25.04-02.05.21	
8	Оформлення МКР	03.05-08.05.21	
9	Подання МКР на кафедрі для перевірки	10.05-16.05.21	
10	Попередній захист	17.05-21.05.21	
11	Рецензування	24.05-30.05.21	

Магістрант _____ Гончарук Є.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Попович М.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

В магістерській кваліфікаційній роботі на тему «Стійкість фасадних світлопрозорих конструкцій будівель при пожежі» було експериментально визначено характер розподілу температурних полів по фасаду будівлі для обґрунтування технічних рішень по захисту від руйнування світлопрозорих конструкцій і запобігання поширенню пожежі по фасаду висотних житлових будинків.

В науковій частині розглянуті причини і наслідки загоряння фасадів з різних конструктивних матеріалів на прикладах реальних пожеж та моделювання, а також проаналізовані ризики, що виникають при пожежах даних системах.

В технічній частині проведено порівняння способів захисту конструкції від перекидання вогню на вище розташовані поверхи на основі існуючих проведених випробувань. Також виконано можливе застосування цих способів захисту у дев'яти поверховій житловій будівлі у вигляді пожежного коробу, вогнестійких пакетів, вогнестійкого алюмінієвого фасаду з межею вогнестійкості 60 хвилин, вогнестійкого міжповерхового поясу та захисного екрану.

У складі технічної частини розроблений проект організації будівництва та розділ охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

У розділі економіки визначений економічний ефект від впровадження результатів наукової розробки на прикладі технічного об'єкту.

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 8 аркушів графічної частини формату А-1, та пояснювальної записки, яка містить 174 аркушів формату А-4.

Ключові слова: світлопрозорі конструкції, методи дослідження, фасади при пожежі, стійкість, вплив температур.

Abstract

In the master's thesis on "Stability of facade translucent structures of buildings in case of fire" was experimentally determined the nature of the distribution of temperature fields on the facade of the building to justify technical solutions to protect against destruction of translucent structures and prevent fires on the facades of high-rise buildings.

The scientific part considers the causes and consequences of fire facades of different structural materials on the examples of real fires and modeling, as well as analyzes the risks arising from fires in these systems.

The technical part compares the methods of protection of the structure from the spread of fire on the upper floors on the basis of existing tests. It is also possible to use these methods of protection in a nine-storey residential building in the form of a firebox, fire-resistant packages, fire-resistant aluminum facade with a fire resistance limit of 60 minutes, fire-resistant floor belt and protective screen.

As a part of a technical part the project of the organization of construction and the section of labor protection and safety in emergency situations is developed.

The section of economics defines the economic effect of the implementation of the results of scientific development on the example of a technical object.

The master's qualification work consists of 8 sheets of graphic part of A-1 format, and an explanatory note, which contains 174 sheets of A-4 format.

Keywords: translucent constructions, research methods, facades in case of fire, stability, influence of temperatures.

Відомість аркушів графічної частини

Аркуш	Найменування	Примітка
1	Тема, мета і задачі дослідження	Плакат
2	Фактори ризику при загорянні ФС	Плакат
3	Алгоритм оцінки пожежно-технічних характеристик світлопрозорого фасаду будівлі; типи вогнестійких склопакетів	Плакат
4	Графік температур та алгоритм вимірювання	Плакат
5	Конструктивне рішення протипожежних поясів в світлопрозорих фасадах	Плакат
6	Схема та установка проведеного експерименту	Плакат
7	Схема установки захисного екрану	Плакат
8	Графіки впливу, розподілу температур та прогрівання конструкцій	Плакат
9	Динаміка зміни швидкостей конвективних потоків уздовж фасаду; наслідки впливу пожежі на на фасаді без захисного екрану і з ним	Плакат
10	Висновки за результатами наукового дослідження	Плакат
11	Генеральний план, розріз 1-1, план першого поверху секція I-II, ТЕП будинку, умовні позначення	Плакат
12	Впровадження наукової діяльності в об'єкті проектування	Плакат
13	Схема утеплення кута будівлі, схема кріплення мінераловатних плит до стіни; календарний графік виконання робіт по об'єкту	Плакат
14	Сітковий графік будівництва об'єкту, графік руху робочих кадрів по об'єкту	Плакат
15	Будівельний генеральний план, ТЕП проекту	Плакат

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	12
Літературний огляд теми дослідження. Актуальність теми.....	12
1.1 Види фасадних світлопрозорих конструкцій(ФСК)будівель.....	12
1.2 Теоретичні дослідження і методи визначення стійкості при пожежі фасадних світлопрозорих конструкцій.....	14
1.3 Модель роботи фасадних конструкцій під дією вогневих навантажень.....	16
1.3.1 Особливості розвитку пожежі біля фасадних конструкцій.....	16
1.3.2. Вплив вогню на фасади з різних конструктивних матеріалів.....	23
1.3.3 Показники руйнування світлопрозорих конструкцій під час пожежі.....	37
Висновки по 1 розділу	46
2 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	47
2.1. Опис методу захисту фасадної світлопрозорої конструкції.....	47
2.2. Методика вогневого випробування	54
2.3. Результати випробувань і аналіз отриманих даних.....	79
2.4. Технологія будівельного виробництва.....	95
2.4.1 Область застосування.....	95
2.4.2 Визначення складу робіт.....	96
2.4.3 Організація і технологія виконання робіт.....	96
2.4.4 Послідовність виконання робіт.....	99
2.4.2 Калькуляція трудовитрат та заробітної плати.....	100
2.4.3 Технологічний розрахунок та графік виробництва робіт.....	102
2.4.4 Техніко-економічні показники.....	103
2.4.5 Вимоги до якості і приймання робіт	104
2.5 Організація будівництва.....	115
2.5.1 Аналіз архітектурно-конструктивних рішень проекту.....	115
2.5.2 Проектування та розрахунок календарного графіка виконання робіт..	115
2.5.3 Проектування будівельного генерального плану.....	121
2.5.4 Розрахунок площ відкритих і закритих складів для будівельних конструкцій, матеріалів та виробів.....	123

2.5.5 Розрахунок і проектування мереж тимчасового водозабезпечення будівництва.....	125
2.6.6 Розрахунок і проектування мереж тимчасового електропостачання будівельного майданчика.....	127
2.7.7 Техніко-економічні показники проекту.....	129
2.6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	131
2.6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	132
2.6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	135
2.6.3 Розрахунок коефіцієнта протирадіаційного захисту приміщення торгової зали першого поверху.....	142
Висновки по 2 розділу	145
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	146
Висновок по розділу 3.....	153
Висновки.....	154
Перелік джерел посилань.....	155
Додаток А Технічне завдання.....	160
Додаток Б Картка-визначник.....	167
Додаток В Кошторисна документація.....	175
Додаток Г Кошторисна документація.....	177

Вступ

Актуальність теми.

Останнім часом в Україні все більше застосовуються світлопрозорі конструкції, які сприяють покращенню дизайну, інформативності та природному освітленню будинків та приміщень. Найпоширенішим елементом для улаштування світлопрозорих конструкцій (вікон, зовнішніх прозорих огорожувальних конструкцій, перегородок, елементів скління дверей та воріт тощо) є силікатне скло та матеріали на його основі (наприклад, прозорі будівельні блоки). Скло є міцним, довговічним та стійким матеріалом, якій не підвергається впливу навколишнього середовища, забезпечує інсоляцію приміщень, є енергоефективним та надає будівлі гарний естетичний вигляд.

Мета дослідження - визначення причини та наслідки загоряння фасадів з різних конструктивних матеріалів на прикладах реальних пожеж та моделювання, а також проаналізувати ризики, що виникають при пожежах даних систем.

Завдання досліджень:

- розробити алгоритм розрахунку необхідної і достатньої стійкості світлопрозорого заповнення на вищерозташованому поверсі щодо поверху пожежі при максимальному його розвитку;
- розробити методику натурного вогневого випробування за оцінкою пожежостійкості світлопрозорого фасаду висотного житлового будинку;
- встановити характер розподілу температурних полів по висоті фасаду висотного житлового будинку при максимальному ступені розвитку пожежі;
- встановити вплив міжповерхових поясів на поширення пожежі по світлопрозорих фасадах висотного житлового будинку;
- визначити вплив площі віконного прорізу на висоту полум'я вздовж площини фасаду будівлі.

Об'єктом дослідження - світлопрозорі фасадні конструкції житлових висотних будівель.

Предметом дослідження - стійкість при пожежі фасадних світлопрозорих конструкцій висотних житлових будинків.

Наукова новизна роботи полягає в:

- теоретичному обґрунтуванні алгоритму оцінки стійкості світлопрозорої фасадної конструкції під час пожежі в житловому багатоповерховому будинку;
- розробці методики натурального вогневого випробування за оцінкою пожаростійкості світлопрозорого фасаду висотного житлового будинку;
- отримання відомостей про характер розподілу температурних полів по фасаді висотного житлового будинку при максимальному ступені розвитку пожежі;
- визначенні граничних станів і критеріїв руйнування світлопрозорого заповнення фасаду приміщення вогнища пожежі;
- визначенні висоти полум'я над приміщенням вогнища пожежі від площі зруйнованого віконного отвору;
- отриманні даних про характер розподілу температурних полів по висоті фасаду будівлі при швидкості висхідних повітряних потоків (3 м / с), характерних для висотних будівель.

Теоретична значимість роботи:

- встановлені граничні стани і виявлено критерії руйнування світлопрозорих конструкцій під час пожежі у висотних житлових будинках;
- встановлена залежність температурних полів по висоті фасаду від площі віконного заповнення приміщення вогнища пожежі;
- встановлена залежність, що дозволяє спрогнозувати значення температурних полів уздовж площини фасаду в залежності від середньооб'ємної температури приміщення вогнища пожежі;
- встановлено вплив швидкості висхідних потоків, що дорівнює 3 м / с, на висоту полум'я, що виходить з вікна палаючого приміщення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. На основі проведених досліджень зроблено порівняння та обрано найефективніший спосіб захисту будівлі від пожежі. Робота проводилась у Вінницькому національному технічному університеті відповідно до кафедральної науково-дослідної теми «Стійкість фасадних світлопрозорих конструкцій будівель при пожежі».

Достовірність отриманих результатів.

Магістерської роботи підтверджується проведенням випробувань у програмному комплексі, спеціалізованому на таких дослідженнях, чіткістю виконання поставлених завдань, коректністю введення початкових даних та точністю їх аналізу.

Апробація результатів роботи.

На базі матеріалів підготовлені доповіді на конференціях: I Науково-технічна конференція факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання (2021) <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2021/paper/view/12537>

1 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

1.1 Види фасадних світлопрозорих конструкцій (ФСК) будівель

Фасади зі скла міцно увійшли в сферу будівництва. Вони надають будівлі оригінальний дизайн, візуальну легкість і прозорість. Конструкції мають різну конфігурацію і легко монтуються на фасаді будь-якої форми, що дозволяють втілити в життя найнеймовірніші ідеї архітекторів. Нові технології застосовуються при будівництві та реконструкції будівель. Сучасні споруди із зашкеленими фасадами відмінно вписуються в інфраструктуру і облагороджують міський пейзаж. Світлопрозорі системи можна встановлювати, як з боку входу, так і на будь-якій іншій ділянці об'єкта. Фасади зі скла мають багато переваг, які враховуються при розробці проекту. Фасади зі скла міцно увійшли в сферу будівництва. Вони надають будівлі оригінальний дизайн, візуальну легкість і прозорість. Конструкції мають різну конфігурацію і легко монтуються на фасаді будь-якої форми, що дозволяють втілити в життя найнеймовірніші ідеї архітекторів. Нові технології застосовуються при будівництві та реконструкції будівель. Сучасні споруди із зашкеленими фасадами відмінно вписуються в інфраструктуру і облагороджують міський пейзаж. Світлопрозорі системи можна встановлювати, як з боку входу, так і на будь-якій іншій ділянці об'єкта. Фасади зі скла мають багато переваг, які враховуються при розробці проекту. Усі об'єкти цивільного будівництва відносяться до типового пожежного навантаження класу «А» (тліючі та горючі матеріали). До таких будівель застосовуються підвищені вимоги до вогнестійкості.

Метою роботи є визначення сучасних методів дослідження вогнестійкості фасадних конструкцій, аналіз на основі проведених експериментів, виявлення найбільш впливових чинників на розповсюдження вогню та визначення методів попередження розповсюдження пожежі по фасадним світлопрозорим конструкціям будівель.

У світлопрозорих системах може встановлюватися:

1. **Моностекло.** Звичайне листове скло піддається термічній обробці при температурі до 700 градусів.
2. **Арміроване.** Міцність забезпечує розташована всередині металева сітка.
3. **Склопакети.** Зазвичай складаються з двох або більше шарів скла, які з'єднані рамкою. Всередину конструкції може бути закачано інертний газ, що підвищує енергозберігаючі властивості.
4. **Триплекс.** Конструкція з декількох шарів скла, для з'єднання яких використовується полімерний склад.

Незалежно від способу виготовлення, будь фасадне скло стійко до механічних пошкоджень і безпечно в експлуатації. За дизайнерським виконання скла можуть бути передбачені в класичному виконанні або тоновані.

1. **Прозоре.** Найбільш поширений варіант. Це звичайнісінька на вигляд скло, але воно має підвищені показники міцності. Завдяки таким властивостям фасади зі скла надійно захищають майно і людей, які проживають в будинку.
2. **Тоноване.** При такому рішенні інтер'єр з вулиці не проглядається, але перебуваючи в приміщенні можна вільно спостерігати за всім, що відбувається в околицях.

Види фасадів зі скла

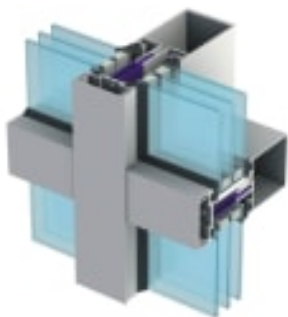


Рисунок 1.1

Стойко-ригельна система (рис. 1.1)
 Найбільш затребувана конструкція.
 Скло утримують вертикальні стійки і горизонтальні профілю (ригелі).
 З зовнішньої частини елементи прикривають декоративними планками, що робить фасади зі скла сучасними і елегантними. Популярність такої світлопрозрачної системи обумовлена можливістю застосування практично для всіх споруд.



Рисунок 1.2

Структурний метод (рис. 1.2)

Особливість конструкції полягає в способі монтажу. На поверхні відсутні елементи кріплення, що створює ефект цілісності поверхні. Фасадні скла приклеюються до основи за допомогою герметика впритул один до одного. Незважаючи на зовнішню крихкість, конструкція дуже надійна і додає особливу елегантність висотних будівель і невеликим будівель. На фоні інших систем, ціна на скління фасаду таким способом буде вище. Навісні фасади зі скла

Основою конструкції служить каркас, на який кріпляться скляні листи. Відмітна особливість такого виду – можливість встановлювати систему вентиляції і теплоізоляцію. Навісний скляний фасад підходить для офісних і виробничих будівель.



Рисунок 1.3

Спайдерні системи (рис.1.3)

Особливість такої конструкції полягає в відсутності рами, петель і інших монтажних елементів. Кріплення скла здійснюється за допомогою виготовлених з високоміцної сталі кронштейнів (спайдерів). Застосовуючи цю технологію можна монтувати фасади зі скла на великих об'єктах. Поверхня виходить гладка і візуально здається, що вона виконана з цільного матеріалу.

1.2 Теоретичні дослідження і методи визначення стійкості при пожежі фасадних світлопрозорих конструкцій

Теоретичний аналіз робіт, присвячених характеру руйнування скла в умовах пожежі, дозволяє виділити три критерії, при яких відбувається руйнування скла, і їх значення, отримані експериментальним шляхом:

1) досягнення критичного значення падаючого теплового потоку (20-30 кВт / м² - для одно- і двокамерних склопакетів розміром 0,61 × 0,61 м і 0,91 × 1,5 м, 9 кВт / м² - листове скло розміром 0,5 × 0,5 товщиною 3 мм);

2) різниця температур між закритою і відкритою частиною скла (60°C - скло 4 мм; 95°C - скло 5 мм; 129°C - скло 6 мм. Розміри зразків 370×270 мм);

3) температура на поверхні скла (110°C - для листового скла 6 мм, $330\text{-}380^{\circ}\text{C}$ - для загартованого скла 6 мм, $470\text{-}590^{\circ}\text{C}$ - для загартованого скла 10 мм).

У 2012 р. на базі Оренбурзької філії ФГБУ ВНІІПО МНС Росії були проведені великомасштабні дослідження з визначення критеріїв руйнування листового, загартованого та багатошарового одинарного скла.

Дослідження проводилися з листовим склом завтовшки 4, 5 і 6 мм, розмірі 1250×1605 мм. Температурний вплив здійснювалося відповідно до режиму «стандартної» пожежі. Результати експериментів дозволяють зробити наступні висновки: втрата цілісності листового скла 4, 5 і 6 мм наступала внаслідок досягнення температури на не обігріваній стороні скла від 90 до 128°C , тепловий потік при цьому становив від 2 до $2,4$ кВт / м².

Всі вищевказані критерії відносяться до умов розвитку пожежі всередині приміщення і температурному впливі на склопакет з боку приміщення. Очевидно, що умови температурного впливу на склопакет розташований над поверхом пожежі будуть відрізнятися від умов під час пожежі всередині приміщення. Це також впливає на критерій руйнування склопакета на верхніх поверхах, проте подібні дані в наукових виданнях відсутні.

Руйнування скла у вікнах, на фасадному склінні або покрівлі, визначає найважливіший етап розвитку пожежі. До тих пір, поки зовнішня світлопрозора оболонка зберігає цілісність, розвиток пожежі відбувається за рахунок кисню, що знаходиться в обсязі приміщення, у міру витрачання якого інтенсивність горіння починає знижуватися.

Сучасні рішення вогнестійких профільних систем, пропонувані великими європейськими виробниками, припускають заповнення камер всередині профілів вогнетривкими композитними матеріалами, які дозволяють підвищити межу вогнестійкості силової структури скляного фасаду до 30-90 хв.

1.3 Модель роботи фасадних конструкцій під дією вогневих навантажень

1.3.1 Особливості розвитку пожежі біля фасадних конструкцій

Розвитку пожежі по фасаді можуть сприяти такі фактори, як потужність вогнища пожежі, горюче оздоблення фасаду, зовнішні умови (вітер, конвективний потік), що піднімають полум'я на велику висоту.

Скло є негорючим матеріалом і не сприяє поширенню пожежі по фасаді, проте володіючи низькою стійкістю до дії високих температур, здатне руйнуватися на ранніх етапах пожежі, що може стати непрямим причиною поширення пожежі по фасаді будівлі внаслідок виходу полум'я назовні через віконний отвір.

При руйнуванні віконного заповнення відбувається додаткове надходження кисню до вогнища пожежі, що збільшує швидкість вигорання горючого навантаження, при цьому продукти термічного розкладання, які не згоріли в обсязі приміщення, викидаються через віконні прорізи.

Конвективні і вітрові потоки, що містять часточки, що не згоріли зовні будівлі, створюють потужний температурний вплив, що формується вздовж площини фасаду. Це стає причиною руйнування світлопрозорого заповнення на вищерозташованому поверсі і переходу пожежі на верхні поверхи. Дві пожежі, розташовані одна над іншою, взаємно підсилюють одна одну, створюючи ще більш потужні температурні поля вздовж площини фасаду, розвиток пожежі по фасаді будівлі набуває прогресуючий характер з залученням до нього приміщень, розташованих по горизонталі. Тому одним із головних завдань системи забезпечення пожежної безпеки будівлі в разі виникнення пожежі є запобігання виходу його назовні або обмеження переходу на суміжні поверхи.

На формування вітрових потоків, що спрямовані вертикально і огинають фасад будівлі, значно впливає природна конвекція, що виникає через градієнта температури навколишнього повітря і площини фасаду, нагрітого сонячною радіацією, в результаті чого виникає конвективний тепловий потік, спрямований вгору будівлі.

Проведені Ю.А. Табунщіковим [24] дослідження дозволили встановити залежність між різницею температур навколишнього середовища, температурою фасаду і висотою будівлі. Для будівлі висотою 100 м при різниці температури навколишнього середовища і поверхні фасаду в 10°C швидкість вертикального конвективного потоку складає 3 м / с.

Однак в існуючих методиках будівельного проектування [25], що враховують вітрові впливи на будівлі, вертикальна складова вітру не враховується. Дослідженням, пов'язаним із впливом атмосфери і шорсткості землі на швидкість і напрям вітру, присвячено багато робіт як зарубіжних, так і російських вчених. Однак висновки, отримані в цих роботах, свідчать про незначність зміни швидкості і кута нахилу повітряного потоку зі збільшенням висоти так, наприклад, на висоті 500 м швидкість вітру становить 9 м / с, а кут нахилу щодо горизонталі 2° , щодо швидкості вітру в 7 м / с, виміряної на поверхні землі [9]. У зв'язку з цим в будівельному проектуванні не враховують вертикальної складової вітру.

Беручи до уваги висновки, отримані в роботі, і результати розрахунків можна припустити те, що конвективні потоки, формуються уздовж площини фасаду висотних будівель, впливають на характер розвитку пожежі і сприяють його поширенню по вертикалі будівлі.

Для запобігання поширення пожежі фасад будівлі виконують вогнестійким або забезпечують наявність спеціальних вогнестійких бар'єрів, що перешкоджають переходу пожежі на суміжні поверхи.

Межа вогнестійкості світлопрозорих фасадів, в залежності від ступеня вогнестійкості і висотності будівлі встановлюється від E15 до E30. Для забезпечення необхідних меж вогнестійкості світлопрозорі конструкції фасадів виконують із вогнестійких склопакетів і конструкцій каркасу.

Вогнестійкість склопакетів забезпечується за рахунок фізико-хімічних змін заповнювачу (гелю), що виникають під впливом високих температур. При нагріванні вода, що міститься в гелі, починає випаровуватися, в результаті чого відбувається збільшення його в'язкості, помутніння і збільшення в обсязі з утворенням спіненої пористої структури (рисунок 1.4). При збільшенні

пористості теплопровідність гелю знижується, внаслідок чого зменшується тепловий вплив на шари склопакета, що не обігрівається і збільшується його межа вогнестійкості.

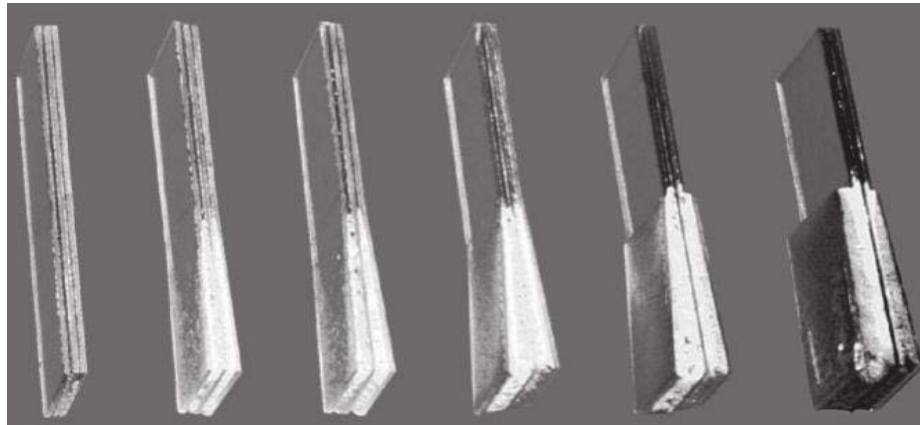


Рисунок 1.4 - Об'ємні зміни гелевого прошарку вогнестійкого склопакета

Конструкція багатошарового вогнестійкого скла, хімічний склад вогнезахисного гелю, його в'язкість, текучість і щільність можуть відрізнятися в залежності від технології виробництва.

На сьогоднішній день відомі дві технології виробництва вогнестійких склопакетів: багатошарова і гелезалівна. У першому випадку склопакет являє конструкцію, що складається з декількох шарів скла (товщиною 2-3 мм) і прошарків вогнестійкого гелю товщиною 1-2 мм. Вогнестійкість скла залежить від кількості шарів (гель + скло) (рисунок 1.5, а). Виробниками даного виду склопакетів є в основному зарубіжні компанії Pilkington (Англія), AGC (Бельгія) і Glas Trösch (Швейцарія).

Другий спосіб виготовлення вогнестійких склопакетів заснований на гелезалівній технології. Склопакет складається з двох загартованих стекол або флоат-скла як російського, так і зарубіжного виробництва, широка внутрішня порожнина яких повністю заповнена вогнестійким гелем. Межа вогнестійкості даного скла залежить від товщини шару вогнестійкого гелю, що заповнює склопакет (рисунок 1.5, б). У Росії виготовлення вогнестійких склопакетів здійснюється в основному за даною технологією, серед відомих компаній такі як «Фототех», «ДВР-Центр», «Гласспром».

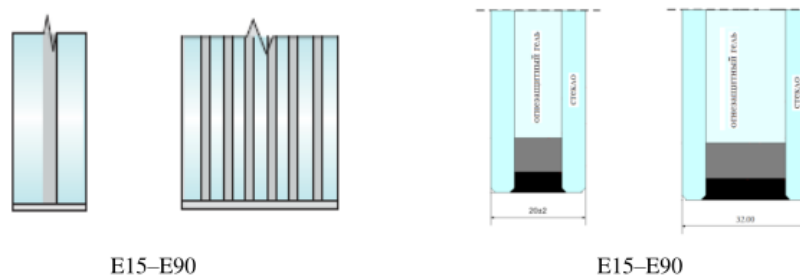


Рисунок 1.5 - Типи вогнестійких склопакетів: а) багатошарові;
б) гелезаливні

В роботі Зубкової Є.В. [26] встановлено, що гелі, що входять до складу вогнестійкого склопакета, не стійкі при попаданні на них води. Наприклад, гель, що входить до складу вогнестійкого скла марки AGC, вимивається під впливом води, повністю втрачаючи свої експлуатаційні властивості. Цей факт необхідно враховувати при оцінці спільної роботи систем пожежогасіння та водяного зрошення фасадів.

Вогнестійкість світлопрозорих конструкцій залежить не тільки від вогнестійкості склопакета, в рівній мірі вона буде залежати і від елементів несучих конструкцій та їх здатності чинити опір пожежі. Стандартні алюмінієві профільні системи, що застосовуються в конструкціях будівель, мають низьку межу вогнестійкості R5-R10. Застосовувані в складі конструкцій сплави алюмінію втрачають міцність при нагріванні до температури 200-250 °С, а при температурі від 575 до 660 °С переходять в рідкий стан .

У зв'язку з цим в якості несучого каркаса вогнестійких світлопрозорих огорожувальних конструкцій використовуються в основному сталеві або комбіновані профілі, відмінною рисою яких є наявність спеціальних конструктивних рішень, що забезпечують стійкість каркаса фасаду будівлі під час пожежі.

Необхідна межа вогнестійкості несучих елементів каркасу досягається за рахунок заповнення центральних камер профілів різними термостійкими і термопоглодаючими композиціями, застосуванням спеціального армування, що надає додаткову жорсткість і необхідну вогнестійкість.

Крім склопакета і несучого каркаса для забезпечення необхідної межі вогнестійкості при виготовленні світлопрозорого фасаду застосовується

фурнітура, що виготовляється з матеріалів з активними і пасивними протипожежними властивостями. Наприклад, термоплити (матеріали з хімічно зв'язаною водою, що виділяється під впливом високих температур); термореактивні ущільнювальні стрічки, що розширюються при нагріванні і заповнюють порожнечі; мінераловатні плити, азбестове полотно і шнури; внутрішні підсилюючі вставки, а також притискні і кріпильні елементи, що виготовляються зі сталевих і інших тугоплавких матеріалів.

Ефективність розроблених технічних рішень щодо підвищення вогнестійкості каркаса світлопрозорого фасаду оцінюється в ході вогневих випробувань відповідно до встановлених ГОСТ 30247 методами.

Варто зазначити, що застосування вогнестійких світлопрозорих фасадів будівель обмежене. Пов'язано це з високою вартістю вогнестійких склопакетів, застосовуваних в даних фасадах в порівнянні зі світлопрозорими фасадами, виконуваними зі світлопрозорим заповненням ненормованої межі вогнестійкості. Нормативними документами з пожежної безпеки допускається заміна вогнестійкого світлопрозорого фасаду будівлі на фасад, виконаний зі світлопрозорими ділянками ненормованої межі вогнестійкості, за умови наявності в місцях примикання зовнішніх стін до перекриття глухого ділянки стіни (міжповерховий пояс) з межею вогнестійкості не менше межі вогнестійкості перекриття (EI45-60).

Принцип захисної дії міжповерхового поясу заснований на зниженні потужності теплового впливу на світловий отвір поверху, розташованого над поверхом пожежі, до рівня, що не перевищує значень, при яких настане втрата цілісності склопакета.

Вимоги до висоти міжповерхового поясу в різних країнах відрізняються, так, в США висота його повинна становити 0,914 м (3 фути), у Великобританії 1 м, в Австралії - 0,9 м, в Швеції, в Росії, - 1,2 м.

У роботах зарубіжних вчених встановлено, що на ймовірність виходу полум'я на фасад будівлі впливає потужність вогнища пожежі, а розмір полум'я, що впливає на фасад, залежить від розмірів віконного отвору (співвідношення

висоти і довжини вікна). Відповідно, для запобігання переходу полум'я між суміжними поверхами необхідно регламентувати розміри віконних прорізів.

Очевидно, що дані дослідження справедливі тільки для фасадів будівель, виконаних з кам'яних матеріалів, так як при пожежі площа віконного отвору залишається незмінною, а висота полум'я буде залежати тільки від потужності вогнища пожежі. У будівлях, що мають світлопрозорі фасади, виконані у вигляді стрічкового скління, площа прорізу не обмежується площею одного вікна, а збільшується при руйнуванні сусідніх віконних заповнень, що не дозволяє спрогнозувати висоту полум'я і перехід пожежі на вищерозташований поверх.

Також встановлено, що додатковий вплив на висоту полум'я надає конвективний повітряний потік, характерний для світлопрозорих висотних будівель, він становить небезпеку, сприяючи поширенню пожежі по фасаді будівлі. Однак, як показує практика будівництва в Україні, при проектуванні фасадів зі світлопрозорим заповненням ненормованої межі вогнестійкості не враховуються особливості розвитку пожежі при виході полум'я на фасад будівлі і не оцінюються особливості висотного будівництва і фактори, які можуть сприяти переходу пожежі на вищерозташовані поверхи.

Головним чином враховується лише наявність міжповерхового поясу висотою 1,2 м. А в деяких випадках допускається зменшення його висоти. Аналіз доступних в мережі Інтернет протоколів вогневих випробувань і технічних висновків по оцінці пожежно-технічних характеристик міжповерхових поясів деяких виробників показав, що існують технічні рішення по виготовленню поясів висотою від 900 до 1295 мм. Знижуючи висоту міжповерхового поясу, проектувальники застосовують компенсуючі заходи, спрямовані на підвищення стійкості при пожежі віконного заповнення, найбільш поширеним є застосування водяного зрошення, що реалізовано в деяких будівлях Москва-Сіті [27]. Однак відомості про ефективність даного технічного рішення в умовах реальної пожежі відсутні.

Як в зарубіжних, так і в українських джерелах відсутні експериментальні дані про вплив висоти вогнестійкого міжповерхового поясу на поширення пожежі по вертикалі будівлі. Однак очевидно, що на ефективність запобігання

розвитку пожежі міжповерхових поясом надаватимуть умови розвитку пожежі, розміри світлопрозорого заповнення, а також вплив вертикально спрямованих конвективних повітряних потоків на полум'я, що виходить з віконного отвору.

Досліджень, спрямованих на оцінку впливу зовнішнього вертикально спрямованого вітрового потоку на розмір факела полум'я, що виривалося з вікна, не проводилося. Це визначає необхідність проведення подальшої роботи в даному напрямку з урахуванням даного явища.

Ще одним способом обмеження поширення пожежі по фасаду може бути застосування міжповерхових козирків. Міжповерхові протипожежні козирки призначені для формування напрямку факела полум'я, що виривалося з вікна, і недопущення його наближення до площині фасаду.

Вимоги щодо влаштування подібних козирків існують в нормативних документах деяких країн, так, в США довжина козирка повинна бути не менше 0,762 м, в Австралії - не менше 1,1 м.

За вимогами СП 2.13130.2020 протипожежне перекриття має розділяти будівлю і виступати на 30 см від площини, однак допускається замінювати такі козирки все тими ж міжповерховими поясами висотою 1,2 м з межею вогнестійкості EI150.

На відміну від міжповерхових поясів, ефективність козирків доведена як експериментальними дослідженнями, так і за допомогою чисельного моделювання. Ефективність їх застосування була підтверджена в роботі S.Yokoi [28], де доведено, що горизонтальна проекція розміром 0,74 м, перпендикулярна стіні над вікном, не дозволяє полум'я зруйнувати вищерозміщене вікно. Результати цих випробувань внесли вклад в нормативні вимоги щодо пожежної безпеки в Японії.

В роботі M. Pilar Giraldo, Jaime Avellaneda, Ana M. Lacasta, Vladimir Rodríguez [29] представлені наочні результати комп'ютерного моделювання, що характеризують позитивний вплив наявності козирків на обмеження впливу полум'я на фасад будівлі.

1.3.2. Вплив вогню на фасади з різних конструктивних матеріалів

Широке застосування фасадних систем (ФС), в тому числі вентилязованих, сприяє вдосконаленню архітектурного вигляду будівель і споруд. Однак в публікаціях [2-5] аргументовано підкреслюється невирішеність проблем забезпечення їх пожежної безпеки, відставання протипожежних норм від сучасних архітектурних і конструктивних рішень.

У статтях [6-16] розглядаються основні проблеми, що виникають при роботі з навісними вентилязованими фасадами (НВФ), однієї з них є проблема пожежної безпеки даних систем і застосувань горючих матеріалів в їх конструкціях.

В даний час існує значний обсяг публікацій, пов'язаних з тепловологим розрахунком огорожувальних конструкцій, присвячений фасадним системам з вентилязованим зазором [18-20], пов'язаний з особливостями конструкцій і різноманіттям типів фасадів, і розвитком будівельних матеріалів.

У статті [17] проведено аналіз публікацій за пожежною небезпекою фасадних систем (ФС).

Розглянуто основні елементи сучасних навісних ФС - каркас, теплоізоляція, гідровітрозахист, облицювальні матеріали. Наведено основні заходи, в тому числі компенсуючі, щодо забезпечення пожежної безпеки.

У статтях [12] розглянуті різні конструкції навісних вентилязованих фасадів.

У статті [23] описані результати енергетичного обстеження. Проведено аналіз стану енергопотреб, визначено клас з енергоефективності, розроблені рекомендації та потенційні можливості економії енергоресурсів і підвищення енергоефективності будівлі.

У статті [45] розглянуто варіант визначення гідравлічно оптимального навісного вентилязованого фасаду для будівель і споруд. У статті [22] модель будівлі з вентилязованим фасадом була створена з використанням TRNSYS програмного інструменту, і параметри повітряного потоку були змодельовані з використанням TRNFlow. Результати, отримані за допомогою моделі, порівнюються з перевіреними експериментальними даними. Модель дозволяє

розрахувати попит на енергію фасаду будівлі, що пропонує і оцінці пасивних стратегій.

У статті [21] описується застосування методики визначення теплотехнічних характеристик вентиляованих фасадних систем вручну і за допомогою комп'ютерного моделювання.

Аналіз технологічних особливостей застосування фасадних систем теплоізоляції на основі «мокрих» процесів і з вентиляованим повітряним прошарком розглянуті в статті [19]. Показано, що в системах теплоізоляції фасадів можливе руйнування теплоізоляційного шару з плином часу. В цілому, при розгляді масиву наукової літератури, присвяченого дослідженню НВФ, можна зробити висновок про недостатнє вивчення проблеми поширення горіння по ФС.

Однією з уразливих частин будь-якої будівлі є фасад: саме він піддається впливу навколишнього середовища. Із завданням захисту зовнішніх стін будівель відмінно справляються навісні вентиляовані фасади, які є останнім словом будівельних технологій.

Пожежна небезпека навісної фасадної системи визначається [7]:

- наявністю теплового ефекту від горіння або термічного розкладання матеріалів зразка.

При цьому враховують тільки перевищення з безперервною тривалістю більше двох хвилин і в інтервалі часу від семи до 35 хв;

- виникненням вторинних джерел запалювання безперервно протягом не менше 5 сек;

- обваленням хоча б одного елемента конструкції або його частини масою 1,0 кг і більше, яка визначається як добуток щільності матеріалу, площі його обвалення і товщини;

- розміром пошкодження матеріалів зразка.

Навісний вентиляований фасад є комплексною системою і тому вважати, що причина пожеж криється тільки в одному з його елементів, помилково. Як правило, причина пожеж - це неправильний підбір матеріалів цієї системи і подальше необережне поводження з вогнем, наприклад, при санації покрівлі. На

основі аналізу причин, особливостей та наслідків резонансних пожеж, виявлені найбільш небезпечні фактори ризику, знайдені оптимальні технологічні шляхи вирішення. Дані представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Фактори ризику при загорянні ФС

Фактори ризику	Технічні шляхи вирішення
Сильне задимлення (густий чорний їдкий дим, що виділяється при горінні утеплювача).	<ul style="list-style-type: none"> - зниження рівня виділення диму може бути досягнуто шляхом встановлення автоматичних спринклерних головок і обмеження використання горючих матеріалів в будівлі або в конструкції підлоги; - димовидалення може здійснюватися шляхом витяжки диму з атріуму як за допомогою zenітних прорізів, так і шляхом пристрою системи витяжної вентиляції, що дозволяє знизити концентрацію диму в верхній частині та обмежити його поширення в інші (суміжні) приміщення і т.п.; - обмеження використання утеплювача: пінополістирол - до 12 поверхів, мінеральні та силікатні системи - до 25 поверхів.
Горючі матеріали, що входять до складу системи НВФ. (Вогонь поширювався по фасадах, які були облицьовані АКП, що мають групи горючості Г4).	<ul style="list-style-type: none"> - в навісних фасадних системах слід застосовувати тільки композитні панелі, які успішно пройшли вогневі випробування в складі навісних фасадних систем; - при застосуванні в конструкціях горючих утеплювачів віконні та інші отвори по периметру слід обрамляють смугами шириною не менше 200 мм з мінераловатного негорючого утеплювача щільністю не менше 80-90 кг / м³; - обмеження використання утеплювача: пінополістирол - до 12 поверхів, мінеральні та силікатні системи - до 25 поверхів.
Повітряний зазор, що створює ефект тяги, що сприяє збільшенню швидкості поширення полум'я по фасаду будівлі.	<ul style="list-style-type: none"> - пристрій через кожні 6-9 м уздовж всього периметра будівлі сталевих горизонтальних розтинів, виконаних з тонколистової сталі товщиною не менше 0,55 мм, перекривають повітряний зазор і перешкоджають падінню палаючих крапель розплаву плівки в разі можливої пожежі; -Точний розрахунок товщини повітряного зазору
Пожежна небезпека при використанні волого-	<ul style="list-style-type: none"> - при застосування волого-вітрозахисних мембран в поєднанні з мінераловатними плитами, що мають "кешовану" зовнішню поверхню, суворо забороняється; - в зв'язку з цим, при проектуванні НВФ, від

вітрозахисних мембран.	вітрозахисної плівки необхідно або повністю відмовитися на користь більш досконалої теплоізоляції, або використовувати виключно негорючу мембрану; - влаштування протипожежного короба; - по висоті будівлі з певним кроком необхідна установка горизонтальних протипожежних отсечек вентильованого фасаду.
Обвалення облицювальних матеріалів в зону евакуації людей. Виліт скла з віконних прорізів в зону евакуації.	- установка над евакуаційними виходами з будівель навісів або козирків з негорючих матеріалів. Зазначені конструкції повинні перекривати всю ширину відповідного виходу. Довжина вильоту навісу від площини фасаду повинна становити не менше 1,2 м при висоті будівлі до 15 м і не менше 2 м при висоті більше 15 метрів; - збільшення кількості кляммерів поблизу віконних прорізів; - забезпечення кріплення кронштейнів фасадних систем безпосередньо до плит перекриття; - застосування поясів з пожежостійкість скління на висоту поверху вище і нижче протипожежного перекриття, включаючи застосування вогнестійких полімерних плівок.
Монтажні, зварювальні, ремонтні роботи.	- використання сталевих елементів захисту по контуру віконних прорізів; - проектування протипожежних відсічок віконних прорізів. При відстані між отворами по висоті менше 1,2 м, протипожежні відсічення виконуються по всьому периметру вікна. При відстані більше 1,2 м - нижня горизонтальна відсічення НЕ монтують.
Недотримання нормованого відстані між будівлями. Відсутність пожежних проїздів	- застосування протипожежних завіс; - при проектуванні проїздів забезпечити можливість проїзду пожежних машин до будинків комплексу з усіх боків.

Діючі протипожежні норми містять досить жорсткі вимоги до зовнішніх стін будинків висотою більше двох поверхів, перешкоджають використанню горючих утеплювачів для зовнішньої теплоізоляції стін. Однак, існуючий метод оцінки пожежної небезпеки конструкцій не враховує особливостей можливого розвитку пожежі по зовнішній поверхні стін будівель.

Досвід випробувань показав, що традиційні методи визначення пожежної небезпеки будівельних конструкцій недостатні для оцінки їх реальної загрози. Ця небезпека істотно залежить від конструктивного рішення системи теплоізоляції.

На основі серії натурних вогневих випробувань зовнішніх систем утеплення фахівцями ЦНДІБК ім. В.А. Кучеренко та ФГУ ВНДІ-ПО МНС Росії розроблений ГОСТ 31251-2003 «Конструкції будівельні. Методи визначення пожежної небезпеки. Стіни зовнішні з зовнішньої сторони».

Прийнята в стандарті класифікація за пожежною небезпекою і умови випробувань відносяться до будівель, які відповідають наступним показникам:

- величина пожежного навантаження в приміщеннях не перевищує 700 МДж / м² (50 кг / м² в перерахунку на деревину), а умовна тривалість пожежі t_p , (хв), що визначається співвідношенням, не перевищує 35 хв;
- відстань між верхом вікна і підвіконням вище поверху не менше 1,2 м;
- загальна кількість горючих матеріалів, що становлять систему утеплення або обробку, не перевищує 200 МДж/м² поверхні стіни без урахування площі віконних і дверних прорізів.

Прийняті параметри охоплюють практично всі житлові та більшість громадських будівель.

Пожежна небезпека навісний фасадної системи визначається:

- наявністю теплового ефекту від горіння або термічного розкладання матеріалів зразка. При цьому враховують тільки перевищення з безперервною тривалістю більше двох хвилин і в інтервалі часу від 7 до 35 хв;
- виникненням вторинних джерел запалювання безперервно протягом не менше 5 сек;
- обваленням хоча б одного елемента конструкції або його частини масою 1,0 кг і більше, яка визначається як добуток щільності матеріалу, площі його обвалення і товщини;
- розміром пошкодження матеріалів зразка.

Особливості пожежної небезпеки штукатурних систем зовнішнього утеплення фасадів.

Все різноманіття фасадних систем можна привести до двох основних видів:

- штукатурні системи зовнішнього утеплення фасадів будівель із застосуванням полімерних утеплювачів;
- системи зовнішньої теплоізоляції фасадів з повітряним зазором між утеплювачем і облицюванням - навісні вентильовані фасади (НВФ).

Штукатурних систем зовнішнього утеплення фасадів властива наявність «мокрих» технологічних процесів різної тривалості. Як утеплювачів в таких системах зазвичай використовується пінополістирол і деякі види пінополіуретанолу.

Головним з точки зору пожежної небезпеки штукатурних систем, в яких в якості утеплювача використаний плитний пінополістирол, є їх потенційна здатність сприяти поширенню пожежі (його перекидання) на розташовані вище поверхи будівлі, якщо полум'я виходить на фасад будівлі.

Для забезпечення надійної та пожежобезпечної експлуатації штукатурних систем з полістирольним утеплювачем необхідно виконувати ряд рекомендацій, а саме, завжди застосовувати окантовки віконних (дверних) прорізів і, в ряді випадків, поверхові протипожежні пояси з негорючих мінераловатних плит.

При відсутності елементів з негорючих мінераловатних плит пожежна небезпека подібних систем істотно зростає і можлива реалізація другого механізму руйнування штукатурних систем, особливо при застосуванні так званих полімерних «штукатурок», які містять до 14% полімерів, а іноді і більше.

Мінераловатні плити, які застосовуються для обкантовок і протипожежних розтинів, повинні мати температуру плавлення не менше 1000 ° С, тому що температура факела на виході з віконного отвору палаючого приміщення в реальних пожежах може досягати цих значень і навіть перевищувати їх. Звідси випливає і обґрунтування заборони застосування для цих цілей скловолокнистих плит, температура плавлення яких не більше 550 ° С.

Для оцінки пожежної небезпеки конкретної штукатурної системи необхідні відомості про пожежно-технічні характеристики пінополістиролу, що застосовується безпосередньо в цій системі.

Особливе значення для пожежобезпечного застосування штукатурних систем з полістирольних утеплювачем мають термомеханічні властивості декоративно-захисних штукатурок і, зокрема, їх «тріщиностійкість». Важливість цього чинника пов'язана з тим, що зменшення тріщиностійкості штукатурок супроводжується зростанням кількості горючих продуктів термічного розкладання полістиролу, які надходять з внутрішнього обсягу системи в факел полум'я і збільшують його потужність і висоту.

Особливості пожежної небезпеки навісних вентильованих фасадів.

Навісні вентильовані фасади (НВФ) характеризуються наявністю повітряного зазору між утеплювачем і облицюванням. НВФ в залежності від матеріалу каркаса можна розділити на фасади з несучої під конструкцією з: алюмінієвих сплавів; вуглеводневих сталей із захисними покриттями; корозійностійкої сталі. Залежно від виду облицювань фасадні системи підрозділяються на: системи з керамогранітним облицюванням; системи з облицюванням композитними матеріалами на основі алюмінію (алюкобонд, рейнобонд, алполік і ін.); системи з облицюванням у вигляді цементно-волокнистих листів (фіброцемент, азбестоцемент); системи з металевими облицюванням у вигляді сайдинга, касет, панелей і ін.

В якості теплоізоляційних матеріалів застосовуються негорючі мінераловатні плити щільністю від 80 до 140 кг / м³ як гідровітрозахист утеплювача або використовуються мінераловатні плити із зовнішньою поверхнею зі скловолокна («кашировані» плити), або застосовується спеціальна паропроникна полімерна плівка.

Найслабшою ланкою багатьох систем фасадів з вентильованим зазором, з точки зору забезпечення необхідної стійкості в разі виникнення пожежі, до сих пір залишаються елементи підконструкцій. Так, системи з алюмінієвими направляючими і тонкошарової облицюванням під час пожежі можуть зруйнуватися в зв'язку з тим, що алюміній різко втрачає свої характеристики під впливом температур, що перевищують 600 ° С. У разі використання конструктивних елементів у вигляді тонколистових профілів існує небезпека

того, що сталеві елементи почнуть деформуватися, а цілісність захисно-декоративного екрану може бути порушена.

Особливістю більшості навісних систем є застосування елементів з листової сталі для захисту повітряного зазору в місцях примикання систем до віконних прорізів. Ці елементи встановлюються або по всьому периметру віконного отвору, або за його верхнім відкосом.

Проведені вогневі випробування НВФ дозволили виявити деякі особливості їх пожежної безпеки:

- найбільш надійними для навісних систем теплоізоляції є каркаси зі сталі;
- для фасадних систем з облицюванням з листових матеріалів, які мають досить високим тріщиностійкістю і відсутністю здатності до вибухоподібного руйнування в умовах теплового впливу пожежі, велике значення має використання сталевих елементів захисту по контуру віконних прорізів;
- для фасадних систем з облицюванням з керамічної плитки (керамограніта) і відкритою системою кріплення, з огляду на високу ймовірність їх розтріскування і випадання, слід передбачати збільшення кількості кляймерів поблизу віконних прорізів;
- для фасадних систем, що використовують в якості каркаса направляючі з алюмінію і облицювання з керамічних плит, рекомендується застосовувати комбінацію із сталевих і алюмінієвих напрямних, при цьому сталеві направляючі слід встановлювати над віконними прорізами і в безпосередній близькості з їх вертикальними схилами;
- наявність на облицювальних плитах компаундов на основі епоксидних і поліефірних смол, або акрилових композицій з витратою не більше 600 г / м^2 , що застосовуються для приклеювання декоративної кам'яної крихти, як правило, не збільшує пожежну безпеку фасадних систем;
- застосування в фасадних системах облицювань і каркаса з алюмінієвого сплаву потенційно небезпечно його плавленням з утворенням палаючого розплаву, що є вторинним джерелом запалювання, що може становити небезпеку загоряння нижчих поверхів будівлі (балконів) або покрівлі з горючих

матеріалів прибудованих будівель меншої поверховості. У зв'язку з цим необхідно передбачати додаткові заходи щодо захисту цих об'єктів;

- застосування в фасадних системах облицювань у вигляді плоских елементів з 3-шарових виробів з алюмінієвого листа із середнім шаром з негорючого матеріалу на основі гідроксиду алюмінію (група горючості середнього шару НГ) не є небезпечним;

- при інших рівних умовах застосування облицювань з 3-шарових панелей з обшивками з алюмінієвих листів і середнім шаром з поліізоціанурату є більш безпечним порівняно з облицюванням з тришарових панелей з обшивками з алюмінієвих листів і середнім шаром з модифікованого поліетилену;

- використання в фасадних системах алюмінієвих сплавів з більш високою температурою плавлення призводить в ряді випадків до істотного зниження їх пожежної безпеки і розширенню сфери їх застосування;

- використання в фасадних системах для гідровітрозахисту нанести утеплювача полімерних плівок типу Тайвек є безпечним за умови, що облицювальні плити мають досить високі термомеханічними властивостями, в тому числі тріщиностійкість і відсутність здатності до вибухоподібного руйнування в умовах теплового впливу пожежі.

Досвід випробувань свідчить про те, що пожежна безпека систем утеплення фасадів будівель залежить також від їх конструктивного оформлення. Пряму залежність між пожежно-технічними характеристиками матеріалів і пожежною безпекою НВФ можна встановити тільки для матеріалів групи горючості НГ і Г4-Г3 по ГОСТ 30244 при відомих конструктивних характеристиках систем.

Зовнішні фасадні системи утеплення будівель широко використовуються в Україні. Тільки в Києві площа оштукатурених фасадів складає майже 5 млн м², а навісних фасадних систем - 6,6 млн м². При цьому навісні фасадні системи застосовуються, як правило, при будівництві (реконструкції) промислових (73%) і торгово-комерційних об'єктів (69%).

Разом з тим використовувани на російському ринку фасадні системи часто не мають технічних свідоцтв та необхідних сертифікатів. Нерідкі випадки

загоряння конструкцій навісних вентиляваних фасадів при їх монтажі в результаті недотримання правил пожежної безпеки при проведенні зварювальних робіт. Особливо це відноситься до фасадних систем, в яких для захисту утеплювача застосовуються спаленні вологозахисні мембрани і кашировка.

Як свідчить практика, пожежі з поширенням полум'я по зовнішнім фасадам особливо небезпечні, в зв'язку з цим очевидна необхідність розгляду особливостей розвитку таких пожеж і визначення методів дослідження теплових впливів на зовнішні будівельні конструкції.

Огляд найбільш характерних пожеж з поширенням горіння по фасадах.

У деяких видах фасадних систем використовуються горючі матеріали, що значно підвищує клас конструктивної пожежної безпеки будівель. При цьому використання сильногорючих утеплювачів може привести до швидкого поширення полум'я і утворенню токсичних продуктів горіння. Наприклад, фасад 15-поверхового будинку «Дукат-Плейс III» (Москва, вул. Гашека) був облицьований композитним матеріалом, група горючості якого - Г4 (сильногорючі матеріали). У квітні 2007 р від короткого замикання електропроводки на фасаді спалахнула пожежа, який з 9-го поверху дійшов до даху.

Часто в якості несучого каркаса застосовуються алюмінієві профілі та елементи, які при пожежі втрачають своє призначення, що може привести до руйнування конструкцій фасаду. При цьому падаючі під час пожежі елементи цих конструкцій становлять серйозну небезпеку для людей, особливо під час пожежі у висотних будівлях.

Пожежа в 2005 році в столиці Казахстану, Астані, в 32-поверховому «Транспорт-Тауер» висотою 130 м показав, що застосування фасадних систем з горючими матеріалами може призвести до поширення пожежі не тільки на верхні, а й на нижні поверхи. Спочатку загорілися покрівля та верхні три поверхи. В результаті пожежі повністю вигоріли покрівля, полум'ям знищено облицювання близько 15 поверхів на одному боці і всіх 32 поверхів - на інший. Пожежа супроводжувалася розльотом осколків фасаду і скла.

Є висока ймовірність виникнення і швидкого розповсюдження пожежі по фасаду на стадії будівництва. Так, в Пекіні в лютому 2009 р. сталася пожежа в будинку, що будується 40-поверховому будинку висотою 159 м, що входить в новий комплекс Центрального телебачення Китаю. Швидкому поширенню пожежі сприяло те, що фасад був облицьований матеріалом, що містить екструзійний пінополістирол. Висотна будівля вигоріла повністю. При пожежі постраждало 7 пожежних. Збиток від пожежі оцінено в 100 млн євро.

У квітні 2013 р в м. Грозному загорілася одна з будівель комплексу «Грозний-Сіті» - 42-поверхова вежа «Олімп» висотою 145 м. Комплекс висотних будівель «Грозний-Сіті» займає площу в 4,5 га і складається з семи будівель: житлового хмарочоса (вежа «Олімп»), двох 30-поверхових і двох 18-поверхових житлових будинків, а також двох 30-поверхових будівель (п'ятизіркового готелю і сусіднього з ним ділового центру). Вогонь поширився по фасаду будівлі. Площа пожежі склала близько 18 тис. м². До її гасіння було залучено понад 200 співробітників МНС Росії і 31 од. техніки. На ліквідацію пожежі пішло майже сім годин. Займання сталося під час проведення вогневих робіт з облаштування місця примикання гідроізоляційного покриття покрівлі 3-го поверху стилобатової частини будівлі до вертикальних зовнішніх стін основної частини будівлі із зовнішнього боку, де вже була змонтована фасадна система з повітряним зазором.

Основними причинами поширення пожежі по фасаду з'явилися порушення при проектуванні і монтажі навісний фасадної системи. Облицьовання основної площини фасаду була виконана з касет коробчатого типу з пофарбованого листа алюмокомпозитного пального матеріалу «Alubond», що має групу горючості Г2-Г4. Протипожежне відсічення (протипожежний короб) по периметру віконних прорізів, яке виконується з панелей з корозійностійких тонколистових сталей або з сталей з антикорозійним покриттям, в конструкції навісного фасаду була відсутня.

Крім того, конструкція несучого каркаса мала жорстке з'єднання, створене електрозварювання, як всередині між окремими елементами, так і з будівельним підставою. Жорстке з'єднання елементів каркаса між собою не дозволяє

забезпечити компенсацію температурних деформацій при термічних розширеннях. В результаті цього конструкція була сильно деформована, що сприяло випаданню елементів фасадної системи.

Ще одна трагічна пожежа сталася в м. Шанхаї, (Китай). У листопаді 2010 р. при ремонті будівлі без виселення мешканців. Пожежа виникла в 28-поверховому житловому будинку. У будівлі проживали 156 сімей, 58 людей загинули. Навколо фасадів будівлі були встановлені будівельні ліси, на яких проводився ремонт фасадів. Пожежа почалася на цих лісах в результаті загоряння горючих будівельних матеріалів. Офіційна причина пожежі - порушення техніки безпеки при проведенні зварювальних робіт. Поширення пожежі будівельними лісами по всій висоті будівлі призвело до виникнення високотемпературного впливу майже одночасно на всю зовнішню поверхню фасаду будівлі.

В результаті цього відбулося майже одночасно швидке руйнування (протягом однієї-трьох хвилин) скління отворів по всій висоті зовнішніх огорожень будівлі. Через утворилися відкриті прорізи полум'я практично одночасно поширилося всередину приміщень більшості поверхів висотного будинку.

Причиною виникнення і розповсюдження пожежі по фасаду будівлі може бути і зовнішнє джерело, що знаходиться поза будівлею. Так, в листопаді 2010 року в місці Діжон (Франція), загинуло 7 і 11 людей травмовано під час пожежі в 9-поверховому житловому будинку. Крім того, троє пожежників постраждали від продуктів горіння. Пожежа поширилася по фасаду від палаючого контейнера відходів. Швидкому поширенню вогню по фасаду сприяла наявність в облицюванні будівлі пального пінополістиролу. При цьому спостерігалось проникнення вогню в будівлю через вікна. В даному випадку було недостатньо прибуття через 10 хв пожежних і наявності в будівлі системи виявлення пожежі для того, щоб уникнути трагічного розвитку пожежі.

Характерним прикладом поширення вогню по фасаду з поверху на поверх через віконні прорізи є пожежа, що сталася в лютому 2005 р. в приміщенні висотою 106 м в діловому районі Мадрида (Іспанія). Займання почалося на 21-

му поверсі, за оцінками, від короткого замикання. Наявність світлопрозорого фасаду з великими отворами в огорожах і відсутність в будівлі вогнестійкого скла сприяли поширенню пожежі на верхні поверхи. Вигоріла практично вся верхня частина будівлі, в результаті було вирішено його знести. Слід зазначити, що розвитком пожежі стало наслідком невірних дій персоналу, службовці намагалися самотійно загасити пожежу, а пожежники прибули на місце пожежі тільки через 2 години.

Узагальнення даних по пожежам, при яких горіння поширювалося по фасадах будівель, дозволило виявити такі особливості переходу полум'я з поверху на поверх через віконні прорізи: час розвитку пожежі в приміщенні - 10-15 хв; середня висота полум'я над віконним отвором - 2,5-3 м; максимальна висота полум'я над віконним отвором - 4-6 м; максимальна потужність полум'я над віконним отвором - 1-2 МВт; час переходу пожежі з поверху на поверх через вікна - 15-20 хв.

Механізм розповсюдження полум'я по фасадах будівель

Приклади поширення пожеж по фасадах будівель показують високу небезпеку таких пожеж, які при наявності горючого облицювання мають значну швидкість поширення.

Залежно від функціонального призначення та архітектурних особливостей в будівлях і спорудах використовуються різні фасади і облицювання.

Основні види фасадів:

- цегляні (кам'яні);
- дерев'яні (з брусів, колод і т. д.);
- бетонні (монолітні);
- оштукатурені (пофарбовані);
- світлопрозорі;
- полімерні (вінілові сайдинг, панелі);
- штукатурні системи зовнішнього утеплення фасадів будівель із застосуванням полімерних утеплювачів;
- навісні вентилявані фасади - системи зовнішньої теплоізоляції фасадів з повітряним зазором між утеплювачем і облицюванням.

Пожежна небезпека будівельних конструкцій з зовнішньої сторони (фасадів) визначається, в першу чергу, пожежною небезпекою використовуваних матеріалів.

На характер вертикального поширення пожежі по будівлі впливає не тільки пожежна небезпека будівельних конструкцій з зовнішньої сторони (фасадів), але і конструктивні особливості будівель, а також параметри виниклої пожежі.

Основні шляхи поширення пожежі з одного поверху на інший:

- по горючих матеріалах (будівельних конструкцій) з зовнішньої сторони фасаду (загоряння облицювання може виникнути в результаті впливу полум'я з вікна, а також від полум'я сусіднього будинку і іншого джерела);
- з отвору (вікна) палаючого приміщення від впливу виходить полум'я (перехід пожежі з поверху на поверх через вікна, можливе поширення також на сусідні будівлі);
- через отвори і тріщини, що утворюються в місцях стику перекриттів і зовнішніх стін внаслідок недостатньої вогнестійкості місць кріплення конструкцій;
- через отвори в перекриттях внаслідок недостатньої вогнестійкості будівельних конструкцій;
- за допомогою палаючих крапель при плавленні будівельних та інших матеріалів (метали, сплави, композитні матеріали), при цьому можливе поширення пожежі вниз;
- через технологічні отвори в перекриттях і стінах (кабельні проходки, повітроводи і т. п.);
- через коридори і сходові клітки.

Вихід полум'я з віконного отвору будівлі зазвичай виникає в результаті інтенсивного пожежі в приміщенні. Обертові при цьому конвективні і променисті потоки досить високі, щоб запалити горючу облицювання зовнішніх стін.

На процес поширення полум'я по горючому облицюванню фасаду впливає ряд факторів. Серед них можна виділити:

- зовнішні умови (тепловий вплив з віконного отвору, теплові впливу палаючої облицювання, втрати тепла на внутрішній стороні облицювання);
- характеристики матеріалу облицювання (температура займання, швидкість поширення полум'я по матеріалу та ін.);
- механічна поведінка фасадної системи (облицювання) при підвищених значеннях температури.

1.3.3 Показники руйнування світлопрозорих конструкцій під час пожежі

У конструкції віконного блоку найбільш уразливим елементом є склопакет. Загроза криється в нездатності звичайного скла протистояти високим температурам, в результаті чого воно тріскається і руйнується. Навіть маленьке загоряння може перетворитися в вогняну стіну.

Для запобігання руйнуванню склопакета використовують спеціальну плівку, яка в кілька разів підвищує рівень удароміцної маси скла і при розтріскуванні не обсипається, а залишається на місці. Розвиток і вдосконалення виробництва пластикових вікон дозволили компаніям-виробникам посилити міцність склопакетів. Це досягається застосуванням загартованого або армованого скла, а також використанням порожнистих склоблоків, вогнезахисних фарб та вогнестійких плівок.

Найбільш безпечними є склопакети, які витримують високі температури не менше 10 хвилин - час, необхідний для прибуття на місце події пожежних.

При температурі, що перевищує 400°C, загоряння пластика все ж відбувається. Причому, горіння супроводжується виділенням деяких шкідливих речовин. Однак кількість чадного газу виділяється набагато менше, ніж при горінні інших матеріалів (меблів, побутової техніки, паперу, тканин і інших предметів). Як показали дослідження, рівень отруйності продуктів горіння металопластикового вікна не до виникнення пожежі побутових приладів і меблювання, а за рахунок низькій пожежонебезпеці, відсутності підтримки горіння і завдяки противовогневному складу покриття, віконні системи ПВХ не становлять небезпеки в разі пожежі. При температурі, що перевищує 400°C,

загоряння пластика все ж відбувається. Причому, горіння супроводжується виділенням деяких шкідливих речовин. Однак кількість чадного газу виділяється набагато менше, ніж при горінні інших матеріалів (меблів, побутової техніки, паперу, тканин і інших предметів). Як показали дослідження, рівень отруйності продуктів горіння металопластикового вікна не до виникнення пожежі побутових приладів і меблювання, а за рахунок низькій пожежонебезпеці, відсутності підтримки горіння і завдяки противовогневному складу покриття, віконні системи ПВХ не становлять небезпеки в разі пожежі.

Залежно від характеру розвитку пожежі, руйнування світлопрозорих конструкцій фасаду може впливати на подальший його розвиток - вихід полум'я пожежі на фасад будівлі сприяє переходу пожежі на вище розташовані поверхи. Втрата цілісності склопакетів світлопрозорих конструкцій є головною причиною, що сприяє поширенню пожежі по будівлі.

Механізм руйнування скла заснований на властивості скла руйнуватися під дією внутрішніх напружень при відсутності пластичної деформації.

Руйнування скла відбувається, коли швидкість наростання внутрішньої напруги перевищує швидкість їх релаксації, наприклад, як при ударі.

При нагріванні всередині скла також, як і при ударі, виникає внутрішня напруга, швидкість її наростання буде залежати від характеру розвитку пожежі, від властивостей самого скла, його товщини і розмірів. Існуюча теорія руйнування скла в умовах пожежі відштовхується від результатів експериментальних досліджень.

Теоретичний аналіз робіт [22], присвячених характеру руйнування скла в умовах пожежі, дозволяє виділити три критерії, при яких відбувається руйнування скла, і їх значення, отримані експериментальним шляхом:

1) досягнення критичного значення падаючого теплового потоку (20-30 кВт / м² - для одно- і двокамерних склопакетів розміром 0,61 × 0,61 м і 0,91 × 1,5 м, 9 кВт / м²

- листове скло розміром 0,5 × 0,5 товщиною 3 мм);

2) різниця температур між закритою і відкритою частиною скла (60 ° С - скло 4 мм; 95 ° С - скло 5 мм; 129 ° С - скло 6 мм. Розміри зразків 370 × 270 мм);

3) температура на поверхні скла (110°C - для листового скла 6 мм, $330\text{-}380^{\circ}\text{C}$ - для загартованого скла 6 мм, $470\text{-}590^{\circ}\text{C}$ - для загартованого скла 10 мм).

У 2012 р. на базі Оренбурзької філії ФГБУ ВНІІПО МНС Росії були проведені великомасштабні дослідження з визначення критеріїв руйнування листового, загартованого та багатошарового одинарного скла.

Дослідження проводилися з листовим склом завтовшки 4, 5 і 6 мм, розмірі 1250×1605 мм. Температурний вплив здійснювалося відповідно до режиму «стандартної» пожежі. Результати експериментів дозволяють зробити наступні висновки: втрата цілісності листового скла 4, 5 і 6 мм наступала внаслідок досягнення температури на не обігріваній стороні скла від 90 до 128°C , тепловий потік при цьому становив від 2 до $2,4$ кВт / м².

Всі вищевказані критерії відносяться до умов розвитку пожежі всередині приміщення і температурному впливі на склопакет з боку приміщення. Очевидно, що умови температурного впливу на склопакет розташований над поверхом пожежі будуть відрізнятися від умов під час пожежі всередині приміщення. Це також впливає на критерій руйнування склопакета на верхніх поверхах, проте подібні дані в наукових виданнях відсутні.

Руйнування скла у вікнах, на фасадному склінні або покрівлі, визначає найважливіший етап розвитку пожежі. До тих пір, поки зовнішня світлопрозора оболонка зберігає цілісність, розвиток пожежі відбувається за рахунок кисню, що знаходиться в обсязі приміщення, у міру витрачання якого інтенсивність горіння починає знижуватися.

Розріз світлоотворів при руйнуванні скла повністю змінює картину газообміну в приміщенні. Разом з видаленням продуктів горіння відбувається різкий приплив кисню з зовнішнім повітрям, в результаті чого процес горіння інтенсифікується.

Точний момент часу, і умови, при яких відбувається руйнування скла під час пожежі передбачити практично неможливо. Якщо скло піддається нагріву променистим і конвективним теплом, але не схильне до прямого впливу полум'я,

воно нагрівається відносно повільно, і може витримувати досить довгий нагрів, не руйнуючись.

Руйнування скла в світлових отворах починається майже відразу після того, як полум'я починає стосуватися його поверхні. За різними даними, звичайне листове віконне скло руйнується через 3-4 хв після початку дії вогню внаслідок виникнення нерівномірних температурних напружень.

Випробування загартованого скла, проведені у ВНІІПО показали, що 5-ти міліметрове загартоване скло розміром 1,3 x 1,9 м витримувало нагрівання без пошкоджень спочатку за рахунок впливу високих стискаючих напружень у поверхні.

Через 10-15 хв скло рівномірно прогрівається на всю товщину, ставало пластичним і не руйнувалося на цій стадії за рахунок вирівнювання напружень по перерізу пластини. Межа вогнестійкості випробуваного скла наступала внаслідок розм'якшення і випадіння скла і становила 15-25 хвилин. Результати випробувань показали, що описана картина мала місце за умови встановлення скла в сталевий палітурка з зазорами 3-5 мм.

При установці загартованого скла в оправу впритул, воно руйнувалося через 3-6 хв після початку вогневого впливу. Внаслідок температурного розширення скла, його незахищені кромки упиралися в рамки або кріпильні деталі з виникненням локальних концентрованих зусиль, що приводили до миттєвого виникнення тріщин і руйнування пластини. Набагато більш високі показники залишкової несучої здатності демонструвало армоване скло, яке через 1 хв після початку дії вогню при температурі близько 200 ° С починало розтріскуватися, однак наскрізних розкритих тріщин в ньому не утворювалося.

Розтріскування припинялося через 7 хв при температурі 620 ° С. Через 30-40 хв вогневого впливу армоване скло розм'якшується, деформувалося і поступово виходило з кріплень.

При температурі близько 870 ° С деформація скла збільшувалася настільки, що воно під дією власної ваги випадало з палітурок – наступала межа вогнестійкості. Її величина становила в середньому 0,75 для одинарного скління і 1,2 для роздільного листового скління. В асортименті сучасних виробників

вогнестійкого скла, присутні не тільки армоване флоат-скло і загартоване скло зі спеціальними параметрами гарту, але і так звані багатошарові вогнестійкі скла з одним або декількома твердими проміжними шарами, що розширюються під дією вогню.

Матеріал проміжного шару отримують шляхом сушки прозорого водного розчину, що містить рідке скло на основі силікату лужного металу, водорозчинний алюмінат і гідроксікарбонову кислоту та ін.

При впливі вогню такий проміжний шар спучується і розширюється, утворюючи не прозору ізолюючу піну, яка забезпечує термічно ізолюючий шар, підвищує стійкість багатошарової скляної панелі до впливу потужного теплового випромінювання.

У нормальних умовах проміжний шар прозорий. При пожежі під дією високих температур він перетворюється в непрозорий ізолюючий піноматеріал, що забезпечує додатковий теплоізоляційний ефект. Застосування вогнезахисного скла в конструкції фасадної оболонки дозволяє підвищити час збереження її цілісності в умовах пожежі, однак не є ефективним без застосування спеціальних вогнезахисних профільних систем, конструкція яких перешкоджає поширенню вогню всередині порожнистих камер профілю.

Сучасні рішення вогнестійких профільних систем, пропонує великими європейськими виробниками, припускають заповнення камер всередині профілів вогнетривкими композитними матеріалами, які дозволяють підвищити межу вогнестійкості силової структури скляного фасаду до 30-90 хв (рис.1.6).

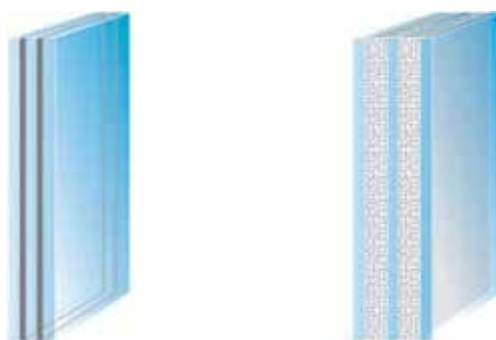


Рисунок 1.6 - Багатошарове скло з розширюються проміжними шарами



Рисунок 1.7 - Зразки вогнестійкого багатошарового скла AGC Pyrobel після впливу вогню

Очевидно, що загальна концепція безпеки споруди з повністю зашкеленими оболонками (фасадом або покрівлею), уразливими при дії вогню, має вибудовуватися не тільки на основі застосування деяких спеціалізованих технологій і конструкцій, а й враховувати загальні фактори небезпеки для життя і здоров'я людини під час пожежі, а також можливі умови виникнення паніки.

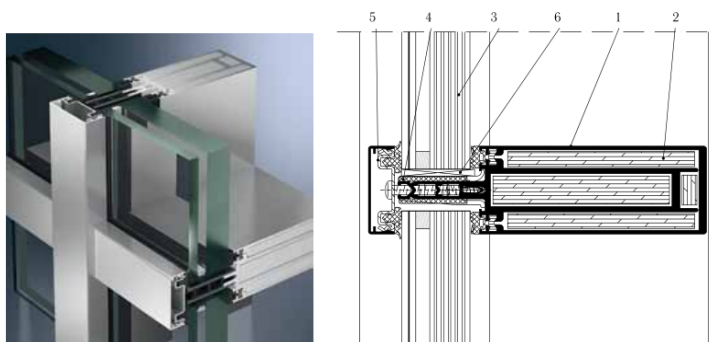


Рисунок 1.8 - Конструктивне рішення вогнестійкого світлопрозорого алюмінієвого фасаду з межею вогнестійкості 60 хвилин

1 - алюмінієвий профіль; 2 - вогнестійкі ізолятори в порожніх камерах профілю; 3 - вогнетривкі скло; 4 - стрічка, що спінюється на ізоляторі гвинтового каналу від перевищення температури; 5 - притискна планка сталевая; 6 - підкладка під склопакет виконана з твердих матеріалів.

До небезпечних факторів пожежі відносять високу температуру, зниження концентрації кисню в повітрі, високі концентрації продуктів горіння і термічного розкладання, втрату видимості через задимленості приміщень і шляхів евакуації.

Все це при певних умовах, може привести до смертельних наслідків. Ефект впливу високої температури на організм людини в значній мірі залежить від вологості повітря - чим вище вологість, тим нижче критична температура на

початковій стадії пожежі, яка характеризується відносно високою вологістю, цей поріг знаходиться в межах 60-70 ° С.

При інтенсивності впливу потоків променистого тепла в 3000 Вт / м², час появи больових відчуттів у людини становить 10- 15 секунд, а час переносимості 30-40 секунд.

Найбільш небезпечним токсичним продуктом є продукт неповного горіння - оксид вуглецю, концентрація якого в розмірі 0,5% викликає смертельне отруєння через 20 хв, а при концентрації 1,3% смерть настає в результаті 2-3 вдихів. Зниження концентрації кисню до 14% викликає реальну небезпеку для життя, а при його концентрації 10-11% смерть настає протягом декількох хвилин [8]. Наведені вище цифри показують вкрай малий резерв життєздатності людини в умовах сильної пожежі і задимлення (рис. 1.8).

Тому найважливішою умовою забезпечення пожежної безпеки будівлі є швидке виявлення і ліквідація вогнища загоряння з одночасним видаленням диму і отруйних продуктів згоряння з приміщення. В сучасних адміністративних будівлях ця функція здійснюється за рахунок автоматично керованих інтегрованих систем пожежогасіння та димовидалення, що спрацьовують одночасно при надходженні сигналу з датчиків диму.

При отриманні відповідного сигналу з керуючого пульта, в будівлі відбувається включення системи автономної інтенсивної витяжної вентиляції або відкриття відповідних вентиляційних вікон, обладнаних електричними або пневмоприводами. Одночасно з відкриттям вентиляційних люків, що створює інтенсивний доступ кисню для горіння, в будівлі повинна включитися автоматична система пожежогасіння.

Додатково необхідно зазначити, що принцип охолодження підпокрівельного простору за рахунок інтенсивної вентиляції для світлопрозорих покрівель є не тільки основним засобом забезпечення димовидалення та тепловідведення в разі виникнення пожежі, а й комфортного температурного режиму в літній час (при підвищенні температури в підпокрівельному просторі понад максимальну встановлену проектом) рис. 1.9 та рис. 1.10.

Багатокамерна конструкція сучасних фасадних і покрівельних профільних систем дозволяє розміщувати керуючі мікросхеми та дроти всередині профільних камер, що робить їх візуально невидимими в інтер'єрі.



Рисунок 1.9 - Розвиток пожежі в будівлі, який не має системами димовидалення. Отруєння людини продуктами згоряння при пожежі.



Рисунок – 1.10 - Видалення продуктів згоряння через світлопрозорі конструкції, обладнані системами димовидалення.

Сьогодні в будівництві світлопрозорих фасадів будівель використовується широкий спектр склопакетів, що відрізняються формулами, видами скла, їх комбінацією, товщиною і розмірами. А наявні дані про поведінку скла в умовах пожежі не дозволяють однозначно визначити критерій руйнування світлопрозорих конструкцій з склопакетів. Експериментальні дослідження дозволяють встановити критерій руйнування для конкретного типу склопакета в залежності від умов розвитку пожежі. Для використання отриманого критерію в подальших розрахунках стійкості при пожежі світлопрозорих конструкцій, потрібне теоретичне дослідження параметрів полум'я і розмірів температурних зон уздовж площини фасаду. При цьому на руйнування склопакета розташованого над поверхом пожежі буде впливати зовсім інший критерій.

Таким чином, встановлено необхідність визначення додаткових критеріїв руйнування світлопрозорих конструкцій при дії пожежі з зовнішньої сторони будівлі.

Висновки по 1 розділу

Сучасні світлопрозорі фасади – це комплексні системи, за якими стоїть енергоефективність усієї будівлі. Протягом останніх років в Україні розроблявся комплекс нормативних документів з енергоефективності будівельної галузі. У статті зроблено узагальнення існуючої нормативної бази (особливо, що стосується інженерних систем будинків) та її порівняння з вимогами норм ЄС, на підставі чого визначено пріоритетні напрямки подальшого нормування.

У сучасній архітектурній практиці широко розповсюджені будівлі із світлопрозорими стіновими огорожувальними конструкціями. Застосування таких конструкцій, а також стрімкий ріст відсотка будівель на їх основі, обумовлює необхідність нормативного регулювання використання світлопрозорих фасадів на етапі їх проектування, монтажу та експлуатації.

До теперішнього моменту фасадні системи активно застосовуються при реконструкції та у новому будівництві будівель по всій території України. При якісному монтажі, підборі матеріалів, розрахунку даної системи, труднощів з її експлуатацією не виникає. Однак до цих пір основною проблемою є пожежна безпека фасадних систем. Ми розглянули причини і наслідки загоряння фасадів з різних конструктивних матеріалів на прикладах реальних пожеж та моделювання, а також проаналізовані ризики, що виникають при пожежах даних систем. В результаті виявлено оптимальні технологічні шляхи вирішення, що перешкоджають загорянню й поширенню полум'я по поверхні фасаду.

2 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Опис методу захисту фасадної світлопрозорої конструкції

Встановлення можливості застосування компенсуючих заходів:

- зрошення скління світлопрозорих конструкцій з внутрішньої сторони на поверсі пожежі;
- забезпечення вогнестійкості елементів і конструкцій кріплення склопакета;
- пристрій відсічок, екранів, облицювань для вогнезахисту кріпильних елементів фасаду та зниження температури полум'я зовнішньої пожежі;
- пристрій у внутрішніх порожнинах декоративних елементів вогнегороджуючих поясів і вогнезахисна обробка даних порожнин з метою запобігання поширенню полум'я;
- визначення доцільності застосування цих заходів і оптимізації їх поєднання.

У СТУ (спеціальні технологічні умови) на проектування протипожежного захисту об'єкта, як в нормативному документі на його проектування, вимоги до фасадних систем сформульовані наступним чином:

- передбачити заходи, що обмежують поширення пожежі з поверху пожежі на сусідні поверхи протягом 60 хвилин;
- застосування засобів вогнезахисту кріпильних елементів світлопрозорих конструкцій фасаду, що забезпечують межу вогнестійкості не менше R 60;
- застосування спеціальних вогнезахисних покриттів і засобів, що обмежують поширення полум'я пожежі по внутрішніх поверхнях декоративних елементів світлопрозорих конструкцій фасаду;
- застосування вогнестійкого скла з межею вогнестійкості не менше E 60;
- у разі застосування в будівлі традиційного скління (не вогнестійкого), розробити додаткові заходи, що забезпечують нерозповсюдження пожежі з одного поверху на інший протягом 60 хвилин;

- прийняті рішення обґрунтувати проведенням розрахунків і вогневих випробувань.

Для оцінки здатності конструкції чинити опір дії вогню, в будівельній техніці використовується показник межі вогнестійкості, що характеризує час (яке виражається в нормативних документах в хвилинах), протягом якого конструкція при стандартному впливі вогню (вогневому випробуванні за стандартним температурним режимом) і високих температур зберігає несучу здатність і стійкість, не дає наскрізних тріщин, а температура на не опалювальній її поверхні не перевищує в середньому 140 ° С.

Згідно з діючими нормативними документами, межа вогнестійкості будівельних конструкцій оцінюється за кількома групами граничних станів (R \ I \ E \ W):

R - втрата несучої здатності (обвалення або втрата стійкості);

I - втрата теплоізолюючої здатності (підвищення температури на не опалювальній поверхні понад допустиму);

E - втрата цілісності - (утворення в конструкції наскрізних тріщин або отворів, через які в сусіднє приміщення проникають продукти горіння або полум'я);

W - досягнення граничної величини теплового потоку на нормованій відстані від поверхні конструкції (надлишкова тепла радіація від розпеченого огороження).

Необхідно відзначити, що нормативна база, що забезпечує коректне застосування тієї чи іншої групи граничних станів для оцінки межі вогнестійкості світлопрозорих фасадів і великопрольотних покрівельних покриттів, не розроблена до кінця.

Очевидно, що основним критерієм проектування в даному випадку є забезпечення безпечної евакуації людей з будівлі / прилеглої території до моменту прогресуючого обвалення покрівлі / навісний фасадної оболонки (або її частини). Разом з тим, в практичній діяльності межа вогнестійкості світлопрозорих конструкцій, як правило, оцінюється по групі E - втрата цілісності.

Розглянемо нестандартний спосіб додання вогнестійкості алюмінієвим профілям шляхом заповнення їх центральних камер різними термостійкими і теплопоглинальними композиціями зі спеціальним армуванням. В результаті алюмінієві несучі профілі набувають не тільки необхідну вогнестійкість, а й додаткову жорсткість, зберігаючи при цьому всі позитивні якості алюмінію: стійкість до корозії, естетичний зовнішній вигляд, мала ширина профілю.

Такі наповнювачі, володіючи необхідними фізико-механічними властивостями, компенсують згинальні моменти, що виникають при односторонньому нагріванні конструкції, що призводить до її мінімальним прогину. Крім того, малі прогини фасадного профілю дозволяють встановлювати в протипожежні конструкції склопакети великих (понад 2 метри) розмірів.

Як світлопрозорого заповнення конструкцій ми зазвичай використовуємо вогнестійкі композиційні скла марки «Щит М» і склопакети на їх основі з прекрасними оптичними властивостями власного виробництва.

Розглянемо докладніше, що з себе представляє вогнестійкий склоблок. Це конструкція, що складається з 2-х або більше шарів флоат-скла, розділених спеціальною гелевою композицією.

Суть механізму забезпечення вогнестійкості полягає в наступному.

При вогневому впливі на одну зі сторін склоблока відбувається розігрів скла. При температурі 200°C починається спінення полімерної композиції, її помутніння, при цьому, в разі утворення в першому склі тріщин, вони герметизуються спінюються шаром (при нагріванні його обсяг збільшується в 5-10 разів). Утворився спінений шар відсікає тепловий вплив на друге скло.

При подальшому розігріві починають вспінюватись полімерні шари на другому і наступному склі, захищаючи від теплового впливу третє і наступні стекла.

За рахунок цього друге скло і наступні скла, не отримуючи теплової енергії, не руйнуються і відтинають тепловий потік і дим, захищаючи людей і майно, що знаходяться за склоблоком, від вогневого впливу.

Крім того, в конструкції можуть, після відповідних вогневих випробувань, встановлюватися і будь-які інші вогнестійкі скла, що забезпечують потрібний ступінь захисту. Так, нещодавно пройшли випробування перегородки і двостулкових дверей вогнестійкістю EI 90 з пожежостійким склом Fireswiss Foam.

Вогнестійкі конструкції Фототех стопфайер рекомендовані до застосування Держбуду (лист №ЛБ-6475/14 від 27.11.01) і вже широко використовуються при зведенні будівель як у варіанті внутрішніх перегородок і дверей, так і в зовнішньому склінні будівель.

Підтримка стандартного теплового режиму одностороннього нагрівання зразка при випробуваннях дозволяє вимірювати вогнестійкість конструкцій у хвилинах. При випробуваннях визначається час до настання втрати цілісності конструкції (E) і втрати її теплоізолюючий здатності (I).

Випробування світлопрозорих конструкцій на вогнестійкість проводяться відповідно до «Тимчасової методики випробувань на вогнестійкість світлопрозорих будівельних конструкцій» (М., ВНІПО, 1996 г.). Ця методика передбачає одностороннє тепловий вплив на зразок конструкції за стандартним температурним режимом згідно з п.6 ГОСТ 30247.0-94.

Зазначений норматив регламентував обов'язкове влаштування підвіконь в будівлях підвищеної поверховості, висотою від рівня чистої підлоги не менше 90 см (що приблизно дорівнює висоті сучасного стандартного балконного огороження), які виконуються з вогнестійких матеріалів. Додатково потрібно влаштування надвіконної перемички, низ якої повинен був знаходитися не менше ніж на 25 см нижче стелі.

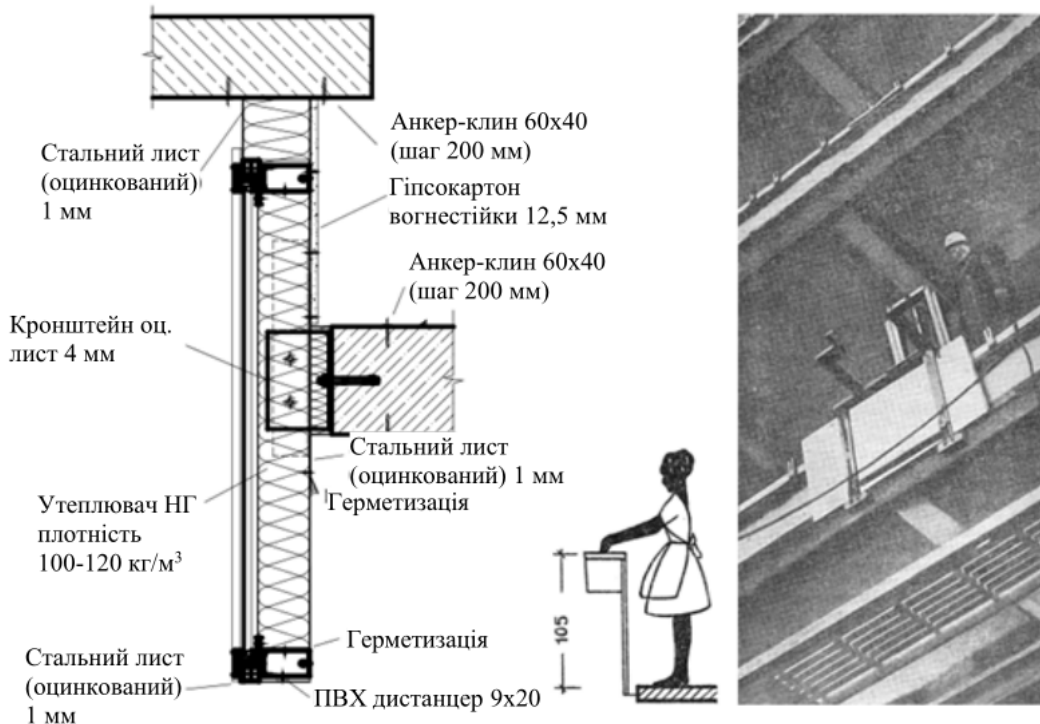


Рисунок 2.1. - Конструктивне рішення протипожежних поясів в світлопрозорих фасадах.

Незалежне кріплення вогнестійких плит до міжповерхових перекриттів. Висота протипожежного поясу від рівня чистої підлоги відповідає стандартній висоті балконної огорожі в більшості висотних будівель, зведених в цей період в Німеччині, зазначений принцип конструктивно забезпечувався за рахунок влаштування навісних стін з внутрішньої самостійно закріплюються на перекритті (рис.2.1.).

Таке рішення запобігало поширення вогню по висоті багатоповерхового будинку з зашкльованим фасадом, а також падіння людей з висоти в умовах паніки, навіть за умови прогресуючого обвалення навісних фасадних конструкцій [18].

Вогнестійкий міжповерховий пояс сучасних світлопрозорих фасадів висотою не менше 900 мм, як правило, виконується з непрозорих сендвіч-панелей на основі негорючих утеплювачів з зовнішнім декоративним облицюванням (з тонованого загартованого скла або іншого матеріалу). Таким чином, забезпечується можливість збереження єдиного стилю в композиції фасаду, а архітектор має достатню свободу творчості у виборі рішення щодо кольорової гамми.

Також розглянемо використання пожежного коробу для збільшення пожежостійкості світлопрозорих конструкцій.

Протипожежним коробом називають металеве обрамлення дверних і віконних прорізів. Спосіб кріплення деталей вогнезахисту - анкерний. Конструкція буває збірної і єдиною. Під металевий профіль закладається спеціальний прошарок з плит мінеральної вати. При загорянні вентиляваного фасаду вогню буде дуже складно проникнути у внутрішні приміщення будівлі.

Додатковими захисними заходами стає розміщення розтинів по всій висоті стін, коли через певні відстані встановлюються перешкоди для язиків полум'я. Дані заходи важливі, тому що загоряння мембрани загрожує руйнуванням всієї фасадної системи. Протипожежні відсічення призначені для часткового перекриття повітряного зазору в вентиляваному фасаді.

Вироби з перфорацією затримують розпечені краплі будматеріалів, що плавляться.

Протипожежні перепони в формі розтинів повинні відповідати конструктивним вимогам навісних фасадних систем і одночасно - регламентам з вогнезахисту будівель даного типу.

Сучасні альбоми технічних рішень до кінця не опрацьовані, тому чітких вказівок за розміром перфорованих отворів і самих відсічок немає.

При проектуванні будинків, обладнаних навісним фасадом, важливо передбачити всі деталі захисту їх від пожежі. При плануванні на перших поверхах комерційних об'єктів необхідна більш ретельна їх ізоляція від верхніх житлових поверхів. Наприклад, ступінь пожежної небезпеки торгових площ в кілька разів більше, ніж ризик загоряння приватної житлоплощі громадян. Тому на кордоні цих видів нерухомості встановлюються протипожежні розтин.

Виробники вітро- і гідрозахисних мембран сьогодні вже замислюються про збільшення вогнестійкості своєї продукції. Але поки ці проекти залишаються на папері, об'єкти потребують протипожежного захисту всіма доступними методами.

Металевим елементам обрамлення дверей і вікон варто приділяти підвищену увагу. При загорянні всередині будівлі язика полум'я будуть

прагнути вирватися назовні і верхньому укусу доведеться нелегко. Облицювання навколо отворів повинно виконуватися з оцинкованих сталевих виробів з високим параметром вогнезахисту.

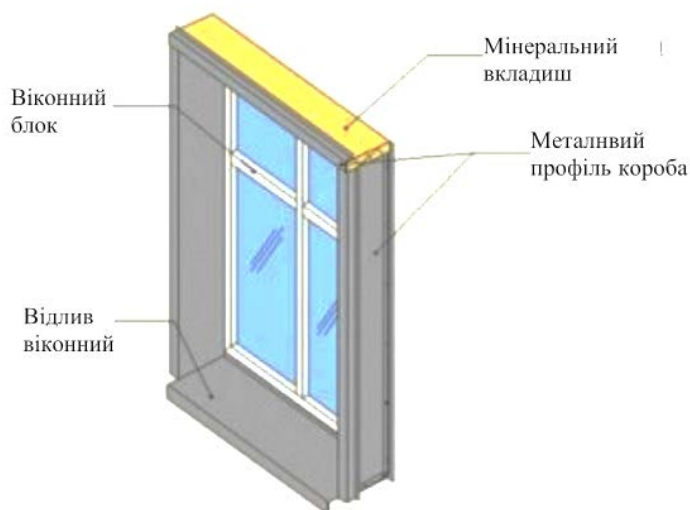


Рисунок 2.2. – Пожежний короб

Клас горючості протипожежних коробів повинен бути НГ (негорючі) або Г1 (слабогорючі). Всі вогневі випробування проводяться в строгій відповідності з положеннями ГОСТу 31251-2008. А щоб додатково знизити теплопровідність протипожежних конструкцій, використовується ущільнювач з мінеральної вати з щільністю не менше 50 кг / куб.м. Функція мінвати - відволікання полум'я на нагрів, скорочення інтенсивності пожежі.

При ЦНІСК ім. В.А. Кучеренко функціонує лабораторія, яка досліджує питання протипожежного захисту будь-яких об'єктів. Її керівник - А. В. Пестрицький, який розробив спеціальне пристосування - «вузол Пестрицького». Суть захисту віконних прорізів - установка верхнього укусу, що перешкоджає поширенню полум'я всередині вентиляованого фасаду по повітряному зазору.

Важливо: будь-який об'єкт при здачі в експлуатації перевіряється на предмет пожежної безпеки. Спеціальна комісія жорстко контролює дотримання законодавчих норм і регламентів. Експертний висновок на вогневі випробування - документ, без якого будівля не може експлуатуватися. А для системи

вентфасаду повинні бути створені альбоми технічних рішень, в яких детально описуються заходи щодо захисту конструкції від можливого загоряння.

2.2. Методика вогневого випробування

Захист від вогню набуває все більшого значення при проектуванні будинків і фасадів. Необхідно відзначити дві окремі концепції: реакцію на спалах і вогнестійкість.

Реакція на спалах

Європейська класифікація - 8 квітня 1999 європейські органи нагляду схвалили (Концепція 98/319 ред. 3) нову європейську класифікацію. Поступово методики оцінки загоряння і державна класифікація будуть виводитися з ужитку і замінюватися цією новою базовою системою. Нова класифікація реакції на загоряння повинна використовуватися спільно зі стандартом EN 13501-1: 2007 + A1: 2009 «Класифікація на основі даних випробувань на реакцію на загоряння».

В рамках даної системи будівельні матеріали підрозділяються на сім європейських класів: A1, A2, B, C, D, E і F. Кращі матеріалами з точки зору реакції на загоряння (займистості) потрапляють в клас A, гірші - в клас F. Передбачені два класи (A1 і A2) для максимально високого рівня впливу. Розрізняють класифікацію підлогових покриттів і інших матеріалів. Скорочення FL (що означає "floor / пол") додається до індексів, що належать до підлогових покриттів (наприклад, AFL, BFL та ін.). Існуюча класифікація будівельних матеріалів по займистості як класу A1 (не вимагає випробувань) також підтверджена.

Для випробовуваних матеріалів створюються три рівня теплового навантаження з точки зору поширення полум'я: низька, середня і висока. Ці три окремі рівня навантаження відповідають трьом можливим фазами загоряння в будівлі. Для оцінки продукції при низькому і високому рівні впливу використовуються ідентичні інструменти незалежно від матеріалу. На відміну від них оцінка на середній рівень навантаження проводиться іншим чином. У

наведеній нижче таблиці 2.1 описано відповідні стандарти випробувань для кожного випадку.

Таблиця 2.1 - Стандарти випробувань на займистість

	Напольні матеріали	Інші продукти
Низький рівень навантаження	Навантаження в формі прямого контакту з вогнем (EN ISO 1 1925-2)	
Середній рівень навантаження	Навантаження в формі випромінювання від гарячих газів, що вивільняються в перекритому приміщенні (EN ISO 9239-1)	Навантаження в формі контакту з полум'ям єдиного джерела горіння (EN 13823)
Високий рівень навантаження	Масове загоряння горючих матеріалів в приміщенні (EN ISO 1716 і EN ISO 1 182)	

Ці п'ять методик випробувань пов'язані з ще двома стандартами, що зачіпають питання класифікації (EN 13501-1) і підготовки і використання підставки (EN ISO 13238). В порядку укладення відзначимо, що додаткова класифікація враховує ще два аспекти поширення полум'я.

Перший пов'язаний з утворенням диму ("s" означає "smoke"): s1, s2 і s3, де s3 відповідає матеріалу, що не що виділяє диму. Другий відноситься до утворення крапель ("d" означає "droplets"): d0 (палаючі краплі не утворюються протягом 600 секунд при випробуванні відповідно до EN 13823), d1 (палаючі краплі, які продовжують горіння понад 10 секунд, не утворюються протягом 600 секунд при випробуванні відповідно до EN 13823) і d2 (при відсутності особливих випадків, зазначених характеристик або при невідповідності продукту класифікації d0 і d1 або підпалює папір при проведенні випробування на займистість згідно EN 11925-2).

Відсутня вимога щодо декларування цих результатів на відміну від євро-класів.

Вогнетривкі характеристики скла.

Відповідно до системи єврокласифікації флоат-скло, візерункове скло, термічно зміцнене, термічно загартоване, хімічно загартоване, з неорганічним покриттям та армуванням включається в список матеріалів, що вважаються відповідними класу А1 без необхідності проведення випробувань (Офіційне видання Європейського Союзу 96/603 / ЕС і 2000/605 / ЕС).

Інші типи скла повинні піддаватися випробуванням, якщо вони містять органічні сполуки в пропорціях, що перевищують 0,1% від маси.

Вогнестійкість

Європейська класифікація

Постійний комітет з будівництва, контролює впровадження Регламенту про будівельні конструкції (CPR), видав позитивний висновок щодо європейської системи класифікації вогнестійкості виробів. У даній системі вогнестійкість вимірюється в одиницях часу (хвилинах).

Виділяють три основних рівня оцінки ефективності з точки зору вогнестійкості:

R (несуча здатність)

E (цілісність)

I (ізоляція).

В цілому класи описуються наступним чином: система класифікації детально описує Єврокоди (для визначення вогнестійкості розрахунковим методом) і список стандартів класифікації EN 13501 (для визначення вогнестійкості за допомогою випробувань):

Несучі елементи конструкції:

REI tt: tt - період, протягом якого дотримуються всі критерії (несуча здатність, цілісність і ізоляція)

RE tt: tt - період, протягом якого зберігається несуча здатність і цілісність

R tt: tt - період, протягом якого зберігається несуча здатність (не несучі елементи конструкції)

EI tt: tt - період, протягом якого зберігається цілісність і ізоляція

E tt: tt - період, протягом якого зберігається цілісність.

EN 13501-2: Пожежна класифікація будівельних матеріалів і елементів конструкції - Частина 2: Класифікація з використанням даних випробувань вогнестійкості, крім систем вентиляції.

EN 13501-3: Пожежна класифікація будівельних матеріалів і елементів конструкції - Частина 3: Класифікація з використанням даних випробувань вогнестійкості продуктів і елементів, які використовуються в комунікаціях будівлі: вогнестійких воздуховодах і протипожежних заслонках.

Таким чином, для скла можуть застосовуватися такі приклади класів: EI 30, EW 60, E 30 і ін.

Випробування на вогнестійкість

Також важливо розробити серію стандартів випробувань на вогнестійкість, що охоплюють всі види продуктів і сценарії розвитку подій. Необхідне проведення випробувань для кожного типу елементів. Наприклад, умови проведення випробування вогнестійкою двері значно відрізняються від випробувань балки. Для проведення випробування будівельного матеріалу на вогнестійкість необхідно використовувати Загальні Вимоги (EN 1363-1) - доповнені альтернативними методами виконання робіт і відповідні методики випробувань для даного конструкційного елемента.

Випробування застелених перегородок зазвичай виконуються у відповідності з EN 1364-1 "Випробування на вогнестійкість несучих елементів - Частина 1: Стіни". Короткий опис випробування: зразок, поміщається перед піччю. Випробуванню піддається повнорозмірний зразок. Методика випробувань

Стандартна крива температури / часу застосовується на всьому протязі випробування.

Випромінювання на стороні, протилежної дії полум'я, вимірюється за допомогою радіометра, а температура на боці нагріву вимірюється за допомогою термометри.

Результат випробувань виражається наступним чином: вогнестійка скляна продукція, деякі види скляної продукції, такі як підпалене однолистоє скло, багат шарове скло (на основі ПБЗ, ЕВА, смоли) і стандартні однокамерні

склопакети, не забезпечені будь-якою значною вогнестійкості, оскільки вони можуть руйнуватися під впливом температурного шоку внаслідок різкого зростання температури.

Наступні види скляної продукції можуть застосовуватися для забезпечення вогнестійкості конструкцій: загальна кількість хвилин, протягом яких тестовий зразок зберігає функцію перегородки в ході випробування, не викликаючи загоряння ватного тампона, що прикладається на 30 секунд до передньої частини перегородки, і не допускаючи проникнення щупа для виміру зазорів, і не викликаючи самопідтримки горіння з протилежного впливу полум'я боку.

Низькотемпературне випромінювання: кількість повних хвилин, протягом яких випромінювання, заміряне на відстані одного метра з протилежного боку впливу, не перевищує $15 \text{ кВт} / \text{м}^2$.

Ізоляція: кількість повних хвилин, протягом яких тестовий зразок зберігає свою розділову функцію в ході випробування без досягнення температур на стороні, протилежної дії полум'я, які або: а) підвищують середню температуру відносно початкової більш ніж на 140°C ; або б) підвищують температуру в будь-якій точці (включаючи переміщувану термопару) щодо вихідної більш ніж на 180°C .

Поліроване армоване скло: в разі загоряння скло розбивається, але залишається на місці завдяки металевій сітці і зберігає прозорість. Крім того, при досягненні температури розм'якшення тріщини затягуються.

У разі загоряння проміжні шари розширюються і перетворюються в жорсткий, непрозорий, який поглинає тепло екран. Чим більше шарів, тим довше скління пручається впливу полум'я.

Реакція на спалах багатошарового скла з спучує шаром для використання в даних цілях продукція повинна поставлятися з протоколом випробувань, що підтверджують її ефективність. AGC пропонує широку лінійку загартованої продукції (Pyropane), а також багатошарового скла з додатковим шаром (Pyrobelite і Pyrobel), що забезпечують різний рівень вогнестійкості.

Термічно загартоване скло: термічне гартування посилює опірність скла розтягуючих зусиль і температурний шок. Процес загартовування розроблений

спеціально для вогнестійких видів продукції з метою досягнення поліпшених захисних властивостей. У поєднанні з покриттям скло дозволяє знизити величину проходить випромінювання. Воно може використовуватися як у вигляді окремого листа, так і в складі склопакета. Багатошарове скло зі спучує шаром: це багатошарове (триплекс) або багатолистові (мультиламінат) скло, що містить твердий прошарок, який спучується в разі пожежі.

Методика натурального вогневого випробування фасадної світлопрозорої конструкції.

Для проведення великомасштабних натурних випробувань була обрана світлопрозора навісна стіна, запроектована і вироблена компанією ТОВ «Фототех», що представляє собою стійку-ригель профільну систему ALT F50, з глухим міжповерховим поясом висотою 1,2 м і світлопрозорим заповненням склопакетами з листового скла (формула склопакет 6 + 12 + 4 + 12 + 6). Глухий міжповерховий пояс виконаний відповідно до альбомами технічних рішень компанії АЛЮТЕХ, розріз міжповерхового поясу і розміщення їх на об'єкті випробувань показані на рисунку 2.1.

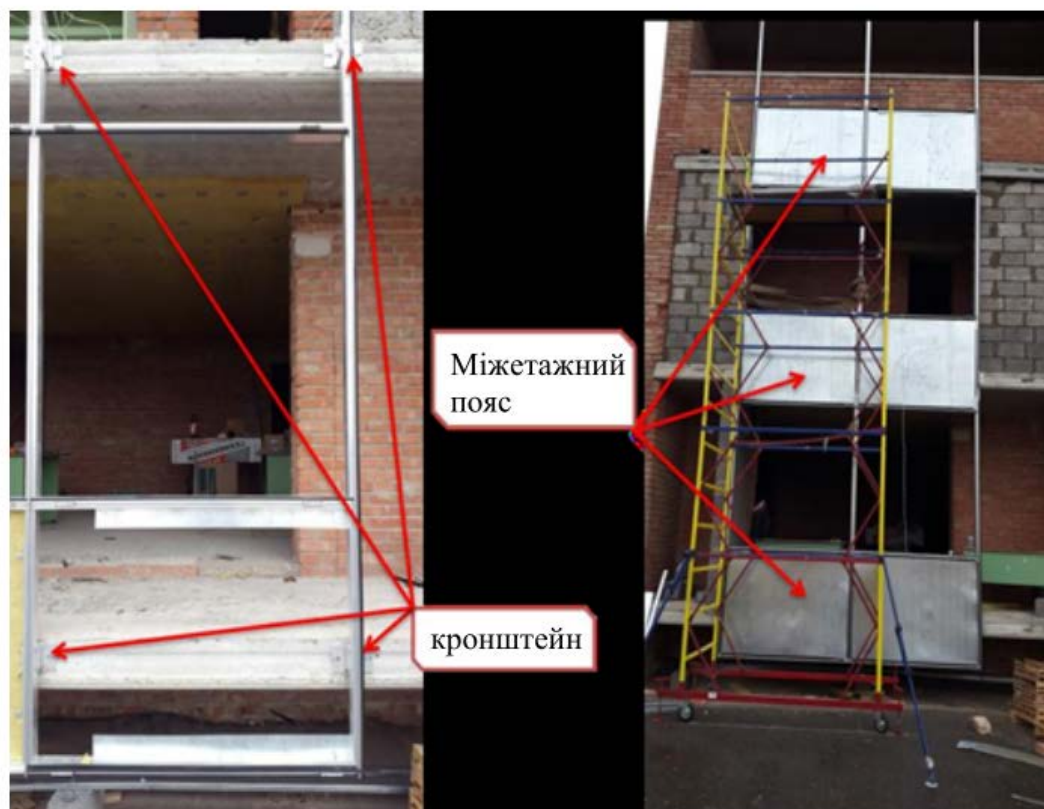


Рисунок 2.1 - міжповерхових пояс - установка на об'єкті випробувань

Фрагмент навісної світлопрозорої стіни виконано на три поверхи будівлі, загальною висотою 9125 мм, шириною 3200 мм. Загальний вигляд об'єкта випробувань представлений на рисунку 2.2.

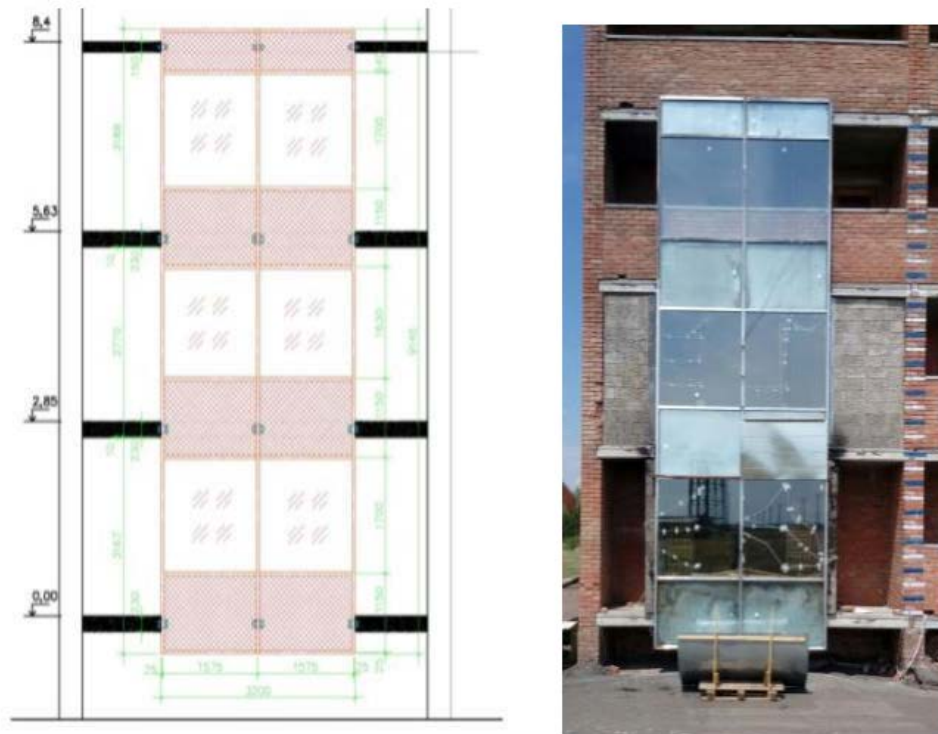


Рисунок 2.2. - Загальний вигляд об'єкта випробувань

Метою проведення випробування є визначення стійкості при пожежі світлопрозорих навісних стін з глухим міжповерхових поясом висотою не менше 1,2 м і межею вогнестійкості не менше EI60. Для досягнення призначеної мети поставлені наступні завдання:

1) визначити швидкість прогрівання склопакета і критичний режим температурного впливу пожежі, при якому відбувається руйнування склопакета і втрата його цілісності;

2) визначити вплив площі віконного прорізу на розмір полум'я і висоту температурних полів, що формуються вздовж площини фасаду;

3) визначити температуру і потужність теплових потоків, що створюються в безпосередній близькості від світлопрозорого заповнення всередині приміщення, розташованого над приміщенням вогнища пожежі;

4) визначити вплив вітрових (конвективних) потоків, спрямованих уздовж фасаду будівлі, на розміри температурних полів, що формуються вздовж площини фасаду;

5) після проведення випробувань оцінити стан несучих і огорожувальних конструкцій навісний стіни будівлі, вузлів примикання до перекриття, стикових з'єднань;

б) дослідити ступінь пошкодження конструкцій навісний світлопрозорої стіни.

Випробування проводилися на повномасштабному макеті п'ятиповерхової будівлі. Макет п'ятиповерхової будівлі являє собою не опалювальну будову, розмірами в плані 12×13 м, висотою 16 м.

Несучі стіни і перегородки - цегляні з повнотілої керамічної цегли М150, на розчині марки 100, плити перекриття - залізобетонні з круглими порожнечами по серії 1.141.1.

Приміщення вогнища пожежі розташоване на першому поверсі будівлі, зовнішня стіна приміщення виконана з світлопрозорої фасадної конструкції, огорожувальні стіни виконані з червоної цегли. Приміщення має дверний отвір, що виходить на сходову клітку будівлі.

У бічній стіні є отвір розміром $1,3 \times 1,4$ м, на початковому етапі випробування отвір заповнений теплоізоляційним матеріалом. В ході випробування необхідно здійснювати повітрообмін в приміщенні за допомогою зазначеного отвору, регулюючи його площу відкриття. Площа приміщення вогнища пожежі становить 33 м^2 . Температурний режим пожежі забезпечується горючим навантаженням, щільність розміщення якого становить $50 \text{ кг} / \text{м}^2$.

Як горюче навантаження використовується деревина хвойної породи вологістю не більше 12%. Загальна кількість деревини прийнята 1650 кг. Спосіб розміщення горючого навантаження забезпечує умова створення найбільш критичній ситуації з точки зору впливу пожежі на зовнішні конструкції фасаду будівлі, а також відображає умови її розміщення, характерні для житлового приміщення (рисунок 2.3.). Обмін повітря в приміщенні осередку пожежі під час горіння забезпечується наступним чином: приплив повітря здійснюється через

дверний проріз, з'єднаний з сходовою кліткою, що має вихід безпосередньо на вулицю.

Дверний отвір зафіксований в максимально відкритому положенні: викид продуктів горіння організований через шахту димовидалення розміром 300×400 мм, димоприймальний пристрій розташований в перекритті першого поверху. Для захисту пустотних плит перекриття від негативного впливу пожежі виконана вогнезахистними мінераловатними плитами «ТЕХНО ОЗБ 80» на основі базальтового волокна виробництва ТОВ «ТехноНІКОЛЬ».

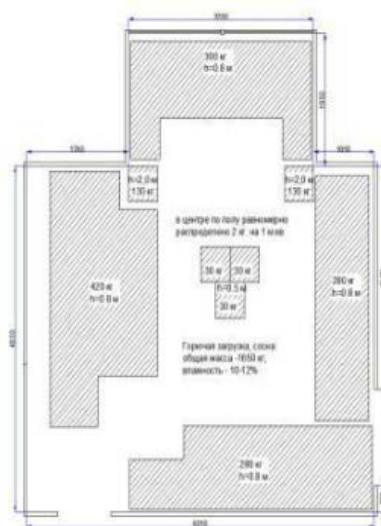


Рисунок 2.3. - Приміщення вогнища пожежі і характер розміщення горючого навантаження в приміщенні

Для реалізації умов, характерних для висотного будівництва, а саме впливу вертикально спрямованого вітрового потоку уздовж фасаду будівлі змонтована спеціальна установка, принципова схема якої представлена на рис. 2.4.

Установка складається з вентилятора, що забезпечує регульований потік повітря високої продуктивності, а також металевого лотка, призначеного для формування напрямку потоку повітря уздовж площини фасаду за всією його шириною. Вентиляційна установка монтується на рівні землі згідно зі схемою, представленої на рисунку 2.5. Вентиляційна установка розміщена таким чином, щоб швидкість вертикально спрямованого повітряного потоку на рівні середини віконного прорізу приміщення пожежі становила від 3 до 5 м / с.



Рисунок 2.5. - Схема розміщення обладнання для створення вітрових потоків уздовж фасаду будівлі

Засоби і способи вимірювання контрольованих параметрів.

Відповідно до завдань випробування необхідно здійснити збір даних про характер розвитку пожежі і ступеня його впливу на світлопрозорий фасад будівлі із зовнішнього боку.

При випробуваннях контролюються наступні величини і параметри:

- середньооб'ємна температура і тепловий потік всередині приміщення при пожежі;
- розподіл температурних полів уздовж фасаду будівлі;
- висота полум'я, що виходить з приміщення пожежі;
- температура на кожному листі склопакета;
- тепловий потік на рівні віконного отвору другого поверху;
- швидкість висхідних вітрових потоків уздовж площини фасаду;
- температура зовнішнього повітря;
- напрямок і швидкість вітру в ході випробувань;
- здійснюється відеозапис процесу горіння всередині приміщення вогнища пожежі, а також зовні;
- після закінчення експерименту оцінюються наслідки впливу пожежі на конструкції фасаду, характер і розміри зон ушкодження. Для вимірювання

температур застосовуються термоелектричні перетворювачі (термопари) з діаметром електродів від 0,75 до 1,2 мм.

Для вимірювання потужності теплових потоків застосовуються приймачі теплових потоків ТП 2000. Термопари і датчики теплових потоків підключені до вимірювача-регуляторам ТРМ-138 виробництва компанії «Овен», передає свідчення на ПК. Всі засоби вимірювання таровані і мають свідоцтва про перевірку. Структурна схема системи вимірювання та обробки інформації в ході вогневого випробування представлена на рис. 2.4.

В ході випробування з тильного боку фасаду будівлі здійснюється тепловізійна зйомка спеціальною камерою марки FLIR. Для фото- і відеофіксації застосовуються переносні відеокамери, стаціонарні відео-реєстратори, а також безпілотний літальний апарат (квадрокоптер), обладнаний відеокамерою.

Для оцінки наслідків впливу пожежі на конструкції фасаду, характер і розміри зон ураження використовується штангенциркуль, лінійка, фото і відеоапаратура.

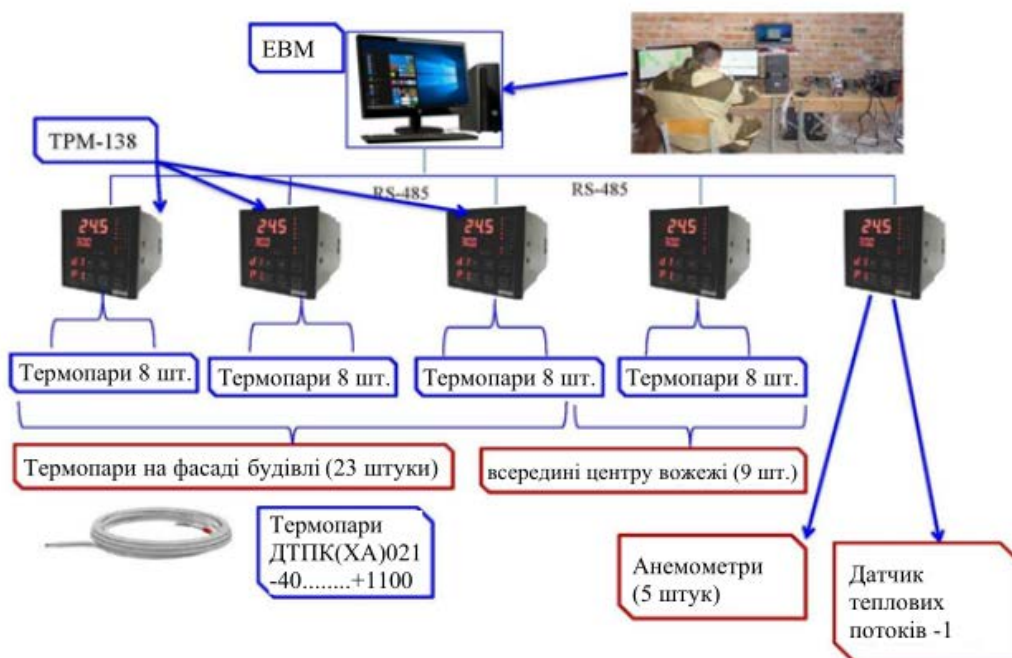


Рисунок 2.4 - Структурна схема системи вимірювання та обробки інформації

Розстановка термопар всередині приміщення вогнища пожежі повинна забезпечити отримання інформації про зміну середньооб'ємній температурі в ході всього періоду вогневого випробування. Вимірювання температури здійснюється в чотирьох рівновіддалених точках, розташованих у вертикальній площині приміщення, в трьох площинах, розташованих на рівних відстанях один від одного.

Розстановка термопар з зовнішньої сторони фасаду повинна забезпечити отримання інформації про висоту розподілу температурних полів, що формуються полум'ям пожежі, які виходять з віконного отвору палаючого приміщення. Розстановка термопар здійснюється з зовнішньої сторони будівлі, на відстані 150 мм від площини фасаду, згідно зі схемою, представленою на рисунку 2.6.

Монтаж термопар здійснений в спеціально виготовлених коробах, виконаних з металевого короба, з теплоізоляційної захистом від впливу високих температур.

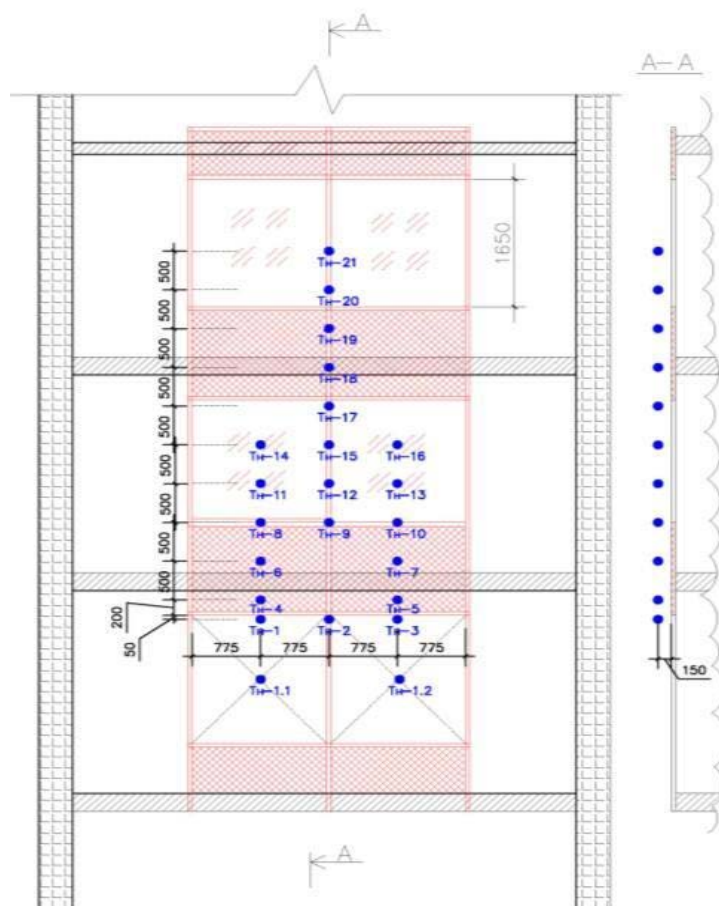


Рисунок 2.6 - Схема розстановки термопар зовні будівлі по вертикалі фасаду

Для вимірювання висоти полум'я, що виривалося з поверху пожежі, на зовнішній стороні фасаду слід нанести лінійку від 0 до 6 м. За нульову позначку прийняти верхній край світлопрозорого заповнення першого поверху. При проведенні експерименту здійснювати відеофіксацію з фронтального боку фасаду.

Схема розстановки датчиків теплових потоків представлена на рис. 2.2.7. Для захисту вимірювального елемента датчиків теплових потоків передбачена система водяного охолодження.

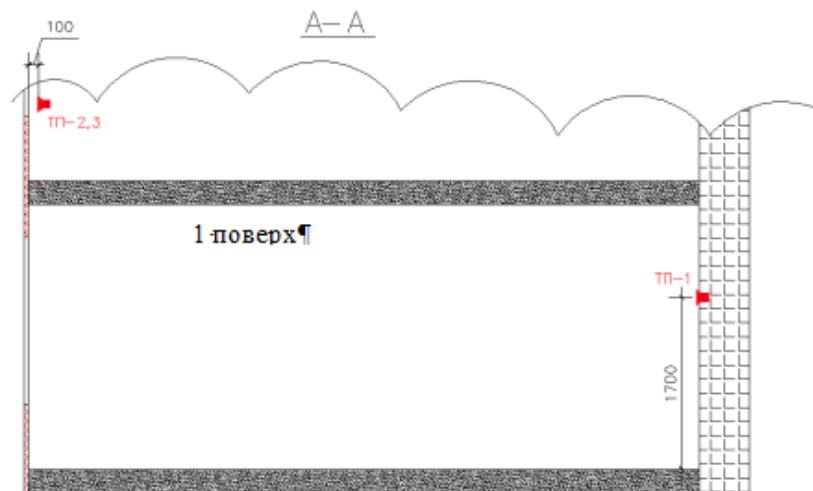


Рисунок 2.7 - Схема розстановки приймачів теплових потоків

Для вимірювання температури прогріву склопакетів розстановка термопар здійснена згідно зі схемою, представленої на рисунку 2.8.

Датчики розміщуються на кожному листі склопакета на його неоплюваній стороні.

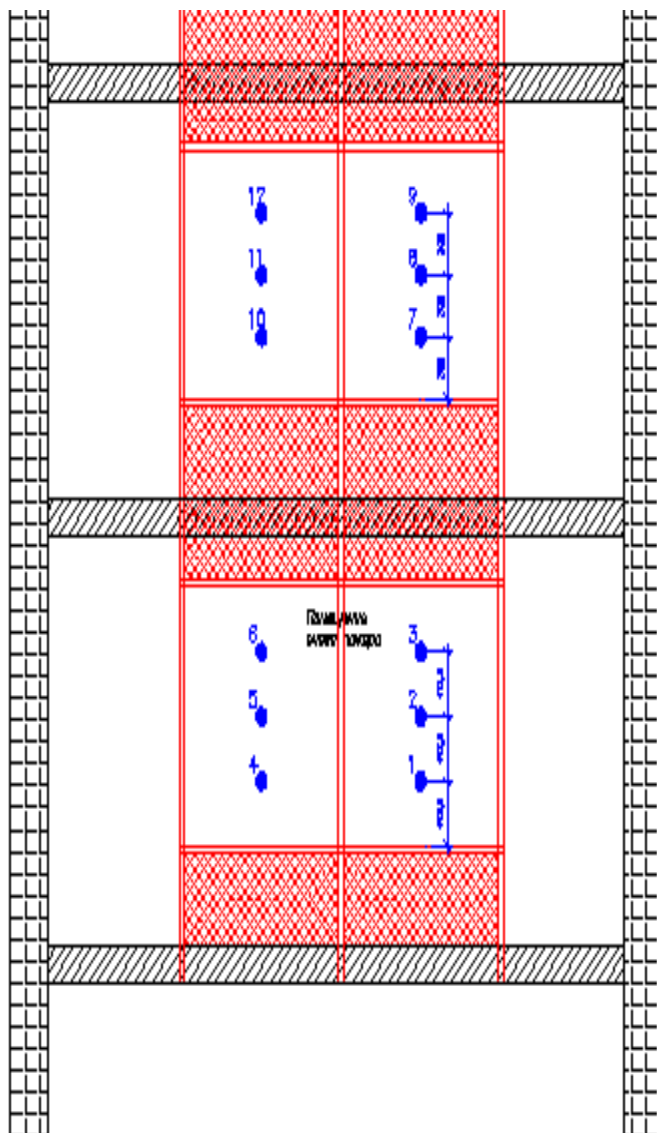


Рисунок 2.8 - Схема розстановки термопар на склі склопакета 1 поверх 2 поверх

Для вимірювання швидкості повітряних потоків, висхідних по вертикалі стіни будівлі, застосовуються два блоки з датчиків швидкості і температури газового середовища, модель блоку Сівіонік, виробництва компанії ТОВ «СІПІС Спрут». Блоки вимірювання швидкості вітру встановлюються на рівні перекриття другого та третього поверхів, відповідно до рис. 2.9.

У процесі всього періоду випробувань з інтервалом в 15 хвилин фіксується температура навколишнього середовища, напрямок і швидкість вітру з чотирьох сторін будівлі.

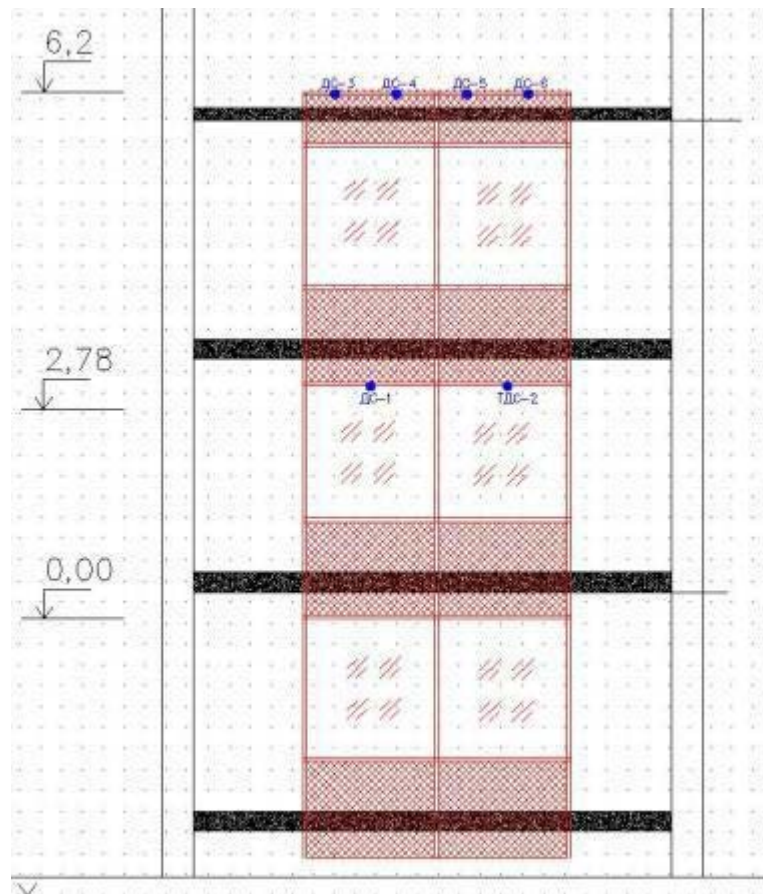


Рисунок 2.9 - Схема установки датчиків швидкості вітрових потоків

Особливі умови випробувань:

- 1) для виключення початкової стадії пожежі, як первинне джерело пожежі приймається вогнище площею проекції 0,75 м², що розміщується в центрі приміщення;
- 2) для розпалювання використовується 1 л гасу, яким змочується вогнище пожежі;
- 3) температура навколишнього середовища, напрямок і швидкість вітру фіксуються з інтервалом в 15 хвилин;
- 4) візуально оцінюється і протоколюється час руйнування кожного листа склопакетів фасаду. В ході випробувань візуально оцінюється характер поведінки світлопрозорого фасаду будівлі.
- 5) команда на припинення експерименту подається через 1 годину після початку експерименту, або при переході пожежі в стадію загасання. Результати випробування оформлюються у вигляді протоколів і актів випробування.

Методика натурного вогневого випробування за оцінкою ефективності засобів і способів запобігання поширенню пожежі по світлопрозорим фасадам будівель.

За результатами проведеного натурного вогневого випробування, спрямованого на визначення стійкості при пожежі світлопрозорого фасаду висотного будинку (результати випробування представлені в розділі 3 цієї роботи) встановлено, що конвективний потік, що виникає уздовж площини фасаду будівлі, збільшує висоту полум'я, що виходить з палаючого приміщення, до 3 метрів.

При цьому застосовується в фасадній склінні вогнестійкий міжповерховий пояс висотою 1,2 м не здатний запобігти поширенню пожежі по світлопрозорим фасадам висотних будівель, що підтверджується результатами проведеного випробування. Ця обставина вимагає пошуку нових технічних рішень, спрямованих на обмеження поширення пожежі по фасаду будівлі.

Аналіз відомих способів обмеження поширення пожеж зі світлопрозорих фасадів будівель вказує на необхідність пошуку нових технічних рішень, що відповідають вимогам архітектури і умов безпеки висотних будівель, що представляють собою об'єкти підвищеної небезпеки.

Механізм розповсюдження пожежі по світлопрозорих фасадах полягає у виході полум'я на фасад будівлі і його руйнуючий вплив на світлопрозорі конструкції вище поверху. Для збереження цілісності світлопрозорих конструкцій необхідно: передбачити склопакети, які мають критерій руйнування, перевищує очікувані температурні і теплові впливи від пожежі, або знизити температурні поля в зоні світлопрозорого заповнення над поверхом пожежі.

На висоту і температуру полум'я, що виходить з вікна, впливає площа віконного отвору. Очевидно, що зменшення площі віконного прорізу сприяє зниженню висоти полум'я, його температурних полів і, як наслідок, запобігання руйнуванню віконного заповнення вище поверху і обмеження розповсюдження пожежі по фасаду будівлі. Отже, визначивши технічно надійний і ефективний спосіб, який реалізує зниження площі віконного прорізу під час пожежі, можна

вирішити завдання запобігання поширенню пожежі по світлопрозорих фасадах висотного будинку.

Ефективність знайденого способу запобігання поширенню пожежі по світлопрозорих фасадах будівлі можна визначити тільки в умовах натурального вогневого випробування.

З метою оцінки ефективності запропонованого способу запобігання поширенню пожежі по світлопрозорим фасадам будівель (далі - спосіб запобігання пожежі) була розроблена методика натурального вогневого випробування, що враховує такі положення:

1) умови розвитку пожежі повинні бути максимально наближені до умов, що реалізуються в попередньому натурному випробуванні;

2) для оцінки ефективності розглянутого способу необхідно розробити технічне рішення, що дозволяє під час пожежі зменшити площу віконного отвору, одночасно збільшити висоту міжповерхового поясу і знизити висоту полум'я, що виходить з віконного отвору, і температуру в області світлопрозорого заповнення вище поверху.

Методика проведення натурального вогневого випробування за оцінкою ефективності засобів і способів запобігання поширенню пожежі по світлопрозорим фасадам будівель. Метою випробування є визначення ступеня впливу площі віконного прорізу на висоту полум'я вздовж площини фасаду будівлі.

В ході випробування необхідно вирішити такі завдання:

1) визначити швидкість прогрівання склопакета і критичну температуру, при якій відбувається руйнування листового скла і втрата цілісності склопакета в цілому;

2) визначити розподіл температурних полів уздовж площини фасаду при різній площі віконних прорізів палаючого приміщення;

3) визначити вплив площі віконного прорізу на пожежостійкість світлопрозорих конструкцій фасаду.

Опис технічного рішення, що дозволяє під час пожежі зменшити площу віконного отвору, одночасно збільшити висоту міжповерхового поясу і знизити

висоту полум'я, що виходить з віконного отвору, і температуру в області світлопрозорого заповнення вище поверху.

В якості моделі технічного рішення пропонується застосування захисного екрана з вогнетривкого матеріалу, що опускається під час пожежі під дією власної сили тяжіння до рівня, необхідного для обмеження подальшого поширення пожежі.

Принцип дії захисного екрану показаний на рисунку 2.10.

Захисний екран встановлюється в початковому положенні «закрито» на конструкцію ригеля світлопрозорого фасаду, при цьому утримання екрану здійснюється термоплавкими замками. При виникненні пожежі термоплавкі замки руйнуються, дозволяючи захисному екрану опуститися в положення «відкрито».

Зазначена модель технічного рішення щодо зниження площі віконного прорізу не може бути віднесена до об'ємно-планувальних рішень будівлі, а є інженерно-технічним пристроєм, спрямованим на підвищення рівня пожежної безпеки висотних будівель.

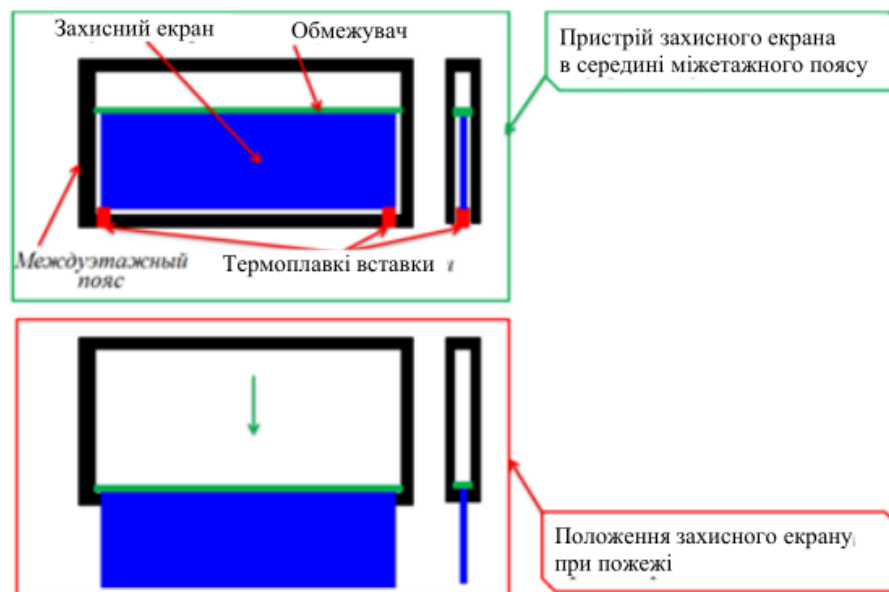


Рисунок 2.10 - Принципова модель захисного екрану

Підготовка і проведення випробування

Випробування проведено на п'ятиповерховій будівлі, розташованому на території випробувального полігону. Опис параметрів будівлі представлено в розділі 3 цієї роботи. Вогневому впливу підлягає фрагмент навісний світлопрозорої стіни, виконаної на три поверхи будівлі, загальною висотою 9125 мм, шириною 3200 мм, в місцях примикання стіни до перекриттів будівлі передбачені глухі вогнестійкі міжповерхові пояси висотою 1,2 м, виконані відповідно до альбомами технічних рішень компанії АЛЮТЕХ.

Віконні скління стіни виконані склопакетами з листового скла (формула склопакета 6 + 12 + 4 + 12 + 6).

Світлопрозора стіна запроектована і виготовлена компанією ТОВ «Фототех». Для досягнення цілей і завдань натурального вогневого випробування виконується монтаж захисного екрану з вогнетривкого матеріалу. Для реалізації умов роботи запропонованої моделі захисного екрану впритул до віконного ригелю навісний стіни по всій його довжині монтується захисний екран, виконаний з сталевого оцинкованого листа металу товщиною 0,7 мм, шириною рівний ширині віконного прорізу, висотою 1 м, що забезпечує перекриття 2 / 3 висоти вікна.

Принципова схема установки захисного екрану представлена на рисунку 2.11.

Для збереження стійкості захисного екрану протягом всього періоду випробувань необхідно: - по висоті екрану виконати ребра жорсткості (не менше 3 шт.); - кріплення екрану здійснити за допомогою металевих шарнірів до спеціально виготовленому і закріпленому на цегляній стіні будівлі несучого каркасу.

Каркас виконати з профільованої сталеві труби перетином 40 × 40 мм, з товщиною стінки 6 мм. Утримання захисного екрану у відкритому положенні і перекид його в робоче положення здійснюється дистанційно за допомогою тросового з'єднання.

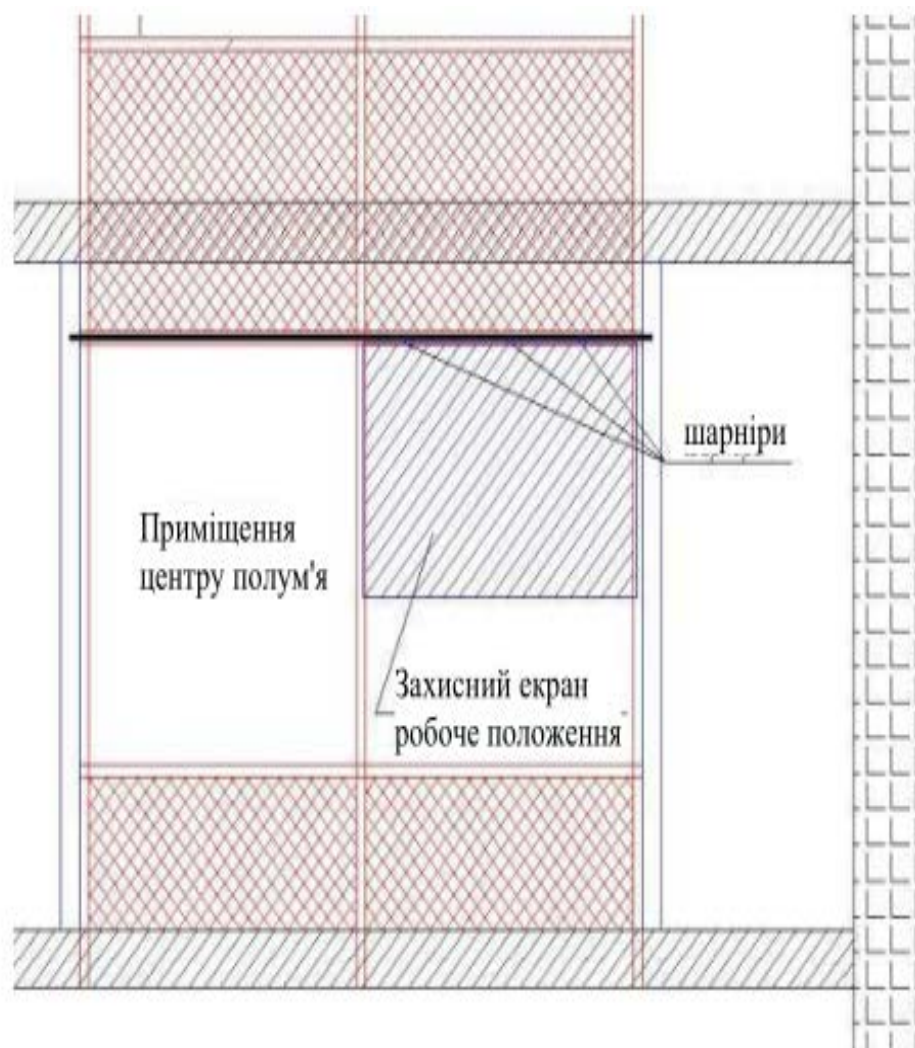


Рисунок 2.11 - Принципова схема установки захисного екрану

Загальний вигляд світлопрозорого фасаду із захисним екраном представлений на рисунку 2.12. Технічні параметри стіни відповідають параметрам стіни, що піддається випробуванню, представленою в попередньому випробуванні цієї роботи.

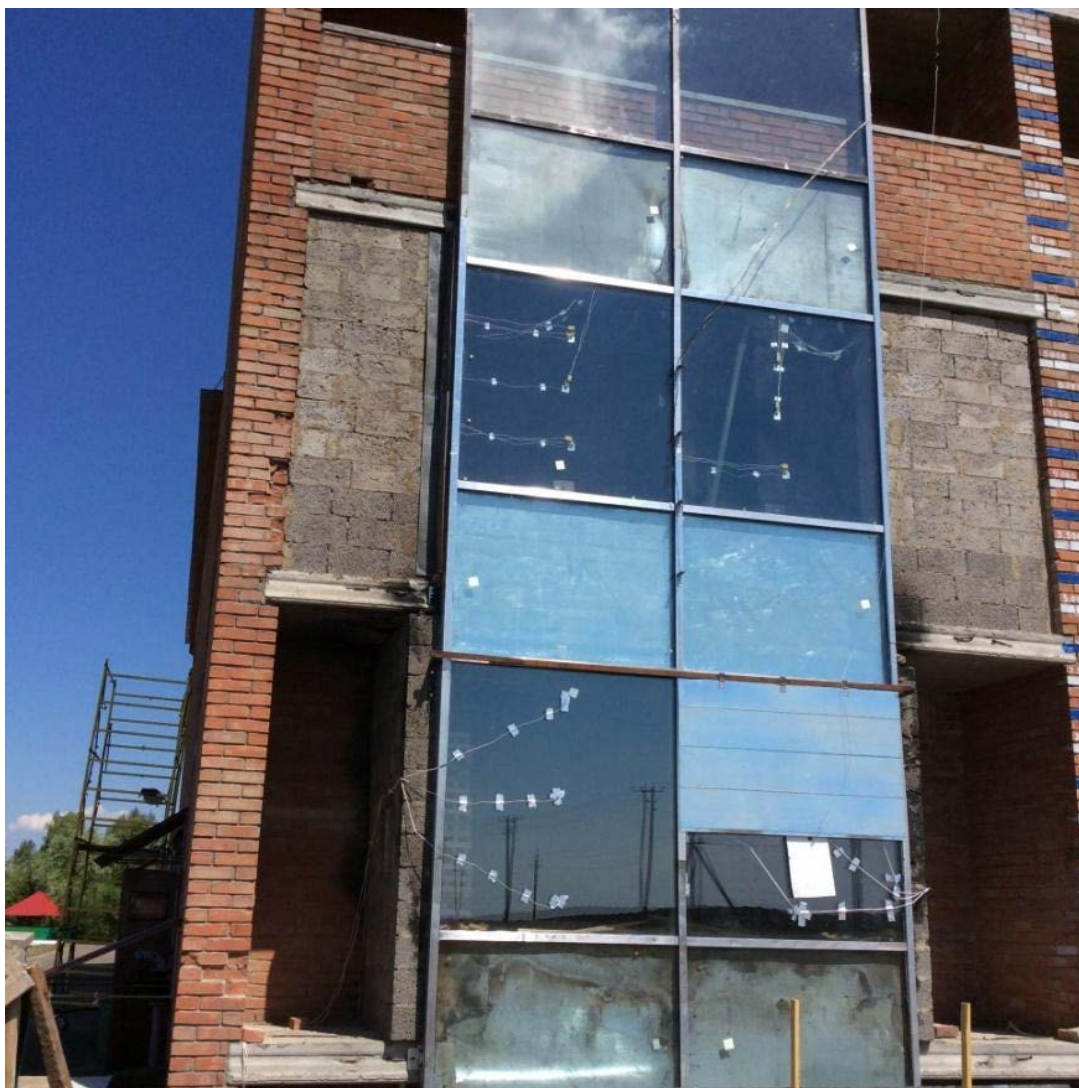


Рисунок 2.12 - Загальний вигляд світлопрозорого фасаду із захисним екраном

Для реалізації умов розвитку пожежі, максимально наближених до умов натурального вогневого випробування, результати якого представлені в розділі 3, цієї роботи, в приміщенні першого поверху площею 33 м² розміщується горюча навантаження, у вигляді деревини, відповідна параметрам і способу розміщення горючої навантаження. Характер розподілу горючої навантаження відображає умови розміщення меблів і предметів інтер'єру в житлових приміщеннях. Загальний вигляд приміщення, де була пожежа, представлений на рисунку 2.13.



Рисунок 2.13 - Загальний вигляд розміщення горючої навантаження

Повітрообмін в приміщенні осередку пожежі під час горіння забезпечується наступним чином:

- приплив повітря здійснюється через дверний проріз, з'єднаний з сходовою кліткою, що має вихід безпосередньо на вулицю. Дверний отвір зафіксований в максимально відкритому положенні;

- викид продуктів горіння організований через шахту димовидалення розміром 300×400 мм, димоприймальний пристрій розташований в перекритті першого поверху. Уздовж площини фасаду створюється вертикально спрямований повітряний потік, що формується вентиляційної установкою, виконаної відповідно до положень розділу 2.1, і забезпечує швидкість повітряного потоку на рівні віконного отвору першого поверху 3 м / с .

Засоби і способи вимірювання контрольованих параметрів.

Відповідно до завдань випробування необхідно здійснити збір даних, що дозволяють оцінити ефективність досліджуваного способу обмеження розповсюдження пожежі по світлопрозорих фасадах будівлі. При випробуваннях контролюються наступні величини і параметри:

- середньооб'ємна температура всередині приміщення при пожежі;
- розподіл температурних полів уздовж фасаду будівлі;
- висота полум'я, що виходить з поверху пожежі;
- динаміка прогріву склопакета (визначається температура на зовнішньому склі склопакета);
- температура зовнішнього повітря;
- напрямок і швидкість вітру в ході випробувань;
- здійснюється відеозапис процесу розвитку пожежі зовні будівлі;
- після закінчення експерименту оцінюються наслідки впливу пожежі на конструкції фасаду, характер і розміри зон ушкодження.

Середньооб'ємна температура визначається як середньоарифметичне значення параметрів температури, отриманих від термопар, розставлених в 12 точках приміщення, згідно зі схемою вимірювання.

Для отримання відомостей про значення температурних полів, що формуються полум'ям пожежі уздовж площини фасаду, здійснюється розстановка термопар по вертикалі будівлі з зовнішньої сторони відповідно до рисунку 2.14. Відстань від площини фасаду до термочутливого елемента датчика - 150 мм.

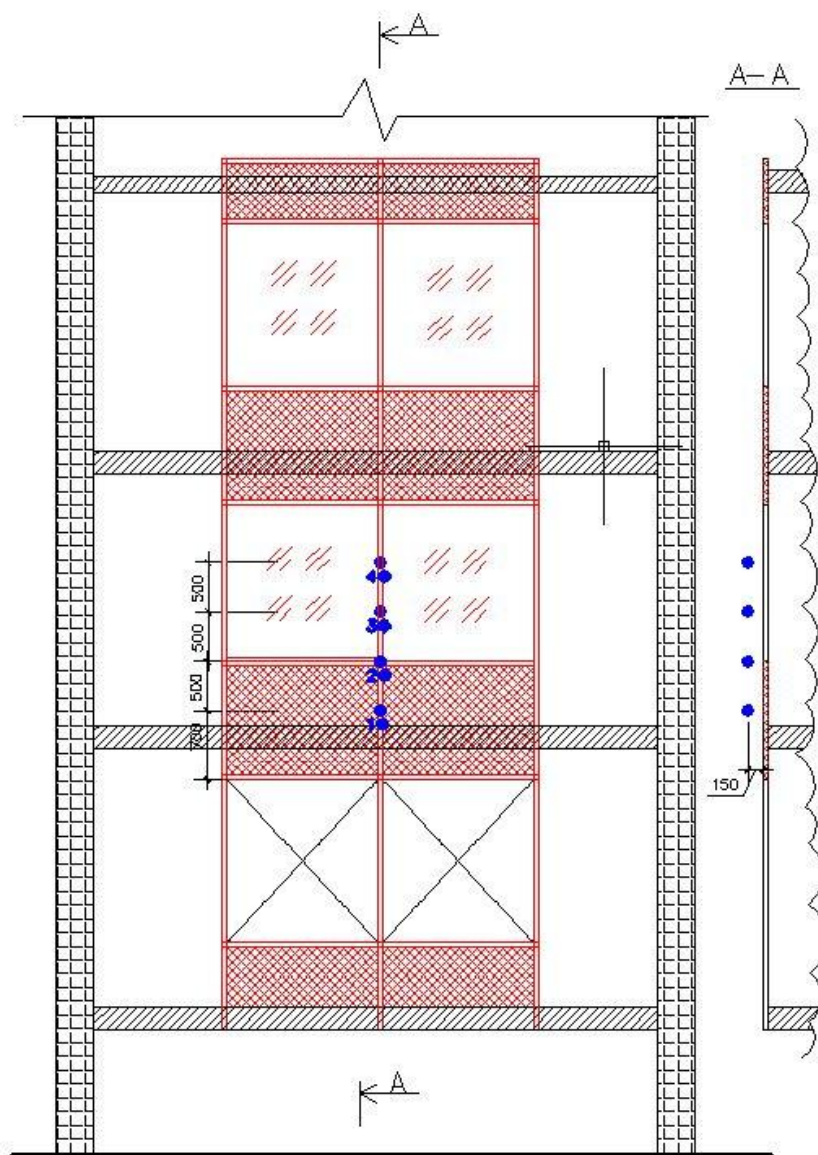


Рисунок 2.14 - Схема розстановки термопар зовні будівлі по вертикалі фасаду

Для вимірювання висоти полум'я, що виривалося з поверху пожежі, на зовнішній стороні фасаду нанесена лінійка від 0 до 6 м. За нульову позначку прийнятий верхній край світлопрозорого заповнення першого поверху. При проведенні експерименту здійснюється відеофіксація з фронтального боку фасаду. Для отримання даних про динаміку прогріву склопакета на поверсі пожежі необхідно здійснити вимір температури на не обігрівається стороні зовнішнього скла склопакета. Схема розстановки термопар представлена на рисунку 2.15.

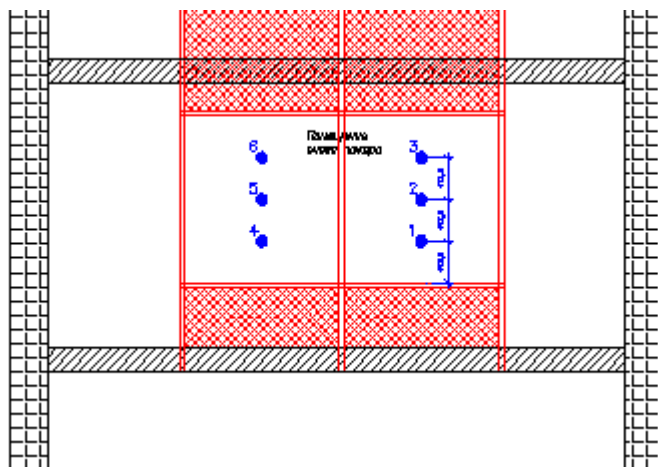


Рисунок 2.15 - Схема розстановки термопар на зовнішньому склі склопакета

Для вимірювання температури застосовуються термопари з діаметром електродів 0,75-1,2 мм, підключені до вимірювачів-регуляторам ТРМ-138 виробництва компанії «Овен», передає свідчення на ПК. Інтерфейс протоколу комп'ютерної програми Owen Report Viewer, що здійснює запис даних з ТРМ-138 на ПК, представлений на рисунку 2.16.

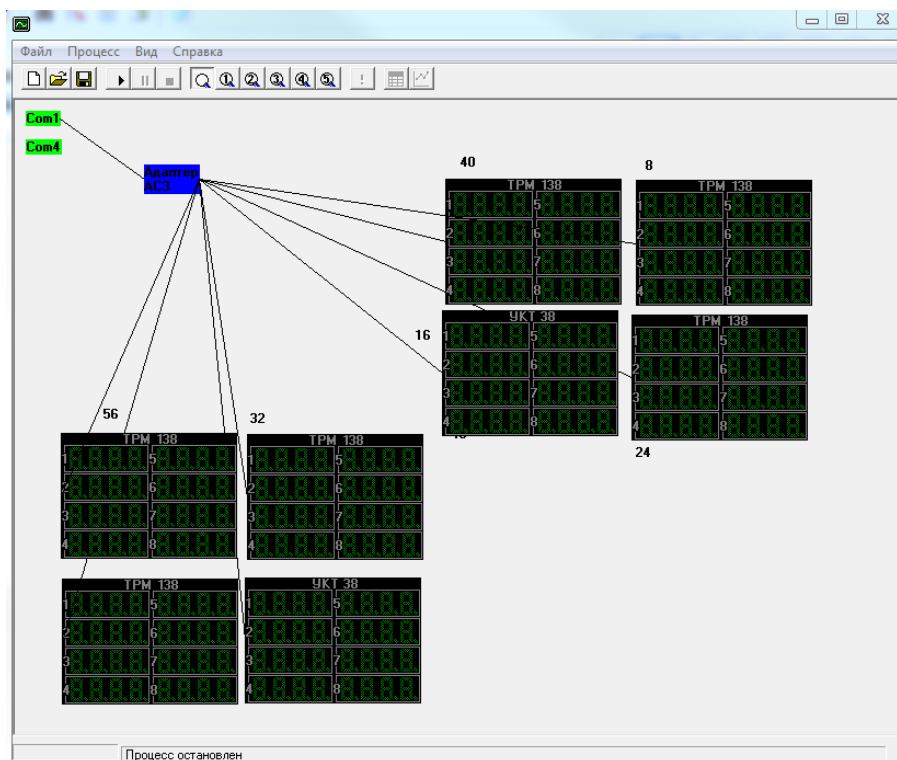


Рисунок 2.16 - Інтерфейс протоколу програми Owen Report Viewer

Особливі умови випробувань

1) для виключення початкової стадії пожежі, як первинне джерело пожежі був прийнятий вогнище площею проекції 0,75 м², що розміщується в центрі приміщення; 1 поверх 101;

2) для розпалювання використовується 1 л гасу, яким змочується вогнище пожежі;

3) температура навколишнього середовища, напрямок і швидкість вітру фіксуються з інтервалом в 15 хвилин;

4) візуально оцінюється і протоколюється час руйнування кожного листа склопакетів фасаду. В ході випробувань візуально оцінюється характер поведінки світлопрозорого фасаду будівлі;

5) при руйнуванні склопакетів на поверсі пожежі і виході полум'я на фасад будівлі подається команда на опускання захисного екрану в робоче положення з метою зниження площі прорізу на поверсі пожежі;

6) команда на припинення експерименту подається через 1 годину після початку експерименту або при переході пожежі в стадію загасання. Результати випробування оформлюються у вигляді протоколів і актів випробування.

2.3. Результати випробувань і аналіз отриманих даних

Результати натурних випробувань впливу вогню на конструкції без захисту

Теоретичні дослідження показали, що пожежі у висотних будівлях можуть поширюватися з зовнішньої сторони фасаду. З метою отримання експериментальних даних, що дозволяють прогнозувати вплив пожежі на світлопрозорі конструкції фасадів будівель і оцінити їх стійкість в умовах пожежі, було підготовлено та проведено натурне вогневе випробування. Досліджувалася стійкість навісній світлопрозорої стіни виробництва компанії ТОВ «Фототех», на базі профільної системи ALT F50 з глухим міжповерховим поясом висотою 1,2 м і світлопрозорим заповненням склопакетами з листового скла (формула склопакета 6 + 12 + 4 + 12 + 6).

Глухий міжповерховий пояс виконаний відповідно до технічних рішень компанії АЛЮТЕХ. В ході випробування визначалися наступні величини і параметри: критерії руйнування склопакетів при внутрішньому і зовнішньому пожежі; вплив площі віконного прорізу на розмір полум'я і висоту температурних полів, що формуються вздовж площини фасаду; температура і потужність теплових потоків, що створюються в безпосередній близькості від світлопрозорого заповнення всередині приміщення, розташованого над приміщенням вогнища пожежі; вплив вітрових (конвективних) потоків, спрямованих уздовж фасаду будівлі на розміри температурних полів, що формуються вздовж площини фасаду.

Відповідність проведеного випробування розробленої програми і методики підтверджується комісією присутньої на випробуванні. Комісія зазначає, що випробування виконано на високому науково-технічному рівні. Отримані результати є науковою новизною, напрямок досліджень актуальний і вимагає додаткових досліджень з оцінки способів захисту світлопрозорих фасадів в умовах пожежі.

Фактори зовнішнього середовища під час випробувань. Швидкість повітряних потоків уздовж площини фасаду, яка визначається на рівні світлопрозорого заповнення першого поверху, становила 3 м / с. Температура навколишнього середовища в ході всього випробування була в межах 5,9-7,3 ° С, швидкість вітру не перевищувала 0,6 м / с. Результати вимірювань контрольованих параметрів. Результати вимірювань середньооб'ємної температури пожежі представлені на рисунку 2.17.

Апроксимуємо отримані результати, представимо їх у вигляді лінійної залежності, з деяким коефіцієнтом достовірності R 2.

Зростання температури всередині приміщення в часі:

$$T = 25,3t + T_n \quad R^2 = 0,97$$

де T - температура, ° С; t - час, хв; T_n - початкова температура, ° С;

Поведінка склопакета при наростаючій динаміці пожежі була наступна: перші тріщини на внутрішньому склі з'явилися на 8 хвилині, на 11 хвилині з'являються тріщини на другому склі, а на 16 хвилині відбувається випадання

фрагментів внутрішнього скла і з'являється тріщина на зовнішньому склі, на 25 хвилині тріщина розходиться по всій ширині скла і з неї починає проникати дим, на 33 хвилині відбувається випадання фрагментів зовнішнього скла (розмір фрагментів 5×5 см), а на 38 хвилині випадає фрагмент скла, утворюючи наскрізний отвір площею $0,5 \text{ м}^2$, через яке відбувається викид полум'я назовні .

Руйнування склопакета віконного заповнення відбулося при досягненні середньооб'ємної температури всередині приміщення вогнища пожежі 830°C .

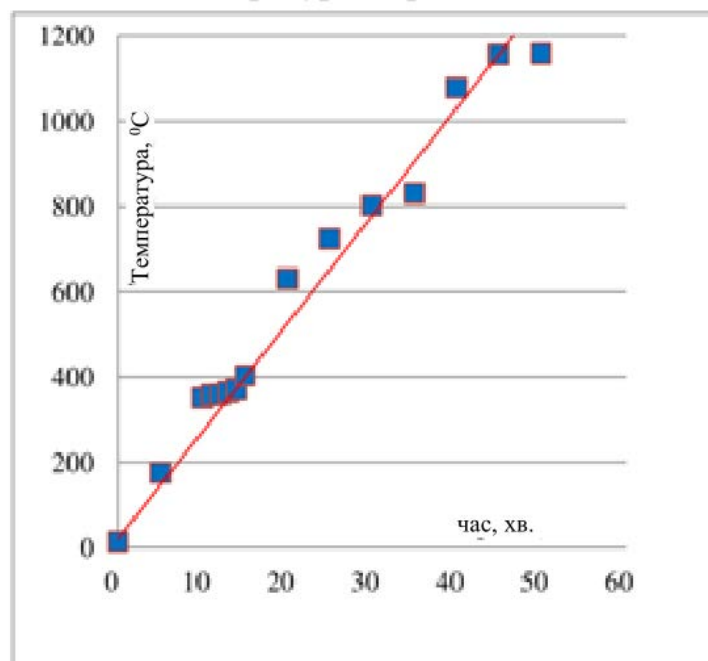


Рисунок 2.17 - Параметри розвитку пожежі: температурний режим

Аналіз динаміки зростання температурних полів уздовж площини фасаду починається з моменту виходу полум'я з приміщення вогнища пожежі назовні.

Аналіз відеоряду дозволив встановити характер поведінки склопакета після виходу полум'я на фасад будівлі. В результаті різкого зростання температури уздовж площини фасаду склопакети фасаду починають руйнуватися вже через чотири хвилини після виходу полум'я назовні. Так, на 41 хвилині руйнується зовнішнє загартоване скло міжповерхового поясу, на 42 хвилині зовнішнє скло другого поверху тріскається по всій ширині, на 43 хвилині зовнішнє скло другого поверху руйнується і випадає, а на 45 хвилині склопакет другого поверху руйнується повністю, утворюється наскрізний отвір, через який пожежа переходить на другий поверх.

На другому поверсі загоряється ситцева фіранка, розміщена на відстані 200 мм від площини віконного отвору. Проведений експеримент дозволив встановити суттєві відмінності в характері поведінки світлопрозорих конструкцій при тепловій дії від пожежі, що розвивається всередині приміщення і пожежі, що виходить з віконного отвору, в період максимального розвитку пожежі. У період максимального розвитку пожежі полум'я, що виходить назовні, має високий імпульс впливу на фасад будівлі.

Температура і тепловий потік вже на виході мають критичні для світлопрозорих конструкцій значення, що призводить до динамічного нагріву склопакетів, їх руйнування і переходу полум'я на вище розташовані поверхи. Встановлено, що висота полум'я пожежі в ході експерименту склала 3 м, в окремі нетривалі моменти викид полум'я фіксувався на рівні 5 м (рисунок 2.18).

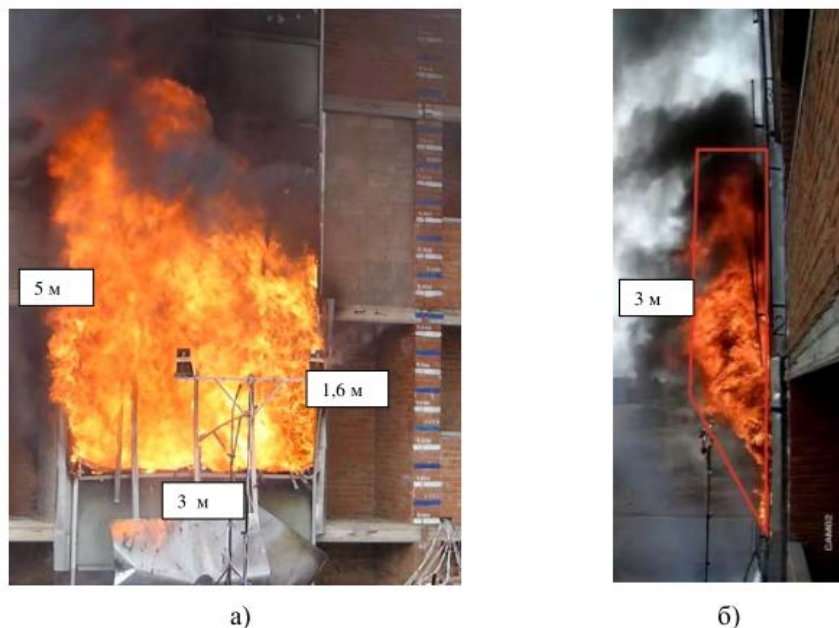


Рисунок 2.18 - Характерні розміри полум'я при виході з отвору $3 \times 1,6$ м: а) максимальний викид 5 м; б) стабільний полум'я на рівні 3 м

За результатами вимірювань температурних полів, які розподіляються вздовж площини фасаду будівлі, встановлено, що температура в районі віконного заповнення другого поверху змінюється від 600 до 650 ° С (рисунок 2.19).

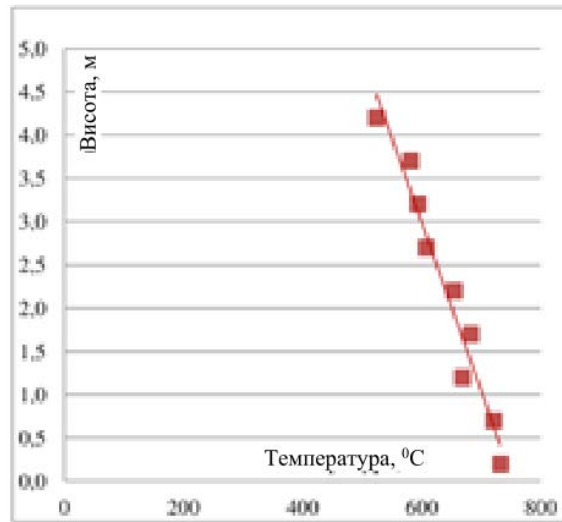


Рисунок 2.19 - Розподіл температури вздовж площини фасаду при виході полум'я назовні в період максимального розвитку пожежі

Після виходу полум'я через віконний проріз першого поверху почався інтенсивний температурний вплив на світлопрозоре заповнення другого поверху, що призвело до його повного руйнування вже через сім хвилин температурного впливу. Динаміка наростання температури в зоні впливу на склопакет другого поверху представлена в таблиці 3. Апроксимуємо отримані значення температури за часом отримаємо функцію критичного нагріву склопакета при зовнішньому температурному впливі (рисунок 2.20).

Згідно з отриманими даними, температурний режим пожежі, виражений залежністю і забезпечує протягом п'яти хвилин наростання температури в зоні впливу на склопакет температури 650°C , буде критичним для склопакета, виконаного зі звичайного листового скла.

Таблиця 2.2 - Динаміка наростання температури в зоні впливу на склопакет

Час впливу, хв	0	1	2	3	4	5	6	7
Температура, °C	10	320	395	536	620	645	662	682

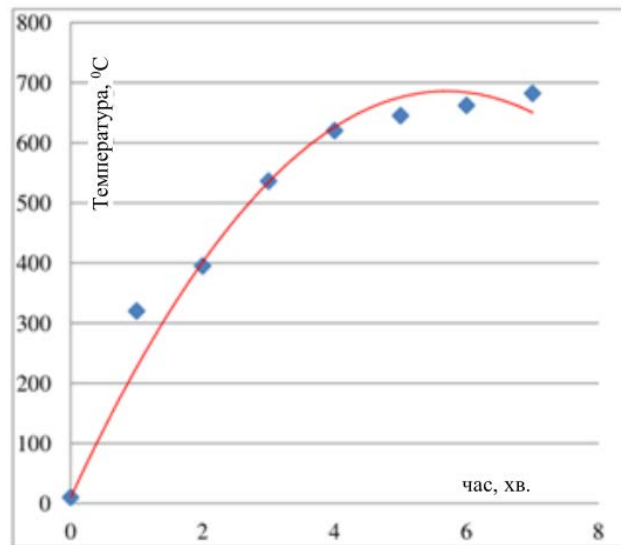


Рисунок 2.20 - Критична залежність зростання температури в зоні впливу на світлопрозору конструкцію

$$T = 237,5 - 20,9 \tau + T_n; R^2 = 0,97,$$

де T - температура в області віконного заповнення,

τ - час, хв;

T_n - температура навколишнього середовища, °C.

Аналіз результатів вимірювань дозволив встановити, що величина температурних полів залежить від площі отвору, через який полум'я пожежі виходить на фасад будівлі. У таблиці 2.3 представлені максимальні температурні поля при різній площі отвору, через які виходять полум'я пожежі.

Таблиця 2.3 - Характер зміни температурних полів в залежності від площі отвору

Висота, м	Температура, °C, при площі, м ²		
	S = 0,5	S = 1,8	S = 5,1
0,20	503	548	732
0,70	545	627	721
1,20	510	570	668
1,70	395	536	682
2,20	386	589	654
2,70	336	501	608
3,20	316	475	594
3,70	253	432	581
4,20	262	421	524

Для практичного застосування дані таблиці 2.3 представимо у вигляді ізотерм (рисунок 2.21), що наочно показують характер розподілу температурних полів уздовж площини фасаду при різних отворах для виходу полум'я.

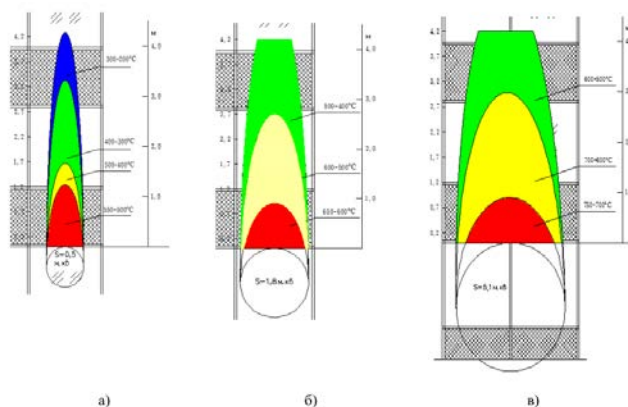


Рисунок 2.21 - Поля температур вздовж площини фасаду будівлі при різних площах руйнування віконного отвору на поверсі пожежі: а) 0,5 м²; б) 1,8 м²; в) 5,1 м²

На рисунках 2.22-2.23 представлені залежності, що характеризують швидкість прогрівання склопакетів при розвиненому пожежу в приміщенні і при різкому нагріванні від розвиненого пожежі, що вийшов назовні (рисунок 2.22). Дані результати підтверджують, що головним критерієм руйнування скла є динаміка його нагрівання.

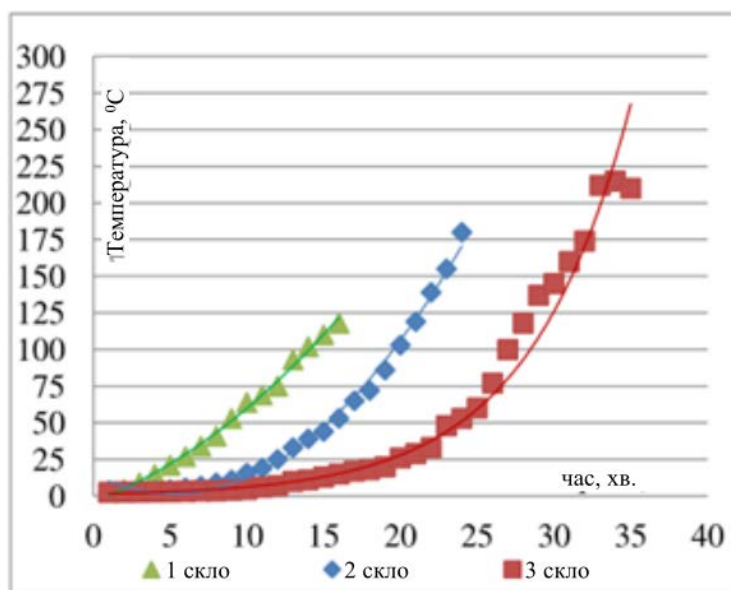


Рисунок 2.22 - Прогрівання склопакета віконного заповнення фасаду будівлі при розвиненому пожежу всередині приміщення

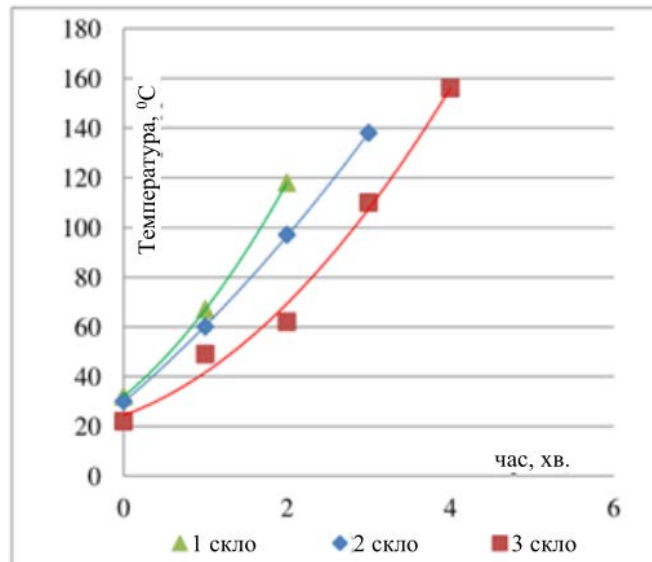


Рисунок 2.23 - Прогрівання склопакета віконного заповнення фасаду будівлі при розвиненій пожежі, що вийшла назовні

При плавному наростанні середньооб'ємної температури в приміщенні осередку пожежі втрата стійкості склопакета сталася при досягненні середньооб'ємної температури 830°C через 37 хвилин, в той же час при різкому тепловому впливі, котрий створив через 5 хвилин в зоні склопакета температуру 650°C , втрата стійкості склопакета наступила через 7 хвилин. При цьому критерієм руйнування листового скла можна вважати досягнення їм температури 120°C .

Результати вимірювань динаміки зміни швидкості конвективних вітрових потоків, спрямованих уздовж площини фасаду будівлі, викладені в додатку Е. На рисунку 2.24 наочно представлена динаміка зростання швидкості конвективних потоків на різних висотах з плином часу.

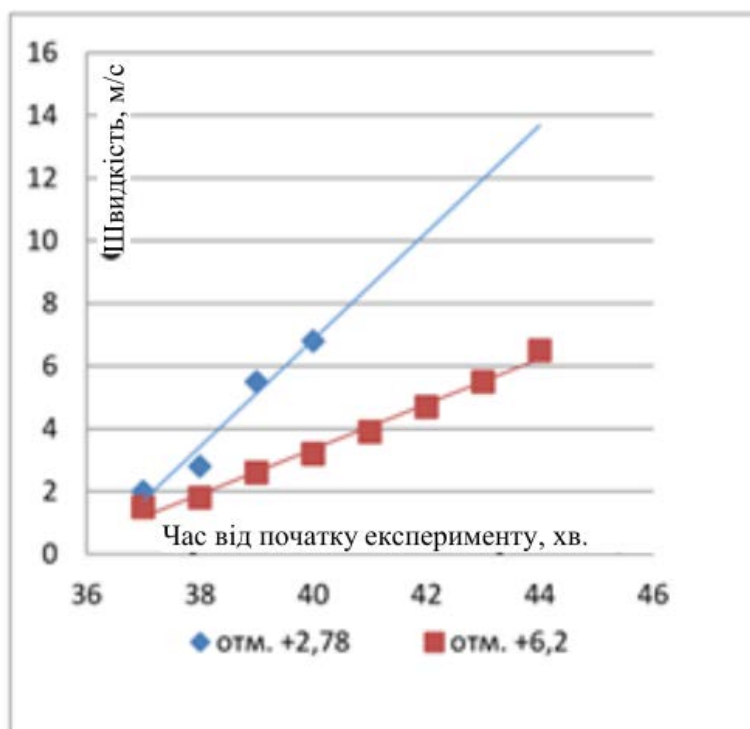


Рисунок 2.24 - Динаміка зміни швидкостей конвективних потоків уздовж фасаду

На рисунку 2.25 представлений загальний вид світлопрозорого фасаду після випробувань. За характером пошкоджень можна зробити висновок про нездатність міжповерхового поясу забезпечувати стійкість світлопрозорого фасаду в умовах реальної пожежі та перешкоджати поширенню пожежі на вище розташовані поверхи. Дана обставина вимагає додаткових заходів, спрямованих на обмеження поширення пожежі по світлопрозорих фасадах будівлі. Для обґрунтування та оцінки ефективності засобів і способів запобігання поширенню пожежі по світлопрозорих фасадах необхідна підготовка і проведення додаткових досліджень, в тому числі з проведенням вогневого експерименту.



Рисунок 2.25 - Загальний вигляд світлопрозорого фасаду після випробувань

Проведений експеримент дозволив встановити суттєві відмінності в характері поведінки світлопрозорих конструкцій при розвиненій пожежі і різкому впливі на склопакет розвиненої пожежі, що вийшла назовні. На відміну від внутрішнього, пожежа, що вийшла назовні, має високий імпульс впливу на фасад будівлі. Температура і тепловий потік вже на виході мають критичні для світлопрозорих конструкцій значення, що призводить до динамічного нагріву склопакетів, їх руйнування і переходу полум'я на вище розташовані поверхи.

У випробуваннях, проведених іншими вченими, які не оцінювалося шоківий вплив полум'я на світлопрозорі конструкції. Даний факт є головним критерієм, який потрібно враховувати при розробці нового методу оцінки стійкості світлопрозорих конструкцій при пожежі. Достовірність теоретичного розрахунку з урахуванням впливу вертикально спрямованого вітрового потоку на висоту полум'я і зону температурних полів уздовж площини фасаду визначається за результатами порівняльного розрахунку теоретичних і експериментальних даних.

Результати натурних випробувань впливу вогню на конструкції з захисним екраном

Натурне вогневе випробування по дослідженню стійкості при пожежі світлопрозорих фасадів висотних житлових будинках дозволило встановити характер розвитку пожежі з зовнішньої сторони будівлі. Випробування показало, що полум'я пожежі, що виходить з палаючого приміщення, під дією зовнішнього конвективного потоку піднімається на висоту 3 м, руйнуючи віконне заповнення верхнього поверху, залучаючи в пожежі горюче навантаження, розташовану на поверсі.

Для зниження температурних полів, які розподіляються вздовж площини фасаду, і, як наслідок, запобігання поширенню пожежі по фасаду будівлі нами запропоновано новий спосіб і сформульована модель технічного пристрою, заснована на принципі зниження площі віконного прорізу під час пожежі.

В ході випробувань досліджувався вплив захисного екрана, що знижує площу прорізу для виходу полум'я, на стійкість світлопрозорого фасаду будівлі. Для досягнення поставлених цілей і завдань випробування визначалися наступні величини і параметри: характер розвитку пожежі всередині приміщення; динаміка нагріву і руйнування віконного заповнення на поверсі пожежі; вплив площі віконного прорізу на розмір полум'я і висоту температурних полів, що формуються вздовж площини фасаду; напрямок і швидкість вітру і конвективних потоків.

Відповідність проведеного випробування розробленої програми і методики підтверджується комісією присутньої на випробуванні. Комісія зазначає, що випробування виконано на високому науково-технічній рівні. Отримані результати є науковою новизною. Встановлено необхідність розробки методик оцінки засобів і способів захисту від руйнування світлопрозорих конструкцій з урахуванням умов їх застосування в будівлях.

Встановлено, що режим «стандартної пожежі» не охоплює можливі теплові впливи, які мають місце при реальних пожежах в висотних будівлях, при яких відбувається руйнування світлопрозорих фасадних конструкцій, що вимагає розробки нового методу (ГОСТу) за оцінкою пожежостійкості фасадних

світлопрозорих конструкцій. Опис візуального спостереження поведінки світлопрозорого фасаду за умови вогневого впливу приведено в протоколі випробувань, представленою в додатку.

Фактори зовнішнього середовища під час випробувань. Швидкість повітряних потоків уздовж площини фасаду, яка визначається на рівні світлопрозорого заповнення першого поверху, становила 3 м / с. Температура навколишнього середовища в ході всього випробування була в межах 31,7-35,3 ° С, швидкість вітру змінювалася від 2,8 до 4,8 м / с.

Результати вимірювань контрольованих параметрів. Запис всіх контрольованих параметрів виконана в пам'ять комп'ютера за допомогою спеціальної програми Owen Report Viewer.

Отримані результати вимірювань середньооб'ємної температури пожежі представлені на рисунку 2.26.

Апроксимуємо отримані результати, представимо їх у вигляді лінійної залежності з деяким коефіцієнтом достовірності R2.

Зростання температури в часі:

$$T = 27,7t + T_{\text{н}} \quad R^2 = 0,94$$

де T - температура, ° С,

t - час, хв.

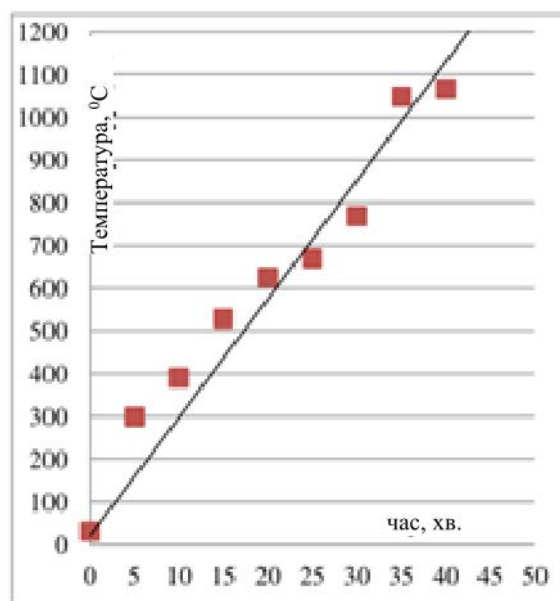


Рисунок 2.26 - Динаміка зростання середньооб'ємної температури пожежі

Динаміка зростання середньооб'ємної температури в другому випробуванні має високу збіжність з динамікою зростання температури першого випробування. Результати обох натурних вогневих випробувань дозволяють робити обґрунтовані висновки про критерії руйнування двокамерних склопакетів; значенні середньооб'ємної температури пожежі, при якій відбувається втрата цілісності віконного заповнення, виконаного у вигляді двокамерного склопакета, а також про вплив площі віконного прорізу на висоту температурних полів, що формуються вздовж площини фасаду будівлі.

Поведінка склопакетів при тепловій дії пожежі в другому випробуванні було наступним: через сім хвилин від початку вогневого впливу на внутрішньому склі виникають перші тріщини, на 12 хвилині випадають незначні фрагменти першого скла, і з'являються тріщини на другому склі, на 14 хвилині випадають фрагменти другого скла, на 19 хвилині з'являються тріщини, а на 23 хвилині починають випадати незначні фрагменти зовнішнього скла, при цьому полум'я пожежі не виходить назовні, на 34 хвилині відбувається послідовне руйнування склопакетів на поверсі пожежі і полум'я виходить назовні.

Повне руйнування склопакетів відбулося при середньооб'ємної температурі 880°C , при різкому руйнуванні склопакетів в приміщення надходить велика кількість свіжого повітря, що сприяє об'ємному вигорання всього горючого навантаження, середньооб'ємна температура підвищується до 1048°C (на 35 хвилині).

Отримані дані однозначно вказують на новий критерій розгерметизації віконних прорізів з двокамерними склопакетами - 830°C . Динаміка прогріву склопакета в інтервалі з початку випробування до 35 хвилини з кроком 5 хв.

На рисунку 2.27 представлені залежності прогріву кожного скла при розвиненому пожежу в приміщенні. Дані результати підтверджують той факт, що динаміка прогріву скла робить істотний вплив на критичну температуру його руйнування. Так, при плавному нагріванні скло вистояє більш тривалий період часу з нагріванням до більш високих температур.

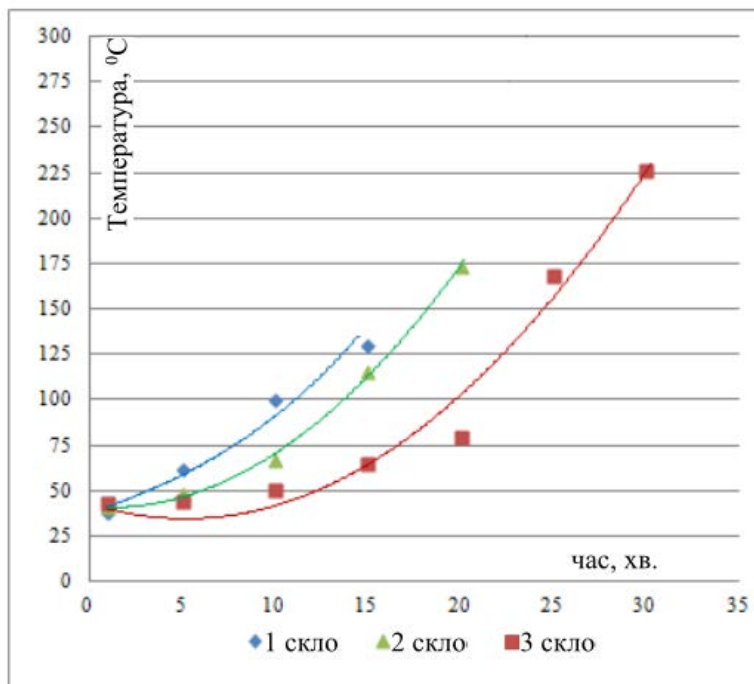


Рисунок 2.27 - Прогрівання склопакета віконного заповнення фасаду будівлі при розвиненій пожежі всередині приміщення

Руйнування загартованого скла міжповерхового поясу сталося через 3 хв після виходу пожежі на фасад будівлі, що підтверджує низьку стійкість загартованого скла при динамічному його нагріванні. Протягом однієї хвилини після руйнування віконного отвору на поверсі пожежі і виходу полум'я на фасад будівлі був опущений захисний екран на рівні віконного отвору першого поверху. Аналіз матеріалів фото-відеофіксації показав, що при опущеному захисному екрані висота полум'я знижується і не перевищує 1,5 м (рисунок 2.28).



Рисунок 2.28- Фіксація висоти полум'я при опущеному захисному екрані

Результати вимірювань температурних полів, що формуються вздовж площини фасаду будівлі.

На рисунку 2.29 представлена графічна залежність зміни температури в часі на рівні світлопрозорого заповнення віконного отвору другого поверху.

Висота полум'я без екрану - 3 м

Висота полум'я з екраном - 1,5 м (захисний екран опущений).

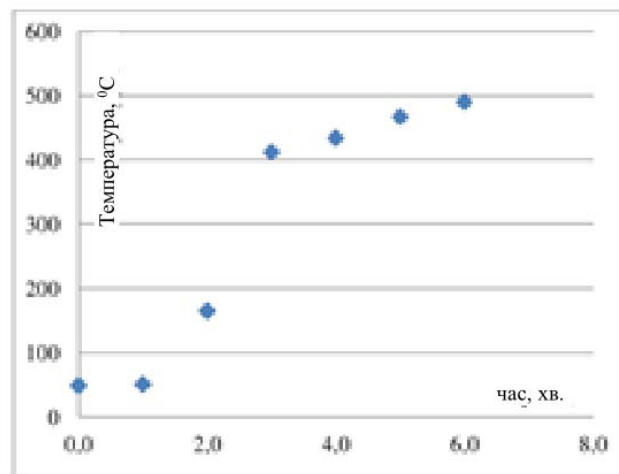


Рисунок 2.29 - Динаміка зростання температури в області світлопрозорого заповнення другого поверху

Аналізуючи отримані дані і порівнюючи їх з результатами першого випробування (рисунок 2.30) можна зробити висновок про зниження величини температури, що впливає на світлопрозоре заповнення другого поверху.

Експериментально встановлено, що критична температура в області світлопрозорого заповнення віконного отвору, розташованого над поверхом пожежі, не перевищила критичних значень (650°C), фактично досягнута температура 490°C .

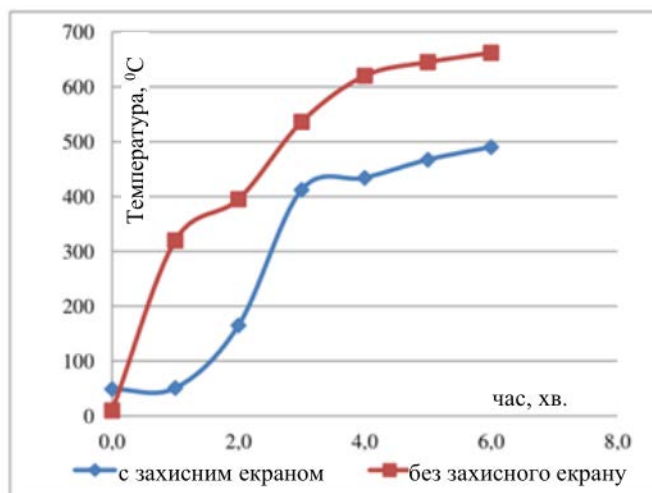


Рисунок 2.30 - Динаміка зростання температури на фасаді без захисного екрану і з ним

Значення температурних полів в зоні світлопрозорого заповнення віконного отвору другого поверху не сприяли повного руйнування склопакета, що візуально підтверджує рисунок 2.31.

Фотографії фасадів після вогневих випробувань без захисту і з захистом, представлені на рисунку 2.31, наочно показують ефективність пропонованих способів обмеження поширення пожеж зі світлопрозорих фасадів будівель.



а)



б)

Рисунок 2.31- Наслідки впливу пожежі на світлопрозорий фасад будівлі а) без захисту б) з захистом, що обмежує поширення пожежі

Очевидно, що запропонований спосіб обмеження поширення пожежі, заснований на зниженні площі віконного прорізу, через який полум'я пожежі виходить на фасад будівлі, показав свою ефективність, що підтверджено результатами натурного вогневого випробування.

2.4. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

2.4.1 Область застосування

Система утеплення являється не несучим будівельним елементом будівлі і представляє собою багат шарову конструкцію, яка складається з наступних елементів:

- розчину клейової суміші для кріплення плитного утеплювача до зовнішньої поверхні огорожуючих конструкцій;
- плитного утеплювача, який кріпиться до зовнішньої поверхні огорожуючих конструкцій, за допомогою розчину клейової суміші і механічного кріплення;
- допоміжних елементів з перфорованих будівельних профілів, з легких не корозійних металів, або пластика в комбінації з армувальною сіткою з скловолокна;
- ущільнюючих і герметизуючих матеріалів, які служать для ущільнення і герметизації місць примикань теплоізоляційного шару до віконних і дверних прорізів, місць з'єднання
- теплоізоляційного шару з конструкціями покрівлі, а також для улаштування деформаційних швів в теплоізоляційному шарі;
- гідрозахисного шару, армованого лугостійкою штукатурною склотканевою сіткою, який служить для зміцнення системи і для захисту плитного утеплювача від механічних і атмосферних дій;
- декоративно-захисного шару, який посилює захисну дію гідрозахисного шару і являється зовнішнім оздобленням поверхні системи утеплення.

2.4.2 Визначення складу робіт

До складу робіт, що розглядаються технологічною картою, входять наступні процеси:

- очищення поверхні огорожуючих конструкцій від пилу та забруднень;
- укладання та закріплення теплоізоляційних плит;
- влаштування гідрозахисного шару, армованого лугостійкою сіткою із скловолокна;
- нанесення декоративно-захисного шару.

Система призначена для фасадної теплоізоляції зовнішніх огорожуючих конструкцій при новому будівництві, реконструкції та капітальному ремонті будівель і споруд різного призначення.

Роботи на об'єкті повинні проводитись відповідно до заздалегідь розробленого проекту виробництва робіт, робочих креслень, відповідно з вимогами ТУ У В.2.7-45.3-239795576-004:2006.

2.4.3 Організація і технологія виконання робіт

Утеплення стінових конструкцій здійснюється відповідно до технологічних рішень, прийнятих після варіантного опрацювання проекту. Роботи по улаштуванню зовнішньої теплоізоляції стінових конструкцій доцільно проводити в теплий період року, при температурі повітря від плюс 5°C до плюс 30°C, при цьому захищаючи фасади від попадання прямих сонячних променів, вітру і атмосферних опадів. Роботи проводяться захватками, по потоковому методу. Розмір захватки вибирається залежно від застосовуваних засобів підмоцнення [34].

Засоби підмоцнення вибираються залежно від розмірів будівлі і допустимих навантажень. При висоті будівель до п'яти поверхів можуть застосовуватися пересувні і приставні риштування; для будівель від п'яти до

дев'яти поверхів – приставні риштування; при висоті будівлі понад дев'ять поверхів – комбіновані риштування.

Для зниження трудомісткості і підвищення інтенсивності виконання робіт при улаштуванні системи зовнішньої теплоізоляції рекомендується використовувати швидко монтовані пересувні риштування, а також модульні та рамні, торгової марки «БудМайстер».

Рамні риштування швидко монтуються, забезпечуючи високу стійкість «сітки» риштувань, а при використанні додаткових елементів (консолі, ферми та ін.) дозволяє змінювати робочий простір і додавати конструкції риштувань необхідну конфігурацію. Модульні риштування дозволяють максимально копіювати геометричну форму будівель.

Риштування необхідно встановлювати на відстані від стіни, рівній товщині утеплювача плюс 45 см. Елементи кріплення необхідно встановлювати з невеликим нахилом вниз, для запобігання попадання дощової води всередину утеплювача.

Установлення риштувань здійснюється відповідно до паспорту, відомості комплектування і вказівок по експлуатації, а також відповідно до вимог СНиП III-4-80 та ГОСТ 27321-87 [6].

Виконання технологічних процесів на захватці можна організовувати у вертикальному напрямі (по вертикально-висхідній і вертикально-низхідній схемі) або горизонтальному (по горизонтально-висхідній або горизонтально-низхідній схемі). Роботи за схемою у вертикальному напрямі проводяться в основному з підвісних люльок і пересувних риштувань, за схемою в горизонтальному напрямі – з приставних або пересувних риштувань.

Склад бригад для виробництва робіт по утепленню стінових конструкцій приймається залежно від конструктивно-технологічних рішень по теплозахисту, термінів виконання робіт, засобів підмоцнування, механізмів для подачі матеріалів і т.п.

Для ефективної організації виробництва робіт рекомендується комплектувати бригади фахівцями відповідної кваліфікації, здатними

суміщати виконання підготовчих, загальних і спеціальних робіт по улаштуванню системи, із забезпеченням безперервності і якісного виконання всіх етапів технологічного процесу [32].

Роботи по улаштуванню системи зовнішньої теплоізоляції огороджуючих конструкцій поділяються на підготовчі і основні.

До підготовчих робіт відносяться:

- улаштування тимчасових огорож і навісів над входами в будівлю;
- обрізання дерев (при необхідності);
- доставка будівельних матеріалів і конструкцій на будівельний майданчик, їх складування;
- установка засобів риштування, їх розбирання і пересування на наступну захватку;
- установка і розбирання підйомно-транспортного устаткування;
- очищення фасадів від пилу і забруднень;
- приготування розчинів, фарб.

До основних робіт відносяться:

- укладання і приклеювання теплоізоляційних плит;
- механічне кріплення теплоізоляційних плит;
- посилене армування віконних і дверних прорізів, виступаючих частин будівлі;
- улаштування гідрозахисного шару і армування його склосіткою;
- улаштування декоративно-захисного шару;
- фарбування фасаду (якщо передбачено проектом).

На об'єкті, що будується, до початку робіт по улаштуванню теплоізоляції повинні бути виконані:

- загальнобудівельні і монтажні роботи;
- улаштування покрівлі та її гідроізоляція;

- установка віконних і дверних блоків;
- скління вікон і балконних дверей або установка склопакетів;
- закладення і герметизація швів між блоками або панелями на фасаді будівлі; закладення місць сполучення віконних, дверних балконних блоків з елементами огорожуючої конструкції;
- прокладення всіх комунікацій і улаштування комунікаційних каналів.

Застосовувані при виробництві теплоізоляційних робіт розчинові суміші, фарби можуть готуватися на будівельному майданчику або постачатися вже готовими.

Складування матеріалів, складових елементів системи теплоізоляції повинно здійснюватися в приміщеннях приоб'єктних складів або в будівлі, що підлягає утепленню.

Планування будівельного майданчика повинно бути розроблене в проекті виробництва робіт, і відповідати вимогам СНиП III-4-80 [7].

При облаштуванні будівельного майданчика, роботи повинні виконуватися з урахуванням всіх можливостей прилеглої території, тимчасових і капітальних споруд. При цьому повинні дотримуватися правил техніки безпеки.

2.4.4 Послідовність виконання робіт

Роботи по улаштуванню системи зовнішньої теплоізоляції житлових і цивільних будівель виконують в такій послідовності:

- підготовка основи;
- закріплення перфорованих цокольних профілів до нижньої частини будівлі по його периметру;
- ґрунтування підготовленої поверхні зовнішніх огорожуючих конструкцій;
- приготування розчину клейової суміші;
- нанесення розчину клейової суміші на поверхню плит утеплювача і приклеювання їх до поверхні огорожуючих конструкцій;
- закріплення плит утеплювача дюбелями;

- приготування розчину гідрозахисної суміші;
 - посилення кутів віконних і дверних отворів армувальними елементами із склосітки;
 - нанесення розчину гідрозахисної суміші на поверхню теплоізолюючого шару;
 - закріплення перфорованих кутиків по торцях будівлі, а також по периметру всіх віконних і дверних прорізів;
 - армування гідрозахисного шару сіткою із скловолокна;
 - ґрунтування поверхні гідрозахисного шару;
 - приготування розчину для улаштування декоративно-захисного покриття;
 - нанесення оздоблювального розчину на поверхню фасаду;
 - улаштування деформаційних швів в місцях передбачених проектом;
- заповнення деформаційних швів і місць примикань плит до віконних і дверних рам герметизуючим матеріалом;
- закріплення в нижніх частинах віконних отворів металевих козирків;
 - фарбування поверхні.

2.4.2 Калькуляція трудовитрат та заробітної плати

Калькуляція працевитрат та заробітної плати розрахована за новими розцінками 2018 року, з урахуванням 7 розряду робіт та відповідних коефіцієнтів на даний вид робіт. Комплекс робіт в даному розділі проводимо влаштування утеплення зовнішніх огорожуючих конструкцій.

Калькуляція працевитрат та заробітної плати на влаштування зовнішнього утеплення складається у табличній формі (табл. 2.4). Відомість матеріалів – таблиці 2.5 -2.6.

Таблиця 2.4 – Калькуляція працевитрат та заробітної плати

Об'єкт ування	Назва робіт	Одиниці виміру	Об'єм робіт	Норма часу на од. вим.,		Трудовитрати	
				люд/го д	маш/го д	люд/го д	маш/го д
1	2	3	4	5	6	7	8
Хронометраж	Установка і розбирання трубчастих риштувань для зовнішніх робіт	100 м ²	-	72,5	-	72,5	-
	Стісування нерівностей і виступів	100 м ²	17,88	124	-	801,04	-
	Очищення стін від пилу	100 м ²	17,88	12,0	-	77,52	-
	Ґрунтування поверхні	100 м ²	17,88	3	-	19,38	-
	Приготування розчину клейової суміші	100 кг	84	0,8	0,2	67,2	16,8
	Установка цокольного профілю	100 м	6,5	27	5	175,5	32,5
	Нанесення клейового розчину на поверхню теплоізоляційних плит	100 м ²	17,88	30	-	195	-
	Приклеювання плит утеплювача	100 м ²	17,88	42	-	271,32	-
	Закріплення плит утеплювача дюбелями	100 м ²	17,88	12,6	-	81,90	-
	Ручне шліфування плит утеплювача, знепилення	100 м ²	20,72	2,4	-	15,51	-
	Установка перфорованих кутиків	100 м	39,78	13	-	83,98	-
	Улаштування посиленого армування в області віконних прорізів	100 м ²	17,88	10	-	64,6	-

Продовження таблиці 2.4

Улаштування армованого склосіткою шару	100 м ²	17,88	46	-	297,16	-
Нанесення другого шару розчинової суміші	100 м ²	17,88	31	-	200,26	-
Герметизація швів силіконовим герметиком	100 м ²	15,15	9,1	-	137,87	-
Ґрунтування поштукатуреної поверхні	100 м ²	20,72	3	-	19,38	-
Нанесення розчину декоративної штукатурки на поверхню стін	100 м ²	17,88	32	-	206,72	-
Надання фактури Нанесеному штукатурному шару	100 м ²	17,88	37,5	-	242,25	-

2.4.3 Технологічний розрахунок та графік виробництва робіт

Технологічні розрахунки складаються за даними калькуляції працевтрат та заробітної плати. Вони є основою для побудови графіка виконання робіт та графіку руху робітників.

Технологічний розрахунок та графік виробництва робіт розроблено та зображено на листі 7 графічної частини проекту.

У даному розрахунку об'єднують в один пункт всі можливі роботи тапо влаштуванню зовнішньої теплоізоляції, які виконуються одним потоком при не змінному складі монтажного обладнання, машин, механізмів, ланки робітників та одиниць вимірювання.

Загальні працевтрати на весь об'єкт складають 1897 люд.-зм та 285 маш.-зм. По працевтратам визначаємо тривалість виконання кожної з робіт. Під час визначення тривалості робіт враховують кількість робітників чи машин, які будуть виконувати роботу на об'єкті, а також кількість змін.

Середня кількість змін прийнята на об'єкті 1 зм. Тривалість робіт обов'язково підраховується до цілого числа з округленням отриманого числа в меншу сторону.

Загальна тривалість робіт по об'єкту за технологічним розрахунком становить 45,5 днів.

2.4.4 Техніко-економічні показники

Визначаючи техніко-економічні показники календарного графіку потрібно мати на увазі, що тривалість будівництва повинна бути меншою за нормативну та відповідати тривалості виконання робіт за календарним планом. Трудомісткість на одиницю кінцевої продукції визначається на 1 м³ будівлі або на 1 м², люд-зм/м³; люд-зм/м².

До техніко-економічних показників проекту відносяться:

1. Тривалість виконання робіт:

$$T_{\text{заг}} = 45,5 \text{ днів};$$

2. Трудомісткість виконання всього об'єму робіт:

$$Q_{\text{заг}} = 3029,1 \text{ люд-год};$$

3. Питома трудомісткість на одиницю об'єму робіт:

$$q = \frac{Q}{\text{итт}} = \frac{Q}{650} = \frac{3029,1}{650} = 4,66 \text{ (люд-год / м}^2\text{)};$$

4. Виробіток на одного робітника – це кількість продукції в натуральних показниках, яку виробив робітник за зміну:

$$B = \frac{V}{Q} = \frac{650}{3029.1} = 0,215 \text{ (м}^2 \text{ / люд} \cdot \text{год)}$$

2.4.5 Вимоги до якості і приймання робіт

Контроль якості виконання робіт передбачає систематичне спостереження за виконанням робіт в цілях з'ясування і забезпечення відповідності виконуваних робіт, застосовуваних матеріалів і напівфабрикатів вимогам конструктивних рішень, будівельних норм і правил, державних стандартів, технічних умов і інших діючих нормативних документів.

Якість системи теплоізоляції залежить від наступних чинників:

- від якості проектних рішень;
- від якості знань і підготовки робочих;
- від якості вживаних матеріалів і виробів;
- від ступеня дотримання технології виробництва робіт;
- від якості технічного контролю на всіх етапах процесу утеплення.

Контроль якості будівельних матеріалів, деталей, конструкцій і виконаних робіт здійснюють шляхом їх суцільної або вибіркової перевірки, а також випробувань зведених конструкцій.

Для контролю якості матеріалів відбирають проби відповідно до діючої нормативної на матеріали і визначають їх основні характеристики в лабораторії.

Контроль деталей і виробів здійснюється шляхом їх огляду, вимірювання розмірів, визначення маси одного погонного метру (перфоровані кутики і профілі, дюбелі і т.п.).

При контролі машин і механізмів встановлюють їх технічні характеристики, перевіряють роботу на холостому ході, при необхідності – роботу устаткування на експериментальній ділянці.

Контроль виробництва робіт проводиться систематично, і фіксується в журналі виконання робіт.

При виконанні робіт контролюють:

- умови виконання робіт – температуру, вологість, силу вітру;
- матеріали, використовувані при виконанні робіт, зокрема якість матеріалів, їх відповідність проектним вимогам і вимогам нормативної документації, дотримання правил транспортування і зберігання матеріалів;
- підготовку конструкцій до виконання робіт по утепленню будівлі, зокрема стан конструкцій будівлі перед початком робіт (наявність тріщин, сколів ребер і інших видів руйнувань конструкцій будівлі; стан деформаційних швів між конструкціями будівлі, а також швів в місцях примикання віконних і дверних блоків до огорожуючих конструкцій будівлі; наявність нерівностей на поверхні огорожуючих конструкцій будівель; повноту заповнення швів мурувальним розчином; міцність мурувального розчину; наявність жирових і бітумних плям, іржі, висолів і інших видів забруднення на поверхні огорожуючих конструкцій будівлі); розшивання і зарівнювання тріщин і інших видів руйнувань конструкцій будівель; очищення поверхонь конструкцій від виявлених забруднень; ремонт деформаційних швів між конструкціями будівель, ремонт гідрозахисних покриттів;
- виконання робіт по утепленню будівлі, зокрема дотримання технологічної послідовності виконання робіт, післяопераційний контроль всіх технологічних процесів, тривалість технологічних перерв при виконанні технологічних операцій, якість виконання кожного виду робіт – кріплення профілю до цоколя будівлі, розташування теплоізоляційних плит на фасаді будівлі, ширину швів між плитами, прилягання теплоізоляційних плит до ізолюваної поверхні, наявність клейового складу в швах між плитами, наявність нерівностей на стиках суміжних теплоізоляційних плит, улаштування гідрозахисного шару на теплоізоляційних плитах і приклеювання армувальної сітки, товщину шару розчину, правильність

додаткового кріплення теплоізоляційних плит дюбелями до огорожуючих конструкцій будівлі, правильність кріплення кутового профілю на вертикальних ребрах конструкцій будівлі, нанесення, товщину армованого шару, міцність зчеплення армованого шару з поверхнею плит, якість армованого шару (рівність, відсутність тріщин, а також різновтовщинності і висолів), якість оздоблювального шару; наявність, правильність установки і герметизації навісів в місцях віконних прорізів, правильність установки навісу в місцях з'єднання покрівлі і утепленого фасаду будівлі, ущільнення стиків між плитами утеплювача і віконними рамами [28].

При прийманні етапів робіт і оцінці якості робіт перевіряються:

- відповідність використовуваних матеріалів, виробів і деталей вимогам технічних рішень, інструкцій і вказівок по застосуванню, а також нормативно-технічній документації на матеріали;

- відповідність складу і об'єму виконаних робіт згаданим вище рішенням;

- ступінь відповідності контрольованих фізико-механічних, геометричних і естетичних показників вимогам використовуваних конструктивних рішень за відповідними видами робіт;

- своєчасність і правильність оформлення журналів виконання робіт і журналів виконання прихованих робіт;

- усунення недоліків, відмічених в журналах робіт в ході технічного нагляду за виконанням робіт.

Приймання в експлуатацію будівель з утепленими фасадами здійснюється згідно нормативних вимог.

До акту про остаточне приймання системи теплоізоляції повинні додаватися наступні документи:

- проектна документація;

- необхідні узгодження відповідних державних і відомчих органів нагляду;

- документи, що засвідчують якість матеріалів і комплектуючих виробів;
- акти приймання прихованих робіт;
- технологічний журнал виробництва робіт з вказівкою результатів поточного контролю нормованих параметрів улаштування системи;
- акти, що представляють результати випробувань елементів системи і системи в цілому;
- журнал (карту) авторського нагляду.

Перелік основних механізмів, устаткування, інструментів і пристосувань, використовуваних для улаштування 100 м² системи теплоізоляції наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Механізми, устаткування, інструментів і пристосування

Найменування устаткування, механізмів, інструментів, інвентарю і пристосувань	Марка, позначення нормативного документу	Кількість, шт.	Призначення	Коротка технічна характеристика
1	2	3	4	5
Риштування будівельні	ГОСТ 27321-87	Залежно від розміру будівлі	Проведення робіт по улаштуванню зовнішньої теплоізоляції	По паспорту
Дриль низькообертова з перемішуючою насадкою (міксер), насадка до міксера	ИЭ-1023А та ін.	1	Приготування розчинів сухих сумішей	Потужність приводу – 0,6кВт
Піскоструминний апарат	АБ 150Б та ін.	1	Очищення фасаду будівлі	По паспорту
Водяна гармата або фарбувальний агрегат високого тиску	Karher та ін. 7000Н та ін.	11	Промивка поверхні зовнішніх стінових конструкцій при підготовці до улаштування системи. Фарбування декоративно-захисного штукатурного шару	По паспорту, робочий тиск 2,5МПа, маса 75кг

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5
Шліфувальна машина (кутова)	ИЭ-2107, ИЭ-2110,9150 «SKIL»	1	Механічне очищення поверхні зовнішніх стінових конструкцій при підготовці до улаштування системи	По паспорту
Молоток-кирка	ГОСТ 11042	2	Підготовка поверхні	-
Розчинозмішувач	СО-46Б ИЭ-1511, ИЭ-3123	1	Приготування клейових, шпаклювальних іштукатурних розчинів	V _p =80л, потужність приводу - 1,5кВт, маса – 200кг
Електроперфоратор (різні насадки, набір свердел)	ИЭ-4717 та ін.	2	Свердлення отворів, установка кріпильних елементів	Потужність приводу – 0,5кВт; двошвидкісний (з регулюванням кількості обертів)
Свердла твердосплавні	D=(8-12) мм L=110-210 мм	3	Свердлення отворів	-
Пилосос промисловий	SE60E та ін.	1	Очищення поверхні від пилу, продування отворівпісля висвердлювання	По паспорту
Пістолет-фарборозпилювач	СО – 72 (71) та ін.	1	Фарбування декоративно-захисного шару	По паспорту
Електролобзик	GST 6235 Е “KRESS” та ін.	2	Різання пінополістирольних плит утеплювача наробочому місці	Потужність приводу – 0,35 кВт, швидкість валу – від 250 об/хв
Пила-ножівка	ГОСТ 4156 [8]	3	Різання плит утеплювача	-
Відра поліетиленові або з іншогокорозійностійкого матеріалу і інші ємкості	ГОСТ 27324	12 (по фактичній потребі)	Приготування розчинових сумішей, подачарозчинів до місця виконання робіт	Ємність відер 10л, 20л,30л

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5
Щітка малярна	ГОСТ 10597 [9]	8	Зволоження, обробка (грунтування) поверхні	-
Скребок металевий		1	Очищення (зачищення) поверхні	-
Кельма з корозійностійкого матеріалу (кельма штукатурна)	ГОСТ 9533	5	Нанесення розчинової суміші	160, 180мм
Шпатель зубчатий з квадратними зубами	ГОСТ 10778	5	Розрівнювання клейової розчинової суміші	Розмір зуба 10мм
Шпатель кутовий зовнішній	ГОСТ 10778	2	Вирівнювання обштукатурених торців будівель	-
Шпателі металеві корозійностійкі	ГОСТ10778	1	Вирівнювання тріщин, поверхні основи приулаштуванні системи	-
Щітка сталева, щітка мідна	ГОСТ 10597	6	Очищення поверхні	-
Щітка	ГОСТ 10597	4	Знепилювання плит утеплювача	-
Лопата	ГОСТ 19596	2	Прибирання сміття	-
Шліфувальна терка	ГОСТ 2456	3	Шліфування поверхні	230x115мм
Ніж	ГОСТ 18975	3	Різання плит утеплювача	
Плоскогубці (гострогубці-кусачки)	ГОСТ 17439	5	Обрізання сітки, арматури на місці	
Рулетка металева	ГОСТ 7502-98	2	Розмічення поверхні зовнішніх стіновихконструкцій	
Лінійка металева	ГОСТ 427-75	3	Вимірювання плит утеплювача при різанні	Довжина: 300мм, 500мм, 1000мм
Валики малярні	ГОСТ 10831- 87	3	Формування фактури декоративного шару	-
Рівень	ГОСТ 9416-84 [10]	3	Відхилення від горизонталі	-
Вологоміри	ГОСТ 21196- 75 ГОСТ 25932- 83	1	Поверхнева вологість зовнішніх стіновихконструкцій	-
Набір щупів	ТУ 22-034 0221197-011- 91	1	Товщина шарів нанесених розчинів	-

На рисунку 2.32 зображена рулонна мінеральна вата



Рис. 2.32 – Рулонна мінеральна вата

Потребу в основних комплектуючих матеріалах, необхідних для улаштування системи скріпленої зовнішньої теплоізоляції наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Потреба у матеріалах для зовнішньої теплоізоляції

Найменування матеріалів та комплектуючих	Нормативні документи	Призначення (застосування) матеріалів, комплектуючих	Од. виміру	Витрата матеріалів, комплектуючих	
				100 м ² поверхні	на весь об'єм
1	2	3	4	5	6
Плита теплоізоляційна мінераловатна	ДСТУ Б В.2.7-97-2000 ДСТУ Б В.2.7-99-2000 [11]	Утеплювач, улаштування теплоізоляційного шару	м ²	110	715
Ґрунтуюча емульсія глибокопроникна «REX-GRUNT»	ТУ У В.2.6-45.3-23079576-004:2006	Ґрунтування підготовленої поверхні зовнішніх огорожуючих конструкцій (сильнопоглинаюча основа)	л	30	193,8
Ґрунтуюча емульсія глибокопроникна «UNI-GRUNT»		Ґрунтування гідрозахисного шару	л	15	96,9
Ґрунтуюча емульсія адгезійна		Ґрунтування підготовленої поверхні зовнішніх огорожуючих конструкцій (слабопоглинаюча основа)	л	20	129,2

Продовження табл. 2.6

1	2	3	4	5	6
Клейова суміш	ТУ У В.2.6- 45.3- 23079576- 004:2006	Кріплення фасадних мінераловатних плит	м ²	550	3553
Армувальна суміш		Улаштування гідрозахисного шару армованого лугостійкою склосіткою	кг	450	2907
Профілі цокольні з перфорованими пол ичками	ДСТУ Б В.2.6-3-95 [12]	Устрій опорної планки для кріплення першого ряду плит утеплювача	п.м.	від пери- метра будівлі	
Профілі кутові з перфорованими стінками		Зміцнення вертикальних ребер, віконних і дверних косяків, виступаючих кутів теплоізоляційного шару	п.м.	105	55125
Дюбелі втулки розпірні, дюбелі поліамідні для будівництва. Шурупи, шайби	ГОСТ 26998- 86ГОСТ 27320-87 [13]	Закріплення плит утеплювача на поверхні ізольованих конструкцій, закріплення цокольних профілів	шт.	900	5814
Ущільнюючі стрічки або прокладки пінополіетиленові	ГОСТ 25621-83	Ущільнення деформаційних швів в шарі теплоізоляції	п.м.	від пери- метра будівлі	
Армуюча лугостійка склосітка (штукатурна, панцирна)	ГОСТ 6943 [14]	Армування гідрозахисного шару	м ²	110	715
Герметик	ГОСТ 25621-83 [15]	Герметизація місць примикання плит утеплювача довіконних і дверних рам; деформаційних швів	мл./ п.м	від геоме- тричних розмірів	
Шпаклювальна суміш	ТУ У В.2.6- 45.3- 23079576- 004:2006	Улаштування зовнішнього декоративно-захисного шару	кг	265	1711,9
Штукатурка декоративна (зерно 2,5 мм)			кг	300	1938
Штукатурка декоративна (зерно 5,0 мм)			кг	600	3876
Штукатурка декоративна (зерно 1,5 мм)			кг	200	1292
Штукатурка декоративна (зерно 1,8 мм)			кг	380	2454,8
Штукатурка декоративна (зерно 2,5 мм)			кг	530	3423,8
Вода	ГОСТ 2874-82 [16]	Приготування розчинових сумішей	На підставі інструкції по використанню відповідних матеріалів		

Перелік допоміжних матеріалів необхідних для улаштування 100 м² системи теплоізоляції наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Перелік допоміжних матеріалів

Найменування матеріалів	Одиниця виміру	Витрата матеріалів на 100 м ² поверхні	Застосування
Сітка побутова	м ²	160	Захист риштувань, фасаду будівлі
Малярна липка стрічка	м.п.	10-12	При виконанні штукатурного шару
Самоклеюча стрічка	шт.	за необхідністю	Приклеювання поліетиленової плівки при захисті отворів
Плівка поліетиленова	м ²	50	Захист отворів та фасаду від опадів
Шкурка шліфувальна	м ²	6,0-7,5	Шліфування стиків і зачистка поверхні плит утеплювача

Організація і технологія виконання робіт по влаштуванню волейбольного майданчика.

Усі роботи з видалення рослинного покриву ущільнення ґрунту і повинні вестися з врахуванням того, що вся поверхня основи повинна бути рівною, ухил готового корита основи складає не менш 2,5 мм на кожні 3 м.

Влаштування основи повинно здійснюватись шляхом пошарового влаштування. При ущільненні ґрунту підстилаючих шарів катком вагою 12 тонн товщини ущільнюючих шарів не повинні перевищувати 30 см. Кожний шар необхідно ущільнити не менше 95%. Необхідне ущільнення ґрунту повинне досягатися 12-15 проходками катка по одному місцю.

Ущільнення щебеню повинно проводитися в два етапи з поливом з розрахунку 4-8 л/м². На першому етапі ущільнення слід виробляти легкими катками з гладкими вальцями за 2-3 проходи по одному місцю. На другому етапі шар ущільнюється важкими катками з гладкими вальцями за 3-5 проходів по одному місцю. В обох випадках ущільнення ведеться до припинення утворення хвилі перед вальцями і слідів від катка. Після

закінчення кожного етапу ущільнення повинна проводитись перевіркою рівності і ухилів шару.

Техніка безпеки

Рухатися по похилій місцевості і працювати в темний час доби без освітлення не дозволяється. При роботі двох або більше машин або причіпних машин, які рухаються одна за одною, відстань між ними повинна бути не менше 5 м. Піднімати важкі частини бульдозера необхідно лише справними кранами, домкратами. Під час випадкових зупинок бульдозера необхідно пропускати відвал на землю для розвантаження канатів, щоб запобігти розриву.

До початку робіт ділянка повинна бути огорожена. Рух автомобілів переключається на попередньо підготовлений об'їзд.

Розробляються і доводять до водіїв транспортних засобів і дорожніх машин схему входу в робітничу зону і виходу автомобілів з зони, які підвозять будівельні матеріали. Така схема повинна забезпечувати безпеку людей, зайнятих на будівництві основи і покриття. При розвантаженні автомобілів – самоскидів не можна підходити до них, а якщо необхідно підійти то лише дочекавшись повної зупинки.

При одночасній роботі двох або декількох катків, які йдуть один за одним, відстань між ними повинна бути не менше 10 м. При зміні руху самохідних катків необхідно подавати звуковий сигнал.

В темну пору доби, ділянка, де проводяться роботи повинна бути добре освітлена. Машини повинні мати переднє і заднє сигнальне світло. Самохідні катки повинні обов'язково мати звуковий сигнал.

Позачерговий інструктаж з безпеки праці проводиться при перекладі робітників з одного об'єкта на інший, при зміні умов виконання робіт, порушення бригадою правил інструкцій з безпеки праці.

Робітники повинні бути забезпечені спецодягом і захисним обладнанням (респіратор, захисні окуляри) і відповідно до діючих норм.

У всіх небезпечних у пожежному відношенні місцях повинні бути встановлені щити з протипожежним інструментом, ящики з сухим піском (не менше 1 м³), совковими лопатами і вогнегасниками.

Перед початком робіт слід перевірити ручний інструмент, який повинен мати справні рукоятки, гладку поверхню і повинен бути щільно насаджений на металеві частини.

2.5 Організація будівництва

2.5.1 Аналіз архітектурно-конструктивних рішень проекту

Енергопостачання та водо забезпечення будівельного майданчика в процесі будівництва здійснюється від існуючих міських мереж, які проходять поблизу будівельного майданчика.

Основними споживачами електроенергії на будівельному майданчику є будівельні машини, механізми і установки, а також освітлення інвентарних будівель і майданчика.

Основними споживачами води на будівельному майданчику є також будівельні машини, механізми і установки, технологічні процеси, господарчо-побутові потреби та витрати води для зовнішнього пожежогасіння.

Тимчасові автомобільні шляхи проектуються на будівельному майданчику виходячи з умов вантажообігу і інтенсивності руху транспорту. У даному дипломному проекті прийнято ширину тимчасової дороги з одностороннім рухом 3,5 м.

2.5.2 Проектування та розрахунок календарного графіка виконання робіт

Роботи по зведенню об'єкту складаються з робіт підготовчого періоду, з робіт по влаштуванню підземної частини, з робіт по влаштуванню надземної частини, робіт з влаштування покрівлі та оздоблювальних робіт.

Підрахунки об'ємів робіт наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Відомість основних будівельно-монтажних робіт

Найменування виду робіт	Одиниця виміру	Норм. джерело	Формула підрахунку	Об'єми робіт
1	2	3	4	5
ПІДГОТОВЧИЙ ПЕРІОД				
Планування будівельного майданчику	1000 м ²	1-30-2	див. розділ 4 пункт 4.1.3	4,84
Влаштування тимчасових доріг	1 км		320 м	0,32
Влаштування тимчасового водопроводу	100 м		270	2,7

Найменування виду робіт	Одиниця виміру	Норм. джерело	Формула підрахунку	Об'єми робіт
Влаштування тимчасового огороження та тимчасових будівель	10 м ²		$360,3 + 697,85 = 1058,15$ м ²	105,815
Влаштування тимчасового електрозабезпечення	100 м		$2 \cdot (64,4 + 75,17) \cdot 2 = 558,28$	5,58

ПІДЗЕМНА ЧАСТИНА

Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами	1000 м ³	1-17-14	По проекту	1,997
Розробка ґрунту вручну	100 м ³	1169-2	По проекту	2,03

Транспортування ґрунту автосамоскидами на 2 км	т	С311-2	По проекту	3874
Заглиблення дизель-молотом на екскаваторі залізобетонних паль довжиною до 12 м у ґрунти	м ³	5-2-6	По проекту	124,58
Занурення паль l<16 м	м ³	5-2-8	По проекту	103,145
Вирубка бетону із арматурного каркасу	шт	5-10-1	По проекту	74
Влаштування опалубки на ростверк	100 м ²	6-8-1	302,4·0,9	2,72
Влаштування сіток	1 т	6-55-6	Згідно армування фундаментів	5,86
Влаштування фундаментів загального призначення до 5 м ³	100 м ³	6-1-6	По проекту	99,87
Влаштування фундаментів загального призначення до 10 м ³	100 м ³	6-1-7	По проекту	25,92

Найменування виду робіт	Одиниця виміру	Норм. джерело	Формула підрахунку	Об'єми робіт
Влаштування опалубки на фундаменту плити	100 м ²	6-8-1	$10,45 \cdot 9 + 0,9 \cdot (10,45 + 9) \cdot 2$	0,35
Влаштування арматури на фундаменту плити	т	6-55-6	В процентному відношенні	3,94
Влаштування фундаментної плити	100 м ³	6-1-16	$10,45 \cdot 9 \cdot 0,9$	0,846
Влаштування опалубки на фундаменту балку	т	6-55-6	В процентному відношенні	1,46
Влаштування фундаментних балок	100 м ³	6-18-1	$0,4 \cdot 0,6 \cdot 135,25$	0,315
НАДЗЕМНА ЧАСТИНА				
Кладка зовнішніх стін з утеплювачем	1 м ³	8-20-7	$83 + (53,812 + 40,20) \cdot 12 + 62,7 + 53,812 + 46,53 + 80,18 + 19,93$	1474
Кладка перегородок	100 м ²	8-7-5	$629 + 271,5 \cdot 12 + 243,8 + 140 + 42,83$	43,14
Влаштування перемичок 0,3-0,7 т	100 шт	7-11-1	$1,5 \cdot 380 + 2 + 178 + 414 + 555$	15,29
Влаштування перемичок до 1,5 т	100 шт	7-11-3	1,5	10
ПОКРІВЛЯ				
Влаштування гідроізоляції обклеювальної та обмазувальної	100 м ³	11-4-5	По проекту	12,18
Теплоізоляція	1 м ³	11-8-3	$0,3 \cdot 1218$	365,

				4
Влаштування бетонних стяжок	100 м ²	11-11-3	По проекту	12,18
Влаштування покрівлі рулонної плоскої на бітумній мастиці	100 м ²	12-2-1	По проекту	12,18
ПІДЛОГИ				
Ущільнення ґрунтущебенем	100 м ²	11-1-2	По проекту	10,33
Влаштування гідроізоляції	100 м ²	11-1-3	По проекту	72
Влаштування теплоізоляції	1 м ³	11-8-3	По проекту	715,53
Влаштування стяжки	100 м ²	11-1-1	По проекту	72
Влаштування бетонної підлоги	100 м ²	11-14-2	По проекту	10,33
Влаштування покриття з лінолеуму	100 м ²	11-36-1	По проекту	10,43
Влаштування покриття із керамічних плиток	100 м ²	11-27-3	По проекту	4,77
Влаштування паркетної підлоги	100 м ²	11-34-3	По проекту	20,66
Влаштування мозаїчних підлог	100 м ²	11-17-2	По проекту	20,66
ОЗДОБЛЕННЯ ВНУТРІШНЄ				
Влаштування дверних блоків	100 м ²	10-26-4	По проекту	16,36
Влаштування віконних блоків	100 м ²	10-18-3	По проекту	5,34

Штукатурення внутрішніх поверхонь стін	100 м ²	15-72-1	По проекту	199,3
Облицювання стін штучними плитками в середині приміщень	100 м ²	15-17-1	По проекту	59,37
Шпаклювання стін імпортовою шпаклівкою	100 м ²	15-183-1	По проекту	232,49
Шпаклювання стелі імпортовою шпаклівкою	100 м ²	15-183-2	По проекту	84,3
Фарбування стін водоємульсійними фарбами	100 м ²	15-180-7	По проекту	53,8
Фарбування стелі водоємульсійними фарбами	100 м ²	15-180-8	По проекту	84,3
Пофарбування масляною фарбою стін	100 м ²	15-163-8	По проекту	6,41
ВЛАШТУВАННЯ ВИМОЩЕННЯ ТА ГАНКІВ				
Влаштування підстиляючого шару	м ³	8-3-1	172,56·0,2	34,6
Влаштування асфальтового покриття	100 м ²	11-19-1	2·(28,8·3)+37,6+2·1,2	1,73

Для побудови графіка виробництва робіт за даними таблиці 9 розраховуємо кошторисні працевитрати з використанням програми АВК-5 3.0.6. кількісні і якісні параметри будівельних потоків визначаємо у формі таблиці за отриманими параметрами виконуємо побудову календарного плану.

2.5.3 Проектування будівельного генерального плану

Розрахунок і проектування тимчасових адміністративних та господарсько-побутових будівельних споруд

Тимчасові будівлі і споруди на будівельному майданчику розрізняють трьох основних груп: 1-адміністративні, 2-господарсько-побутові і 3-складські. Вони необхідні для задоволення як потреб робітників так і для раціональної організації будівництва об'єкта в цілому. Площі будівель і споруд розраховуються згідно з встановленими вихідними даними виробничих потреб [32].

Адміністративні та господарсько-побутові будівлі розраховуються і проектуються в залежності від загальної чисельності працюючих на будівельному об'єкті.

1. Визначаємо загальну кількість робітників працюючих на об'єкті за формулою 2.1:

$$N_{\text{заг}} = 0,89(N_p + N_{\text{інт}} + N_{\text{моп}} + N_{\text{ст}}), \quad (2.1)$$

де 0,89 – коефіцієнт виходу на роботу; N_p – максимальна кількість робочих за графіком руху робочих кадрів, чол.); $N_{\text{інт}}$ – кількість інженерно-технічних працівників, яка приймається в кількості 8% від N_{max} , чол.; $N_{\text{моп}}$ – кількість молодшого обслуговуючого персоналу, яка приймається у кількості 2,5 % від N_{max} , чол.; $N_{\text{ст}}$ – кількість службовців, яка приймається у розмірі 5% від N_{max} , чол. $N = 28$ чол., тоді $N_{\text{заг}} = 0,89 \cdot (60 + 5 + 2 + 3) = 63$ чол.

2. За отриманими даними розраховуємо площі тимчасових будівель і споруд.

Контора будівельної дільниці (виконробська з диспетчерською) розраховуються, виходячи із кількості інженерно-технічних працівників та молодшого обслуговуючого персоналу з розрахунку 5 м² площі на одного працівника.

$$S_1 = 5 \cdot \sum (N_{imp} + N_{мон}) \quad (2.2)$$

$$S_1 = 5 \cdot (5 + 2) = 35 \text{ м}^2$$

Площу гардеробних з умивальниками розраховуємо, виходячи з максимальної кількості робітників, з розрахунку 0,7 м² на одного працюючого.

$$S_2 = N_{max} \quad (2.3)$$

$$S_2 = 60 \cdot 0,7 = 42 \text{ м}^2$$

Площа душових приміщень визначається з розрахунку 0,4 м² на одного працюючого від суми максимальної кількості робочих (за графіком руху робочих кадрів) та кількості службовців.

$$S_3 = 0,54 \cdot N_{max} \quad (2.4)$$

$$S_3 = 63 \cdot 0,4 = 25 \text{ м}^2$$

Площа приміщень для прийому їжі розраховується із розрахунку 0,8 м² на одного працюючого для загальної кількості працюючих на об'єкті.

$$S_4 = N_{заг} \cdot 0,8 = 63 \cdot 0,8 = 50,4 \text{ м}^2 \quad (2.5)$$

Площа приміщень для сушіння одягу приймається з розрахунку 0,2 м² на одного працівника від загальної кількості робітників, які працюють на об'єкті.

$$S_5 = 0,2 \cdot N_{заг} = 63 \cdot 0,2 = 12,6 = 13 \text{ м}^2 \quad (2.6)$$

Туалети приймаємо з розрахунку 0,1 м² на одного працівника від загальної кількості робітників, що працюють на об'єкті, але не менше 2-х відділень окремо для кожної статі і не менше 2,16 м² площі.

$$S_7 = 0,1 \cdot N_{заг} = 0,1 \cdot 30 = 3 \text{ м}^2 > 2,16 \text{ м}^2 \quad (2.7)$$

$$S_7 = 0,1 \cdot N_{заг} = 63 \cdot 0,1 = 6,3 > 2,16 \text{ м}^2$$

Проектування тимчасових будівель і споруд проводиться у відповідності із каталогами уніфікованих типових проектів інвентарних будівель і споруд, а також з урахованням величин розрахованих площ.

Розрахунки і проектування виконуємо в табличній формі таблиця 2.9. Прийнятий тип будівлі за площею і розмірами повинен бути більшим або рівним розрахунковим величинам.

Таблиця 2.9- Розрахунок і проектування тимчасових будівель

Назва будівлі	Кількість працюючих, чол.	Норма площ на одну людину, м ²	Розрахункова площа, м ²	Розміри, м	Кількість, шт.	Корисна площа, м ²	Шифр тип. проекту	Тип будівлі
Виконробська	7	5,0	35	2,7x9,0	2	24,3	420-04-47	пересувна
Гардеробні з умивальниками	62	0,7	43,4	2,7x18,0	1	48,6	420-01-08	пересувна
Душові	63	0,4	25,2	3,0x7,1	2	21,3	420-01-07	пересувна
Приміщення для прийому їжі	62	0,8	49,6	17x3,1	1	52,7	420-04-34	пересувна
Приміщення для відпочинку	62	0,1	6,2	3,0x6,7	1	20,1	420-04-29	пересувна
Сушилка	62	0,2	12,4	2,7x6,0	1	16,2	420-04-29	пересувна
Туалет	62	0,1	6,2	2,5x2	2	5	420-04-23	збірна

2.5.4 Розрахунок площ відкритих і закритих складів для будівельних конструкцій, матеріалів та виробів

Для визначення розмірів складів необхідно спочатку визначити об'єм матеріалів конструкцій і деталей, які повинні зберігатися на складі. Запас матеріалів, конструкцій і деталей на будівельному майданчику повинен

забезпечувати нормальний безперебійний хід будівництва і разом з тим не бути занадто великим.

Площу відкритого складу найбільш доцільно проектувати для складування дрібно-роздрібних конструкцій і виробів, які періодично використовуються в будівельному процесі.

Площу відкритого складу і його розміри розраховуємо в табличній формі з урахуванням добових витрат будівельних матеріалів і виробів:

Таблиця 2.10 - Розрахунок площі відкритих складів

Назва будівельних матеріалів, конструкцій або деталей	Одиниця виміру	Заг. кільк. буд. мат., конструкцій або деталей	максимальні витрати за добу	Прийнятий запас на складі, діб	Запас матеріалів у натур, показниках	Норма зберігання матеріалу на 1м ² складу	Розрахункова корисна площа складу, м ²	Коеф. на проходи	Розрахункова площа складу, м ²	Прийнята площа, м ²	Розміри відкрит. складу в плані, м
Сходові марші	м ²	55,3	3,4 5	1	3,45	0,6	5,75	0,4	14,4 7	15	5x3
Сходові марші	м ²	16,93	2,1 2	1	2,12	0,6	3,53	0,4	8,3	12	4x3
Цегла	тис. шт.	796,7	6	3	18	0,7	54	0,4	120	120	10x12

Тимчасовий закритий склад проектуємо згідно з каталогом інвентарних будівель і споруд. В дипломному проекті для закритого складу приймаємо інвентарну збірно-щитову будівлю з розмірами в плані: ширина - 5 м, довжина - 24 м, висота будівлі складу 3,5 м. Отже, площа закритого складу складає 120 м². Для зберігання окремих матеріалів планується використання трьох навісів розмірами 5x10 м, висотою 3,0 м.

2.5.5 Розрахунок і проектування мереж тимчасового водозабезпечення будівництва

Для проекту водозабезпечення будівельного майданчика запроєктовано від існуючої мережі магістрального водопроводу району забудови. Алгоритм розрахунку сумарних витрат води на потреби будівництва за зміну приводиться нижче:

1. Витрати води на господарсько-побутові потреби розраховуємо, виходячи із загальної кількості робочих.

2. Витрати води на виробничі потреби відповідно до даних наведеного прикладу: миття автомобілів - 7 шт.; поливання цегли – 796,7 тис. шт.; фарбування поверхонь водними розчинами – 13809,5 м².

3. Встановлюємо норми витрат води на 1 споживача та коефіцієнт нерівномірності водоспоживання і в табличній формі таблиця 2.11 виконуємо розрахунок загальної потреби води на будівельному майданчику.

Таблиця 2.11 - Розрахунок тимчасового водозабезпечення

Назва споживача	Одиниця виміру	Кількість	Норми витрат за зміну, л	Коеф. нерівномірності водоспож.	Загальні потреби води, л
I. ВИРОБНИЧІ ПОТРЕБИ					
Миття автомобілів	шт.	7	250	1,5	2625
Екскаватор з двигуном внутрішнього згорання	шт.	1	120	1,5	180
Бульдозер	шт.	1	350	1,5	525
Промивання щебеню	м ³	34,8	1000	1,1	38280
Поливання цегли	тис. шт.	796,7	250	1,1	219092
Малярні роботи	м ²	13810	6	1,5	124285

Штукатурні роботи	м ²	19931	8	1,5	239162
Поливання бетону	м ³	4133	300	1,5	1859839
Всього за розділом I					2483988
II. ГОСПОДАРСЬКО-ПОБУТОВІ ПОТРЕБИ					
Санітарно - госп. потреби	чол.	62	20	2	2480
Миття в душі	чол.	60	40	1	2400
Потреби при відсутності каналізації	чол.	63	15	1	945
Приймання їжі	чол.	63	15	1	945
Всього за розділом II					6770
III. ПОТРЕБИ ВОДИ НА ПОЖЕЖЕГАСІННЯ					
Пожежегасіння приймаємо за площею буд. майданчика до 2 га	л/с				10

Розраховуємо секундні витрати води в зміну:

- виробничі витрати води:

$$V_{вир} = \frac{\sum B_{вир} \cdot \kappa}{t \cdot 3600}, (\text{л/с}) \quad (2.8)$$

$$V_{вир} = \frac{2483988}{8 \cdot 3600} = 86,2 \text{ л/с},$$

де $t = 8$ годин - тривалість зміни.

Для будівельного майданчика площею до 10 га витрати води на пожежегасіння дорівнюватимуть - $V_{пож} = 10$ (л/с).

На господарсько-побутові потреби витрати води розраховуємо за формулою:

$$V_{госп} = \frac{\sum B_{госп} \cdot K}{t \cdot 3600}, (\text{л/с}) \quad (2.9)$$

Розрахункові сумарні секундні витрати води визначаємо:

$$q_p = B_{вир} + B_{госп} + B_{пож} = 86,2 + 0,24 + 10 = 96,44 \text{ л/с.}$$

Розрахунковий діаметр труб тимчасового водопроводу для водозабезпечення потреб будівництва розраховуємо за формулою:

$$\alpha = \sqrt{\frac{4 \cdot q_p \cdot 1000}{\pi \cdot v}}, \quad (2.10)$$

де q_p - розрахункові сумарні секундні витрати води, л/с; v -швидкість води в трубах, $v = 1,3$ м/с; $\pi = 3,14$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 15,11 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,3}} = 122 \text{ мм}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 96,44 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,3}} = 307 \text{ мм.}$$

Приймаємо тимчасовий водопровід $\varnothing 300$ мм.

2.6.6 Розрахунок і проектування мереж тимчасового електропостачання будівельного майданчика

В табличній формі (таблиця 2.12) складаємо перелік споживачів електроенергії та їх характеристики та розраховуємо максимальні сумарні витрати електроенергії для виконання будівельно-монтажних робіт по об'єкту. Під час вибору споживачів аналізуються усі можливі варіанти за графіком виконання робіт і графіком роботи машин і механізмів коли для потреб будівництва електроенергія буде споживатись в максимальній кількості [43].

Сумарну розрахункову потужність електроспоживачів на будівельному майданчику визначаємо, в кВт:

$$P = 1,1 \cdot \left(\sum \frac{P_c K_1}{\cos \varphi_1} + \sum \frac{P_m K_2}{\cos \varphi_2} + \sum P_{о.з.} K_3 + \sum P_{о.з.} K_4 \right) \quad (2.11)$$

$$P = 1,1 \cdot \left(\frac{121}{0,7} + 52,16 + 10,5 \right) = 260 \text{ кВт,}$$

де: 1,1- коефіцієнт, що враховує втрати потужності в мережі; P_c – силова потужність машини, кВт;

$P_T, P_{o.v.}, P_{o.z.}$ - потужності, що споживаються, відповідно на технологічні потреби, освітлення внутрішнє і освітлення зовнішнє, кВт; K_1, K_2, K_3, K_4 - коефіцієнти попиту, що залежать від споживача; $\cos \varphi_1, \cos \varphi_2$ – коефіцієнти потужності, що залежать від характеру, кількості та завантаження споживачів енергії.

Приймаємо підбираємо тимчасову трансформаторну підстанцію КТПН-72М-400, потужністю 400 кВт.

Таблиця 2.12 – Розрахунок електрозабезпечення будівельного майданчика

Споживачі	Одиниця виміру	Кількість	Встанов. потуж.	одиниці, кВт Загальні	потреби, кВт	Коеф. попиту	Розрах. потужн., кВт
СИЛОВІ СПОЖИВАЧІ							
Баштовий кран КБ-160.4	.	2	191	382	0,2	76,4	
Штукатурна станція «Салют-2»	.	1	26	26	1,1	28,6	
Електрокраскопулт СО-61	.	3	0,27	0,81	1,1	0,89	
Станок для різки паркету СО-70	.	2	0,6	1,2	0,2	0,24	
Шліфувальна машина СО-155	.	2	2,2	4,4	0,2	0,88	
Поверхневий вібратор ИВ-91	.	3	0,6	1,8	0,5	0,9	
Машина для нанесення бітумної мастики СО-122А	.	1	4,9	4,9	0,2	0,98	
Машина для наклеювання наплавленого руберойду СО-121	.	1	1,1	1,1	0,2	0,22	
Зварювальний апарат (ТЕД - 500)	.	1	32	32	0,35	11,2	
Всього за розділом I						121	
II. ОСВІТЛЕННЯ ВНУТРІШНЄ							
Адміністр. - господарські будівлі		213	0,3	64	0,8	51,2	
Закритий склад		120	0,1	12	0,8	0,96	
Всього за розділом II						52,16	
III. ОСВІТЛЕННЯ ЗОВНІШНЄ							

Охоронне освітлення	.	20	1,5	30	0,35	10,5
Всього за розділом III						10,5
Всього						184

2.7.7 Техніко-економічні показники проекту

1. Директивний термін будівництва, місяців. $T_d = 16$ місяців.
2. Фактичний термін будівництва, місяців $T_f = 15,3$ місяців.
3. Показник рівномірності будівельного потоку в часі:

$$K_1 = \frac{n_{\max}}{n_{cp}} = 60 / 25 = 2.4 \quad (2.12)$$

де: n_{\max} – максимальна кількість робочих в день, чол.; n_{cp} – середнє число робочих в день (чол.).

4. Показник компактності будгенплану:

$$K_2 = \frac{F_3}{F_B} = 1837,23 / 6470 = 0,28 \quad (2.13)$$

де: F_B – площа будівельного майданчика, або площа геометричної фігури по межі огороження, m^2 ; F_3 – площа забудови території будівельного майданчика;

$$F_3 = S_{\text{буд}} + S_{\text{тимч.буд.}} + S_{\text{скл}} + S_{\text{дор}} \quad (2.14)$$

$$F_3 = 529.2 + 436.5 + 150 + 721,53 = 1837,23 m^2$$

де: $S_{\text{буд}}$ – площа будівлі, що споруджується; $S_{\text{тимч.буд.}}$ – площа тимчасових будівель і споруд; $S_{\text{скл}}$ – площа відкритого складу; $S_{\text{дор}}$ – площа доріг та тротуарів.

5. Показник відношення площі тимчасових будівель до площі забудови:

$$K_3 = \frac{F_T}{F_3} = 436,5 / 1837,23 = 0,24 \quad (2.15)$$

6. Показник використання території під склади:

$$K_4 = \frac{F_{ск}}{F_{буд}} = (120 + 150) / 529,2 = 0,5 \quad (2.16)$$

де: $F_{ск}$ – площа відкритого і закритого складів, m^2 ; $F_{буд}$ – площа будівельного об'єкту.

7. Показник розвитку мережі тимчасових доріг:

$$K_5 = \frac{F_D}{F_{см} - F_з} = 721.53 / (6470 - 1837.23) = 0,16 \quad (2.17)$$

де: F_D - площа тимчасових всередині майданчиків автодоріг, m^2

2.6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Законодавство України покладає на всіх роботодавців обов'язок щодо забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці. Однак, стан охорони праці залишається незадовільним. Проблема виробничого травматизму є дуже гострою – щорічно на виробництві травмується близько 50 тисяч чоловік, з них 1,5 тисяч гинуть, понад 3,5 тисяч отримують професійні захворювання.

На думку іноземних фахівців, які за програмою МОП проводили дослідження в Україні, велика кількість нещасних випадків зі смертельними наслідками пояснюється п'ятьма основними причинами:

- незадовільною підготовкою робітників і роботодавців з питань охорони праці;
- відсутністю належного контролю за станом безпеки на робочих місцях та виконання встановлених норм;
- недостатнім забезпеченням працюючих засобами індивідуального захисту;
- повільним впровадженням засобів та приладів колективної безпеки на підприємствах;
- спрацьованістю (у деяких галузях до 80%) засобів виробництва.

Розробка заходів щодо захисту фасадної світлопрозорої конструкції від пожежі та створення моделі роботи фасадних конструкцій під дією вогневих навантажень здійснювалося відбувалася в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На працівника, згідно ГОСТ 12.0.003-74 [2], мали вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена чи понижена вологість повітря;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні:

- розумове перевантаження;
- перенапруга аналізаторів;
- статичне перевантаження.

Відповідно до особливостей дипломного дослідження, визначимо технічні рішення щодо безпечного виконання роботи під час облаштування фасадів та технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії у процесі створення моделі роботи фасадних конструкцій під дією вогневих навантажень.

2.6.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

При облаштуванні фасадів для забезпечення безпеки працівників необхідно врахувати вимоги низки нормативних документів, зокрема, таких як ДБН В.1.2-7-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека, ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення, ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

Під час облаштування фасаду виконуються такі роботи: експлуатація засобів підмоцнування, ручних машин та інструменту та опоряджувальні роботи.

Роботи, які виконуються на висоті, належать до категорії робіт з підвищеною небезпекою відповідно до переліку робіт з підвищеною небезпекою, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці № з0231-05 від 4.04.2017. Керівники робіт та працівники, які виконують такі роботи, повинні проходити професійний добір.

Роботодавці мають право проводити будівельно-монтажні роботи на висоті з використанням ССЗ за таких умов:

- наявності необхідних документів, які регламентують організацію та технологію виконання передбачених робіт;
- наявності інструкцій з охорони праці для видів робіт і професій, затверджених керівником підприємства;

- машини, механізми і пристрої, що використовуються при виконанні робіт на висоті, мають бути технічно справними, укомплектованими технічною документацією, пройти технічний огляд;
- запобіжні пояси та приладдя, що використовуються, повинні мати сертифікати відповідності, видані в порядку, встановленому законодавством;
- працівники, які виконують роботи з підвищеною небезпекою, повинні бути забезпечені засобами колективного та індивідуального захисту.

Роботи слід виконувати, якщо виробничі ділянки укомплектовані засобами пожежогасіння, медичною аптечкою, засобами індивідуального та колективного захисту, обладнанням та інструментами відповідно до технології проведення робіт тощо. У разі відсутності або несправності вищенаведеного обладнання, пристроїв та устаткування роботи виконувати не дозволяється.

До виконання робіт на висоті із застосуванням ССЗ допускаються особи, яким виповнилося 18 років та які пройшли професійний добір згідно з переліком робіт, де є потреба у професіональному доборі, медичний огляд відповідно до вимог положення про медичний огляд працівників певних категорій, навчання безпечним методам та прийомам робіт за затвердженою програмою в атестованих навчальних закладах для виконання робіт з підвищеною небезпекою, навчання та атестацію з протипожежної безпеки, попереднє спеціальне навчання на підприємстві відповідно до розробленого Положення з питань охорони праці, затвердженого наказом керівника підприємства, інструктажі з охорони праці (вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий), стажування на робочому місці під керівництвом кваліфікованого спеціаліста протягом не менше 5 робочих змін.

Перед тим, як здійснити підймання на висотну споруду або спускання з висотної споруди, керівникові і працівникові слід виконати огляд об'єкта та намітити схему підймання та спускання. У цьому разі можуть бути використані технічні засоби (телевізійні системи, біноклі тощо). Керівник робіт, перед підйманням на висотну споруду або спусканням з висотної споруди, зобов'язаний перевірити стан елементів споруди, які застосовуються для страхування.

Під час виконання робіт на висоті керівник робіт повинен забезпечити виконавців:

- засобами індивідуального захисту та ССЗ;
- додатковими засобами захисту у виробничій зоні, де рівень загазованості або інших шкідливих факторів перевищує встановлені значення граничнодопустимих концентрацій;
- вимикання передавальних радіоелектронних засобів (радіо, телевізійних, радіорелейних, радіотрансляційних, радіолокаційних);
- вимикання неізольованих струмопровідних частин діючих електроустановок з напругою вище 25 В, що перебувають під напругою, та мають відстань до місця роботи менше допустимої.

У разі виконання робіт з вогнем (електрозварювальних, газорізальних тощо), а також електричними інструментами, необхідно застосовувати запобіжні пояси (ПБ, ПЛ) зі стропом із сталевого каната або ланцюга.

Під час виконання робіт на висоті можуть виникати постійно діючі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- підвищена запиленість та загазованість;
- підвищена або знижена температура;
- підвищена вологість та вітер;
- підвищений рівень напруженості електромагнітного поля;
- недостатня освітленість;
- накопичення вибухонебезпечних газів і пилу;
- робота на відстані менше допустимої від неізольованих струмопровідних частин діючих електроустановок та інші.

У разі виникнення вказаних факторів необхідно вжити додаткових заходів безпеки, які зазначають у наряді-допуску. У разі виникнення аварії, пожежі або нещасного випадку працівники зобов'язані:

- негайно припинити роботу;
- сповістити керівника робіт або роботодавця;
- ужити (по можливості) заходів усунення небезпеки, що виникла;
- у разі нещасного випадку надати необхідну допомогу потерпілому;
- у всіх нещасних випадках викликати лікаря або відвезти потерпілих до лікарні.

У разі різкої зміни кліматичних умов або інших причин, які змінюють умови виконання робіт, роботу слід припинити. Працівників та обладнання і матеріали слід спустити з висоти.

У разі незадовільного почуття працівника керівник робіт повинен відсторонити його від роботи, і якщо працівник, який відчуває себе незадовільно, перебуває на висоті, керівнику робіт слід ужити заходів з евакуації його з висоти та викликати швидку медичну допомогу.

2.6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Мікроклімат

Розробка заходів щодо захисту фасадної світлопрозорої конструкції від пожежі та створення моделі роботи фасадних конструкцій під дією вогневих навантажень здійснювалося за допомогою використання теоретичних методів дослідження та відповідного програмного забезпечення. Визначимо технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії під час виконання цієї роботи.

Мікроклімат середовища суттєво впливає на стан організму людини, її працездатність протягом робочого дня. Показники температури, відносної вологості, швидкості руху повітря, теплового випромінювання нагрітих поверхонь характеризують клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення. В процесі трудової діяльності людина перебуває у тепловій взаємодії з виробничим середовищем.

Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а, до якої відноситься виконувана робота з моделювання роботи фасадних конструкцій під дією вогневих навантажень відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень наведені в табл.2.13.

Таблиця 2.13 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату в приміщенні передбачено: централізована парова система опалення, системи припливно-витяжної вентиляції та регулярне провітрювання та систематичне вологе прибирання. Вимірювання показників мікроклімату на робочому місці дослідника дає підстави стверджувати, що вони знаходяться в межах допустимих значень.

Склад повітря робочої зони

З метою створення нормальних умов виробничої діяльності необхідно забезпечити не лише комфортні метеорологічні умови, а й необхідну чистоту повітря. Одиниця об'єму чистого атмосферного повітря містять у собі такі компоненти: азот 78,08 %, кисень 20,94 %, вуглекислий газ 0,04 %, аргон та інші інертні гази 0,94 % і водяну пару. При такому складі повітря організм людини перебуває у нормальному фізіологічному стані. Внаслідок виробничої діяльності у повітряне середовище приміщень можуть надходити різноманітні шкідливі речовини, що використовуються в технологічних процесах.

Для нормальної роботи запиленість повітря не повинна перевищувати вимог викладених в ДСН 3.3.6.042-99. Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин для повітря робочої зони наведені у таблиці 2.15. Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.2.14).

Таблиця 2.14 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони.

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Озон	0,16	0,03	1
Вуглекислий газ (CO ₂)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Таблиця 2.15– Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Для забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється видалення шкідливих речовин, що потрапляють у повітря робочої зони, за рахунок механічної вентиляції. Кількість пилу, що наявна в приміщенні, зменшується за допомогою систематичного вологого прибирання [28].

Виробниче освітлення

Зоровий апарат людини бере участь у будь-якому трудовому процесі. Успішність зорової роботи в основному залежить від умов освітлення. Світло впливає не лише на функцію органу зору, але й на діяльність організму в цілому.

За достатнього освітлення прискорюється та покращується якість виконаної роботи оскільки легше помітити недоліки та брак, Встановлено пряму залежність працездатності від умов освітлення. Недостатня освітленість призводить до підвищення напруги функцій зорового аналізатора, швидкої втомленості, головного болю та може призвести до виробничої травми, Це може виникнути або у випадку осліплення очей робітника дуже яскравим світлом, або у випадку затруднення розрізнення частин машин, що рухаються, у разі недостатня освітленості.

Згідно ДБН В.2.5-28:2018 в приміщенні, де здійснюється робота за допомогою ПК необхідно застосувати систему комбінованого освітлення. Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та сумісному освітленні для роботи зазначені у таблиці 3.16:

Таблиця 2.16 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення	Комбіноване	Природне освітлення		Сумісне освітлення	
								Загальне	Верхнє або	Верхнє	і бокове
Високої точності	0,3 - 0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Природне освітлення у досліджуваному приміщенні здійснюється через вікно, орієнтовані на північний схід.

Штучне освітлення в приміщенні здійснюється системою загального рівномірного освітлення. Як джерела світла використовуються переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Для забезпечення нормованих значень освітленості у приміщенні двічі на рік здійснюється чищення віконного скла, раз в два місяці – очищення ламп від пилу та систематична заміна світильників, що перегоріли.

Виробничий шум

Насичення виробництва машинами і механізмами супроводжується інтенсивним шумом та вібрацією, які справляють негативний вплив на працездатність і здоров'я працівників. Механічні коливання вузлів і деталей викликають коливання повітря і сприймаються органами слуху людини як звуки. Комплекс хаотичних звуків, різних за частотою та інтенсивністю, які викликають неприємні суб'єктивні відчуття, називається шумом.

Вплив шуму на організм людини пов'язаний в основному із застосуванням нового, високопродуктивного устаткування, з механізацією й автоматизацією виробничих процесів, переходом на високі швидкості під час експлуатації верстатів та агрегатів. Джерелами шуму можуть бути двигуни, насоси, компресори, турбіни, пневматичні інструменти, молоти, дробарки, верстати та інші установки, що мають у своєму складі рухомі механізми та обертові деталі.

Допустимі рівні звукового тиску та рівні звуку L_A для приміщення, де виконувалася робота, наведені у таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного шуму.

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частинами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні передбачено використання звукопоглинаючих матеріалів.

Виробничі випромінювання

До найбільш небезпечних виробничих випромінювань відносять: іонізуючі, ультрафіолетові і лазерні випромінювання. Під час створення моделі роботи фасадних конструкцій під дією вогневих навантажень на працівника діє електромагнітне випромінювання (ЕМВ), що створюється ПК. ЕМВ через свою негативну дію на генофонд і здоров'я людини підлягають гігієнічному нормуванню згідно з вимогами ДСанПіН 3.3.6.096-2002.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань наведені в табл. 2.18.

Таблиця 2.18 - Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань.

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	10В / м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50см від поверхні відеомонітора	0,3 А / м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	20кВ / м
для дорослих користувачів	
для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих навчальних закладів	15кВ / м

Для забезпечення безпеки від дії ЕМВ використовують організаційні, інженерно-технічні та лікувально-профілактичні заходи.

Організаційні заходи: організація робочих місць, оптимальне розміщення технологічного устаткування, розробка гігієнічно-обґрунтованих режимів праці та відпочинку, зменшення часу перебування у зоні опромінення.

Технічні заходи: віддалення робочого місця від джерела випромінювання.

Лікувально-профілактичні заходи: періодичні медогляди.

Психофізіологічні фактори

У кожній професії є певні вимоги до психічних властивостей, станів здоров'я працівників. Звертають увагу на їх темперамент, характер, уважність, сприйняття, пам'ять, мислення, емоції, психомоторику, освіту, досвід, виховання та здоров'я, що визначають здібності, регулюють взаємовідносини між людьми і безпосередньо керують вчинками і діями.

Психофізіологічні фактори небезпеки – чинники, обумовлені особливостями фізіології та психології людини, що можуть завдати їй шкоди за певних обставин

Оцінка психофізіологічних факторів під час створення моделі роботи фасадних конструкцій під дією вогневих навантажень відповідно до гігієнічної

класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.

Загальні енергозатрати організму: до 174 Вт.

Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну): до 40 000.

Робоча поза: вільна зручна поза, можливість зміни пози («сидячи – стоячи») за бажанням працівника; перебування в позі «стоячи» до 40% часу зміни.

Нахили тулуба (вимушені, більше 30°), кількість за зміну: до 50 раз.

Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

– зміст роботи – творча діяльність, що вимагає вирішення складних завдань за відсутності алгоритму;

– сприймання інформації та їх оцінка – сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями.

Заключна оцінка фактичних значень параметрів;

– розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка.

Сенсорні навантаження:

– зосередження (% за зміну) – до 5-75%;

– щільність сигналів (звукові за 1 год) – до 150;

– навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80 %;

– спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) – 4-6 год.

– навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 16 до 20.

Емоційне навантаження:

ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Режим праці:

– тривалість робочого дня – більше 8 год;

– змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

За зазначеними показниками важкості та напруженості праці, робота, яка виконується належить до допустимого класу умов праці (напруженість праці середнього ступеня).

2.6.3 Розрахунок коефіцієнта протирадіаційного захисту приміщення торгової зали першого поверху

Оскільки приміщення, для якого проводитимемо розрахунок, знаходиться на першому поверсі будівлі, коефіцієнт протирадіаційного захисту розраховуватимемо за формулою:

$$K_3 = \frac{0,65 \times K_1 \times K_{CT}}{(1 - K_{III})(K_0 \times K_{CT} + 1)K_M}$$

Початкові дані:

1. Несучі стіни будинку з цегли (51 см), маса $1\text{ м}^2 - 725$ кг;
2. Подвійні перегородки (240 см), маса $1\text{ м}^2 - 180$ кг;
3. Перегородки з газоблоку (10 см), маса $1\text{ м}^2 - 90$ кг;
4. Маса 1 м^2 міжповерхового перекриття – 600 кг/м^2 .
5. Площа віконних прорізів: В2 – $2,4\text{ м}^2$; В3 – $3,36\text{ м}^2$; ВТ11 – $5,76\text{ м}^2$.
6. Площа дверних прорізів: 3 – $1,9\text{ м}^2$; 17 – $2,1\text{ м}^2$.
7. Висота підвіконників – $0,8$ м;
8. Площа підлоги для розрахунку приміщення – $63,42\text{ м}^2$;
9. Висота приміщення – $2,7$ м;
10. Плоскі кути:

Кут $\alpha_1 = 120^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна з цегли (51 см) площею $29,7\text{ м}^2$ з прорізом площею $8,16\text{ м}^2$.

Кут $\alpha_2 = 60^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна з цегли (51 см) площею $17,55\text{ м}^2$;
- подвійна перегородка (24 см) площею $17,55\text{ м}^2$;
- 2 перегородки (10 см) площею $17,55\text{ м}^2$.

Кут $\alpha_3 = 120^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна з цегли (51 см) площею $29,7\text{ м}^2$ з прорізом площею 3 м^2 ;
- стіна з цегли (51 см) площею $29,7\text{ м}^2$ з прорізом площею $13,62\text{ м}^2$.

Кут $\alpha_4 = 60^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна з цегли (51 см) площею $17,55\text{ м}^2$;

- перегородка (10 см) площею 17,55 м².

Визначаємо приведені маси стін і перегородок, розташованих проти плоских кутів.

Кут $\alpha_1 = 120^\circ$.

Зведена маса стіни з цегли (51 см) площею 29,7 м² з прорізом площею 8,16 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{8,16}{29,7} = 0,27, \quad G_{\text{пр}} = 725(1 - 0,27) = 525,8 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Сумарна зведена маса стін плоского кута α_1

$$G_{\Sigma}^1 = 525,8 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Кут $\alpha_2 = 60^\circ$.

Зведена маса стіни з цегли (51 см) площею 17,55 м²

$$G_{\text{пр}} = 725 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Зведена маса подвійної перегородки (24 см) площею 17,55 м²

$$G_{\text{пр}} = 180 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Зведена маса 2-х перегородок (10 см) площею 17,55 м²

$$G_{\text{пр}} = 2 \times 90 = 180 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Сумарна приведена маса стін плоского кута α_2

$$G_{\Sigma}^2 = 725 + 180 + 180 = 1085 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Кут $\alpha_3 = 120^\circ$.

Зведена маса стіни з цегли (51 см) площею 29,7 м² з прорізом площею 3 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{3}{29,7} = 0,1, \quad G_{\text{пр}} = 725(1 - 0,1) = 652,5 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Зведена маса стіни з цегли (51 см) площею 29,7 м² з прорізом площею 13,62 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{13,62}{29,7} = 0,46, \quad G_{\text{пр}} = 725(1 - 0,46) = 391,5 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Сумарна приведена маса стін плоского кута α_3

$$G_{\Sigma}^3 = 652,5 + 391,5 = 1044 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Кут $\alpha_4 = 60^\circ$.

Зведена маса стіни з цегли (51 см) площею 17,55 м²

$$G_{\text{пр}} = 725 \text{ (кг/м}^2\text{)} .$$

Зведена маса перегородки (10 см) площею 17,55 м²

$$G_{\text{пр}} = 90 \text{ (кг/м}^2\text{)} .$$

Сумарна приведена маса стін плоского кута α_4

$$G_{\Sigma}^4 = 725 + 90 = 815 \text{ (кг/м}^2\text{)} .$$

Сумарні приведені маси стін і перегородок

$$G_{\Sigma}^1 = 525,8 \text{ (кг/м}^2\text{)} ; G_{\Sigma}^2 = 1085 \text{ (кг/м}^2\text{)} ;$$

$$G_{\Sigma}^3 = 1044 \text{ (кг/м}^2\text{)} ; G_{\Sigma}^4 = 815 \text{ (кг/м}^2\text{)} .$$

Другий і третій кути, проти яких розташовані стіни і перегородки сумарною масою більше 1000 кг/м², при визначенні коефіцієнта K_1 , що враховує долю радіації після послаблення зовнішніми і внутрішніми стінами, виключаються, тоді

$$K_1 = \frac{360}{36 + \sum \alpha_i} = \frac{360}{36 + 180} = 1,67 .$$

За мінімальною сумарною масою стін $G_{\Sigma}^1 = 525,8 \text{ (кг/м}^2\text{)}$ визначаємо [] коефіцієнт $K_{\text{ст}}=38,5$.

За шириною будівлі визначаємо коефіцієнт, який враховує долю розсіювання випромінювання $K_{\text{ш}}=0,04$ (висота приміщення складає 2,7 м) [] .

Коефіцієнт K_0 , що враховує зниження поглинальної здатності зовнішніх стін за рахунок наявності в них віконних і дверних прорізів та проникнення в приміщення вторинного випромінювання, з врахуванням висоти від підлоги до вікон 0,8 м розрахуємо

$$K_0 = 0,8 \frac{S_0}{S_{\text{п}}} = 0,8 \frac{8,16}{63,42} = 0,1 ,$$

де $S_0 = 8,16 \text{ м}^2$ – площа віконних перерізів приміщення; $S_{\text{п}} = 63,42 \text{ м}^2$ – площа підлоги приміщення.

Коефіцієнт, що враховує зниження дози радіації в будівлі, розташованій в районі забудови, від екранувальної дії сусідніх споруд $K_{\text{м}}=0,55$ [29].

Отже коефіцієнт протирадіаційного захисту приміщення

$$K_3 = \frac{0,65 \times K_1 \times K_{CT}}{(1 - K_{Ш})(K_0 \times K_{CT} + 1)K_M} = \frac{0,65 \times 1,67 \times 38,5}{(1 - 0,04)(0,1 \times 38,5 + 1)0,55} = 16,3.$$

Розрахований коефіцієнт радіаційного захисту вказує на можливість перебування людей в даному приміщенні в разі виникнення радіаційного забруднення, тому для його використання в такій ситуації необхідно забезпечити наявність та фільтровентиляційної системи та можливість герметизації приміщення. В іншому випадку необхідно здійснити укриття людей в інших захисних спорудах або евакуювати їх в безпечні райони.

Висновки по 2 розділу

Висновки за результатами натурального вогневого випробування

1. Критерій руйнування склопакета залежить від кількості листів в склопакеті. Збільшення кількості листів збільшує, як критичну температуру руйнування кожного скла, так і час втрати цілісності склопакета при пожежі.

2. Захисний екран з вогнетривкого матеріалу, що зменшує площу віконного отвору, знижує температурний вплив на світлопрозоре заповнення поверху, розташованого над пожежею.

3. Встановлено, що зниження площі зруйнованого віконного отвору більш ніж на 2/3 знижує висоту виходить полум'я в 2 рази, що забезпечує збереження стійкості світлопрозорого заповнення і нерозповсюдження пожежі по фасаду висотного житлового будинку.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для визначення найбільш економічного варіанту необхідно виконати порівняння застосування фасадних світлопрозорих конструкцій:

- 1 варіант – використання світлопрозорих конструкцій без пожежного коробу.
- 2 варіант – використання пожежного коробу для збільшення пожежостійкості світлопрозорих конструкцій.

Металевим елементам обрамлення дверей і вікон варто приділяти підвищену увагу. При загорянні всередині будівлі язики полум'я будуть прагнути вирватися назовні і верхньому укусу доведеться нелегко. Облицювання навколо отворів повинне виконуватися з оцинкованих сталевих виробів з високим параметром вогнезахисту. Протипожежним коробом називають металеве обрамлення дверних і віконних прорізів. Спосіб кріплення деталей вогнезахисту - анкерний. Конструкція буває збірної і єдиною. Під металевий профіль закладається спеціальний прошарок з плит мінеральної вати. При загорянні вентиляваного фасаду вогню буде дуже складно проникнути у внутрішні приміщення будівлі.

Додатковими захисними заходами стає розміщення розтинів по всій висоті стін, коли через певні відстані встановлюються перешкоди для язиків полум'я. Дані заходи важливі, тому що загоряння мембрани загрожує руйнуванням всієї фасадної системи. Протипожежні відсічення призначені для часткового перекриття повітряного зазору в вентфасади.

Вироби з перфорацією затримують розпечені краплі будматеріалів, що плавляться.

Для кожного варіанту на основі витрат матеріалів та об'ємів робіт з допомогою програмного комплексу АВК-3 було складено „Локальні кошториси” (форма №4) (табл. 3.1, 3.2) для визначення кошторисної вартості робіт.

В даному випадку всі варіанти відрізняються строками експлуатації, кошторисною вартістю та експлуатаційними витратами у випадку впливу вологості. Варіанти вкладання інвестицій в основні фонди, що мають різні терміни служби, при порівнянні слід звести до зівставного вигляду шляхом

врахування додаткових інвестицій для того, щоб системи з коротшими термінами служби замінити новими. Розрахунок виконується за такою формулою:

$$P_v = K_v + \sum_{i=1}^t C_i : (1 + E_m)^i, \quad (3.1)$$

де P_v – приведені витрати на виробництво одиниці продукції об'єкта, що має великий термін служби, грн.;

C_i – річні експлуатаційні витрати у відповідні роки, грн/рік;

t – термін функціонування основних фондів з великим терміном служби, років;

K_v – обсяги інвестицій у будівництво об'єкта з великим терміном служби, грн.

Для основних фондів, що мають короткий термін служби:

$$P_k = K_1 + K_j : (1 + E_m)^j + \dots + K_m : (1 + E_m)^m + \sum_{i=1}^t C_i : (1 + E_m)^i, \quad (3.2)$$

де P_k – приведені витрати на виробництво одиниці продукції об'єкту з коротким терміном служби, грн;

K_1 – обсяг інвестицій у будівництво об'єкту з коротким терміном служби, грн;

K_j, \dots, K_m – обсяги інвестицій на зміну основних фондів з короткими термінами служби через $j \dots i$ років, грн;

Порівняння отриманих результатів дасть змогу вибрати економічно доцільний варіант, на який приходяться мінімальні приведені витрати.

Для порівняння варіантів приводимо їх до одного терміну 20 років і враховуємо ситуацію пожежі.

Варіант 1. Кошторисна вартість будівництва $K_1 = 0,844$ тис. грн. (локальний кошторис, табл. 5.1), річні експлуатаційні роботи $C_1 = 0,01$ тис. грн. Термін служби становить 20 років. Заміна в разі пожежі на 4 році 1,2 тис. грн.

Варіант 2. Термін служби становить 20 років. Кошторисна вартість будівництва $K2 = 2,767$ тис. грн. (табл.5.2). Річні експлуатаційні витрати $C2 = 0,01$ тис.грн.

Розв'язування

$$\begin{aligned}
 П1 &= 0,844 + 3,9:1,25^4 + 0,01:1,25^2 + 0,01:1,25 + 0,01:1,25^2 + \dots + 0,01:1,25^{20} \\
 &= 2,83 \text{ тис.грн.}
 \end{aligned}$$

$$П2 = 2,767 + 0,01:1,25 + 0,01:1,25^2 + \dots + 0,01:1,25^{20} = 2,81 \text{ тис. грн.}$$

Отримані дані свідчать про те, що використання пожежного коробу для збільшення пожежостійкості світлопрозорих конструкцій є економічним рішенням, так як цей варіант має найменшу приведену вартість, тобто найбільший економічний ефект у порівнянні з іншими варіантами.

Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1

Варіант 1

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 0,844 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,002 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 0,050 тис. грн.
Середній розряд робіт 4,1 розряд

Складений в поточних цінах станом на "" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
										на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ЕН10-20-1	Заповнення віконних прорізів готовими блоками площею до 1 м2 з металопластику в кам'яних стінах житлових і громадських будівель	100м2	0,01	81066,85 4050,46	242,34 143,58	811	41	2 1	191,33 8,107	1,91 0,08
Разом прямі витрати по кошторису							811	41	2 1		1,91 0,08
Разом будівельні роботи, грн.							811				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							768				
всього заробітна плата, грн.							42				
Загальновиробничі витрати, грн.							33				
трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.							0,24				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							8				
Всього будівельні роботи, грн.							844				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

		Всього по кошторису						844				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.						2				
		Кошторисна заробітна плата, грн.						50				

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірів

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-2

Варіант 2

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 2,767 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,005 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 0,114 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,6 розряд

Складений в поточних цінах станом на "24 жовтня" 2020 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										в тому числі заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ЕН10-21-2	Установлення пожежного коробу	100шт	0,04	46965,56	-	1879	53	-	70,31	2,81
					1333,08	-			-	-	-
2	ЕН10-20-1	Заповнення віконних прорізів готовими блоками площею до 1 м2 з металопластику в кам'яних стінах житлових і громадських будівель	100м2	0,01	81066,85	242,34	811	41	2	191,33	1,91
					4050,46	143,58			1	8,107	0,08
		Разом прямі витрати по кошторису					2690	94	2		4,72
		Разом будівельні роботи, грн.					2690		1		0,08
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					2594				
		всього заробітна плата, грн.					95				
		Загальновиробничі витрати, грн.					77				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					0,58				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					19				
		Всього будівельні роботи, грн.					2767				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

		Всього по кошторису						2767				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.						5				
		Кошторисна заробітна плата, грн.						114				

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Висновок по розділу 3

Виконано техніко економічне обґрунтування використання пожежного коробу для збільшення пожежостійкості світлопрозорих конструкцій. Для кожного варіанту порівняння складений локальний кошторис за допомогою кошторисної програми АВК. Пораховані приведені витрати для кожного варіанту, які включають кошторисну вартість влаштування підлоги, на річні експлуатаційні витрати. В результаті проведених розрахунків визначили, що найдоцільнішим варіантом є використання пожежного коробу для збільшення пожежостійкості світлопрозорих конструкцій.

Висновки

1. Розроблено алгоритм розрахунку необхідної і достатньої стійкості світлопрозорого заповнення на вищележачому поверсі щодо поверху пожежі, який можна застосовувати до висотних будівель.
2. Розроблено методику натурального вогневого випробування за оцінкою пожаростійкості світлопрозорих фасадних конструкцій. Методика ґрунтується на максимальному температурному режимі пожежі, площі руйнування віконного огороження приміщення вогнища пожежі і враховує швидкість висхідних повітряних потоків по висоті фасаду будівлі.
3. Визначено характер розподілу температурних полів при максимальному розвитку пожежі і повному руйнуванні віконного скління на поверсі пожежі. Встановлено, що при руйнуванні світлопрозорого віконного заповнення площею 4,8 м² і зовнішньому вертикальному повітряному потоці швидкістю 3 м / с висота полум'я пожежі, що вийшла на фасад будівлі, досягає більше 3-х м, а максимальна температура в області світлопрозорого заповнення другого поверху сягає 650 ° С.
4. Міжповерхових пояс висотою 1,2 м не перешкоджає поширенню пожежі при площі руйнування віконного отвору більше 1,82 м².
5. Встановлено, вплив площі розкритого віконного отвору на температурні поля по висоті фасаду над поверхом пожежі.
6. Доведено ефективність опускного захисного екрану як спосіб зниження (перекривання) площі віконного прорізу приміщення вогнища пожежі з метою зниження висоти полум'я і зниження інтенсивності теплового впливу на віконні конструкції вище поверху. Встановлено, що перекриття зруйнованого віконного отвору на 2/3 його висоти знижує висоту полум'я над поверхом пожежі в 2 рази.

Перелік джерел посилань

1. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». [Чинний від 2017-06-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2017. 7 с.
2. ДБН В.1.2-7-2008 «Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека». [Чинний від 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2017. 8 с.
3. Мешалкин Е. А. Обеспечение пожарной безопасности многофункциональных зданий // Строительная безопасность, М., РИА «Индустрия безопасности». 2006. 124–126 с.
4. Медведев В.А. Навесные фасады: коррозионная стойкость обязательна // Красная линия. 2006. №14. 30 с.
5. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерностроительный журнал. 2010. №5(15). 7-11 с.
6. Машенков А. Н., Чебурканова Е. В. Натурный эксперимент на стенде с навесным фасадом системы U-кон // Технологии строительства. 2006. № 7(48). 30–31 с.
7. Самар А.П., Онохов Е.Ю., Холупова О.В. Исследование пожарной безопасности зданий с навесными фасадами // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2013. №1. 353-362 с.
8. Обухова А.А. Навесные вентилируемые фасады: проблемы состояния нормативов и вопросы применения некоторых материалов // Вестник магистратуры. 2015. №6-1(45). 63-64 с.
9. Самар А.П., Холупова О.В. Исследование пожарной безопасности утеплений зданий // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2014. Том 3. 379-384 с.
10. Воробьев В.Н. Навесные фасадные системы: проблемы безопасности // Монография. 2011. 69 с.

11. Якубов С. Вентилируемые фасады и пожарная безопасность//Сантехника, отопление, кондиционирование. 2012. № 12. 86-87 с.
12. Мешалкин Е.А. Пожарная безопасность навесных вентиляруемых фасадов // Пожарная безопасность в строительстве. 2011. №3. 40-47 с.
13. ДБН В.1.2.7-2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. [Чинний від 2008-10-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 29 с. (Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів).
14. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-05- 01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2017. 30 с.
15. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2013-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 52 с.
16. Ватин Н.И., Голуб И.С., Нечаева Н.Ю. Силикатный кирпич в фасадных системах с воздушным зазором // СтройПРОФИЛЬ. 2008. № 5(67). 47-49 с.
17. Машенков А.Н. Исследование воздушного режима навесных вентиляруемых фасадов на экспериментальном стенде U-kon // Лучшие фасады и кровли. 2009. № 1(21).10-13 с.
18. Nizovtsev M.I., Belyib, V.T., Sterlygov A.N. The facade system with ventilated channels for thermal insulation of newly constructed and renovated buildings. Energy and Buildings. 2014. Vol. 75. Pp. 60–69.
19. Сапегина Е. А. Энергоэффективность системы навесного фасада с воздушным вентиляруемым зазором: дис. ... магистра техники и технологии: 17.06.09 // ГОУ СПбГПУ, кафедра «Технология, организация и экономика строительства». 35 с.
20. Gaillard L., Giroux-Julien S., Menezo C., Pabiou H. Experimental evaluation of a naturally ventilated PV double-skin building envelope in real operating conditions. Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications. 2012. 5 Pp.

21. Feng, X., Yang, H., Feng, X.Y., Jin, F.Y., Xia, G.Q. A review of research development of ventilated double-skin façade. Applied Mechanics and Materials. 2014. Pp. 709-713.
22. Табунщиков, Ю.А. Аэродинамика высотных зданий [Электронный ресурс] / Ю.А. Табунщиков, Н.В. Шилкин // «АВОК» – некоммерческое партнерство инженеров: сайт. – Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2662
23. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия: свод правил // НСИС ПБ: электронная база данных документов по пожарной безопасности – 2015 – № 2 114 – Режим доступа: [Электронный ресурс]: http://nsis.cleper.ru/Sp/13330/20_13330_2011.pdf
24. Зубкова, Е.В. Влияние водяного орошения на пожароустойчивость огнестойкого светопрозрачного заполнения строительных конструкций [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.26.03 / Зубкова Елена Владимировна. – М., 2015. – 182 с.
25. Грушевский Б.В., Котов Н.Л., Сидорук В.И., Токарев В.Г., Шурин Е.Т. «Пожарная профилактика в строительстве», М., СИ, 1989.
26. Казиев М.М. Некоторые аспекты пожаробезопасного применения светопрозрачных строительных конструкций в зданиях и сооружениях // Пожаровзрывобезопасность. – 2002. – №4. – С. 38-41.
27. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [чинний від 2011-11-01]. – Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123с.
28. ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [чинний від 2017-04-01]. – К., Мінбуд України, 2016. – 65с. – (національні стандарти України).
29. ДБН В.2.2-15-2005 «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення» [чинний від 2005-03-06]. – К., Держбуд України, 2005. – 54с.
30. Клинд Л., Клейн В. Стекло в строительстве. Свойства. Применение. Расчеты / Перевод с немецкого Глазунова П.И., Гусевой Т.Ф., Липкинда З.А. Под ред. Трохимовской И.П., Шехтера Ф.Л. – М.: Стройиздат, 1981.

31. Христофоров А.И., Христофорова И.А. Расчет физико-химических свойств стекол: Учеб. пособие. – Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та, 2004.
32. Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва: ДБН А.2.2-3-2004 [Чинний від 2004-07-01]. - К: Держбуд України, 2004. – 35 с.
33. Cuzzillo B.R., Pagni P.J. Thermal breakage of double-pane glazing by fire // Journal of Fire Protection Engineering. – 1998. – vol. 9. – No. 1. –1-11 P.
34. Shields T.J., Silcock G.W., Hassani S.K.S. The behavior of double glazing in an enclosure fire // Journal of Applied Fire Science. – 1997-98. – Vol. 7(3). – P. 267-286.
35. Казиев М.М., Дудунов А.В. Огнестойкие светопрозрачные конструкции // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – №2. – 53-55 с.
36. Подстригач Я.С., Осадчук В.А., Марголин А.М. Остаточные напряжения, длительная прочность и надёжность стеклоконструкций. – Киев: Наукова думка, 1991. 22 с.
37. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012-04-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2012.
38. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php
39. Сердюк В. Р., Ровенчак Т. Г. Розробка проекту виконання робіт для будівельного об'єкта: навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2002. 114 с.
40. Ушацький С. А. Організація будівництва: підручник. – Київ: Командор, 2007. 521 с. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ: Міненергобуд України, 2016. 52 с.
41. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2012-04-01]. Вид. офіц. Київ:

- Міненергобуд України, 2012.- 116 с. – (Система стандартів безпеки праці).
42. ДСН 3.3.6.037-99 «Система стандартів безпеки праці. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
 43. Охорона праці і промислова безпека у будівництві.: ДБН А.3.2-2-2009 [Чинні від 2012-04-01]. К: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. – 58с.
 44. ДСН 3.3.6-037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».
 45. Про затвердження Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки (Із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ N 927 (927-2012-п) від 10.10.2012 }[Чинний від 26 жовтня 2011 р. N 1107 постановою Кабінету Міністрів України. Редакція від 19.10.2012, підстава 927-2012-п] - К: Держбуд України, 2011. – 28 с.
 46. Методичні вказівки для визначення економічної ефективності витрат науково-дослідної частини в магістерських роботах студентів будівельних спеціальностей / Уклад. О. Г. Лялюк. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 41 с.
 47. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи магістрантами спеціальності 192 "Будівництво та цивільна інженерія" /Укладачі: І. В. Маєвська, Н. В. Блащук, М. М. Попович – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 38 с.
 48. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів: ДБН Д.2.7-2000 [Чинний від 2001-01-01]. – К., Держбуд України, 2001. - 239 с.

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри БМГА

к.т.н., доц. _____ В.В. Швець

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

НА НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

«Стійкість фасадних світлопрозорих конструкцій будівель при пожежі»**ПОГОДЖЕНО**

Керівник МКР,

к.т.н., доц. _____ М.М. Попович

Відповідальний виконавець,

магістрант _____ Є. Д. Гончарук

Вінниця 2021

1. Підстава для виконання роботи

Робота проводиться на підставі наказу ВНТУ від _____ 2021 року № _____

Дата початку роботи - 03.02.2021 р.

Дата закінчення роботи - 30.05.2021 р.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є визначення причини та наслідки загоряння фасадів з різних конструктивних матеріалів на прикладах реальних пожеж та моделювання, а також проаналізувати ризики, що виникають при пожежах даних систем.

Останнім часом в Україні все більше застосовуються світлопрозорі конструкції, які сприяють покращенню дизайну, інформативності та природному освітленню будинків та приміщень. Найпоширенішим елементом для улаштування світлопрозорих конструкцій (вікон, зовнішніх прозорих огорожувальних конструкцій, перегородок, елементів скління дверей та воріт тощо) є силікатне скло та матеріали на його основі (наприклад, прозорі будівельні блоки). Скло є міцним, довговічним та стійким матеріалом, якій не підвергається впливу навколишнього середовища, забезпечує інсоляцію приміщень, є енергоефективним та надає будівлі гарний естетичний вигляд.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. На основі проведених досліджень зроблено порівняння та обрано найефективніший спосіб захисту будівлі від пожежі. Робота буде проводитися у Вінницькому національному технічному університеті відповідно до кафедральної науково-дослідної теми «Стійкість фасадних світлопрозорих конструкцій будівель при пожежі».

Завдання досліджень:

- розробити алгоритм розрахунку необхідної і достатньої стійкості світлопрозорого заповнення на вищерозташованому поверсі щодо поверху пожежі при максимальному його розвитку;
- розробити методику натурного вогневого випробування за оцінкою пожежостійкості світлопрозорого фасаду висотного житлового будинку;

- встановити характер розподілу температурних полів по висоті фасаду висотного житлового будинку при максимальному ступені розвитку пожежі;
- встановити вплив міжповерхових поясів на поширення пожежі по світлопрозорих фасадах висотного житлового будинку;
- визначити вплив площі віконного прорізу на висоту полум'я вздовж площини фасаду будівлі.

Об'єктом дослідження приймають скло, що є негорючим матеріалом і не сприяє поширенню пожежі по фасаду, проте володіючи низькою стійкістю до дії високих температур, здатне руйнуватися на ранніх етапах пожежі, що може стати непрямою причиною поширення пожежі по фасаду будівлі внаслідок виходу полум'я назовні через віконний отвір. При руйнуванні віконного заповнення відбувається додаткове надходження кисню до вогнища пожежі, що збільшує швидкість вигорання горючого навантаження, при цьому продукти термічного розкладання, які не згоріли в обсязі приміщення, викидаються через віконні прорізи. Досліджувана конструкція призначається для влаштування світлопрозорих конструкцій в житлових будинках.

Предметом досліджень є дослідження стійкості світлопрозорого фасаду «конструкція - фасад» при пожежі.

Методи дослідження – при дослідженні стійкості світлопрозорих конструкцій використовувані лабораторні методи, з метою порівняння отриманих результати і встановлення їх достовірності на основі аналізу існуючих аналогічних рішень.

Узагальнений науковий результат – подальшого розвитку дістали методи дослідження стійкості світлопрозорих фасадів «конструкція - фасад» при використанні захисного екрану або протипожежного коробу.

Узагальнений практичний результат – запропонована конструкція захисного екрану після експериментальної перевірки та проведених розрахунків може бути використана в практиці будівництва.

3. Вихідні дані для проведення НДР

Передбачається використати відомі методики, конструктивні рішення та теоретично-експериментальні дані для аналізу роботи.

Під час проведення НДР будуть використані матеріали таких публікацій:

1. ДБН В.1.1-7:2016. «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». [Чинний від 2017-06-01]. Київ: Мінрегіон України, 2017. 7 с.
2. Мешалкин Е. А. Обеспечение пожарной безопасности многофункциональных зданий // Строительная безопасность, М., РИА «Индустрия безопасности». 2006. С. 124–126.
3. Машенков А. Н., Чебурканова Е. В. Натурный эксперимент на стенде с навесным фасадом системы U-кон // Технологии строительства. 2006. № 7(48). С. 30–31.
4. Самар А.П., Онохов Е.Ю., Холупова О.В. Исследование пожарной безопасности зданий с навесными фасадами // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2013. №1. С. 353-362.
5. Хасанов И.Р. Тепловые воздействия на наружные конструкция при пожаре//Пожарная безопасность. 2013. С. 16-26.
6. Клинд Л., Клейн В. Стекло в строительстве. Свойства. Применение. Расчеты / Перевод с немецкого Глазунова П.И., Гусевой Т.Ф., Липкинда З.А. Под ред. Трохимовской И.П., Шехтера Ф.Л. – М.: Стройиздат, 1981. С. 22-35.

4. Виконавці НДР

Організація –виконавець – кафедра БМГА ВНТУ.

Відповідальний виконавець - магістрант Гончарук Є. Д.

5. Вимоги до виконання НДР

У процесі виконання НДР слід використовувати методики, обладнання та пристосування, які пройшли апробацію та напрацьовані вітчизняними та зарубіжними дослідниками.

Вимоги нормативних документів ДБН та ДСТУ до розрахунку стійкості конструкцій повинні бути враховані в процесі теоретичних досліджень.

6. Етапи НДР і терміни її виконання

Етап	Назва та зміст етапу	Терміни виконання		Очікувані результати	Звітна документація
		початок	закінчен ня		
1	Огляд літературних джерел та їх аналіз.	03.02.2021	15.03.2021	Аналіз існуючих методів боротьби з пожежами в світлопрозорих конструкціях фасадів	Текст МКР ПЗ
2	Ефективні засоби та методи попередження розповсюдження пожежі по фасадним світлопрозорим конструкціям будівель.	18.03.2021	12.04.2021	Аналіз конструктивних параметрів зразків моделей	Установка для випробувань, Текст МКР ПЗ, Плакати
3	Аналіз результатів проведення експериментальних досліджень на моделях.	15.04.2021	26.04.2021	Результати експериментальних досліджень	Текст МКР ПЗ, Плакати

4	Перевірка економічної ефективності досліджень	29.04.2021	14.05.2021	Розрахунки	Текст МКР	ПЗ
---	---	------------	------------	------------	-----------	----

7. Очікувані результати та порядок реалізації НДР

Отримані в результаті випробувань дані дозволяють визначити, що критерій руйнування склопакета залежить від кількості листів в склопакеті. Збільшення кількості листів збільшує, як критичну температуру руйнування кожного скла, так і час втрати цілісності склопакета при пожежі.

Захисний екран з вогнетривкого матеріалу, що зменшує площу віконного отвору, знижує температурний вплив на світлопрозоре заповнення поверху, розташованого над пожежею.

Результати НДР можуть бути використані:

- проектно-конструкторськими організаціями при проектуванні світлопрозорих фасадів;
- в навчальному процесі при подальшому дослідженні роботи системи «фасад-будівля».

8. Матеріали, які подаються під час закінчення НДР та її етапів

Текст пояснювальної записки МКР та ілюстраційний матеріал у вигляді плакатів.

Підготовлена доповідь на науково-технічні конференції.

9. Порядок приймання НДР та її етапів

Подання результатів кожного етапу на розгляд наукового керівника.

Представлення остаточної редакції МКР на розгляд кафедри БМГА та рецензента.

Захист МКР на засіданні ДЕК.

10. Вимоги до розроблення документації

Звітна документація повинна містити: результати огляду літературних джерел, результати лабораторного моделювання, аналіз одержаних результатів, визначення економічного ефекту від впровадження результатів дослідження.

11. Вимоги щодо технічного захисту інформації з обмеженим доступом

У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з її технічного захисту не передбачаються.

Додаток Б
Картка-визначник

Назва робіт	Об'єм		Норм. дже-рело	Норма часу		Трудовитрати на весь об'єм				Кількісний склад виконавців	Кі-сть змін	Тривалість днів
	од. вимір.	кі- сть		маш-год	люд-год	маш-зм		люд-зм				
						нормат	прийн	нормат	прийн			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПІДГОТОВЧИЙ ПЕРІОД												
Планування будівельного майданчику	1000 м ²	2,45	E1-30-1	0,5	–	0,15	1	–	–	1	1	1
Влаштування тимчасових доріг	1 км	0,32	E27-99-1	1,18	–	3,2	4	–	–	4	1	1
Влаштування тимчасового водопроводу	100 м	2,7	E16-14-3	4,9	301	1,65	2	27,6	28	4	1	7
Влаштування тимчасового огороження та тимчасових будівель	100 м ²	10,58	E10-44-1	19,3	17,2	23,1	20	21,74	20	4	1	5
Влаштування тимчасового електрозабезпечен ня	100 м	0,558	E21-8-2	9,65	78,8	1,93	2	15,76	16	4	1	4
ПІДЗЕМНА ЧАСТИНА												

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Заглиблення дизель-молотом на екскаваторі залізобетонних паль довжиною до 12 м у ґрунти	м ³	124,58	Е5-2-6	2,45	5,14	0,07	0,07	0,23	0,22			
Занурення паль l<16 м	м ³	103,14 5	Е5-2-8	2,15	4,51	0,05	0,06	0,21	0,19			
Вирубка бетону із арматурного каркасу	шт	74	Е5-10-1	0,77	1,69	0,02	0,02	0,07	0,07			
Влаштування опалубки на ростверк	100 м ²	2,72	Е6-8-1	1,87	127,6	0,05	0,05	5,54	5,43			
Влаштування сіток	1 т	5,86	ЕД6-55-6	290	634	7,72	7,80	27,25	26,98			
Влаштування фундаментів загального призначення до 5 м ³	100 м ³	99,87	Е6-1-6	92,7	628,7	2,29	2,49	26,22	26,75			
Влаштування фундаментів загального призначення до 10 м ³	100 м ³	25,92	Е6-1-7	88,2	485,7	2,52	2,37	19,02	20,67			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Влаштування опалубки на фундаменту плити	100 м ²	0,35	ЕД6-8-1	1,87	127,6	0,05	0,05	5,59	5,43			
Влаштування арматури на фундаменту плити	т	3,94	Е6-55-6	0,71	8,32	0,02	0,02	0,35	0,35			
Влаштування фундаментної плити	100 м ³	0,846	Е6-1-16	53	259,5	1,31	1,43	10,60	11,04			
Влаштування опалубки на фундаменту балку	т	1,46	ЕД6-55-6	290	634,08	7,49	7,80	25,90	26,98			
Влаштування фундаментних балок	100 м ³	0,315	ЕД6-18-1	68,45	1595	1,88	1,84	66,52	67,87			
Всього							24		192	16	2	6

НАДЗЕМНА ЧАСТИНА												
Кладка зовнішніх стін з утеплювачем	1 м ³	1474	E8-20-7	1,04	9,54	2,79	2,88	52,32	53,94			
Кладка перегородок	100 м ²	43,14	E8-7-5	9,94	191,2	27,54	27,54	1070,31	1081,12			
Влаштування перемичок 0,3-0,7 т	100 шт	15,29	E7-11-1	53,8	117,9	140,09	149,03	653,32	666,66			
Влаштування перемичок до 1,5 т	100 шт	10	E7-11-3	65,9	162,4	188,03	182,55	982,56	918,28			
Всього							362		2720	16	2	85
ПОКРІВЛЯ												
Влаштування гідроізоляції обклеювальної та обмазувальної	100 м ³	12,18	E11-4-5	2,72	38,4	10,55	9,86	110,76	116,59			
Теплоізоляція	1 м ³	365,4	E11-8-3	0,76	5,44	2,73	2,76	17,18	16,52			
Влаштування бетонних стяжок	100 м ²	12,18	E11-11-3	5,44	57,8	20,90	19,72	164,97	175,50			

Влаштування покрівлі рулонної плоскої на бітумній мастиці	100 м ²	12,18	E12-2-1	1,7	30,1	6,04	6,16	89,56	91,39			
Всього							38,5		400	10	2	20
ПІДЛОГИ												
Ущільнення ґрунту щебенем	100 м ²	10,33	E11-1-2	0,76	10,7	1,16	1,13	41,70	38,61			
Влаштування гідроізоляції	100 м ²	72	E11-1-3	0,5	3,1	0,80	0,75	12,08	11,19			
Влаштування теплоізоляції	1 м ³	715,53	E11-8-3	0,76	5,4	1,20	1,13	20,07	19,48			
Влаштування стяжки	100 м ²	72	E11-1-1	0,7	10,4	1,02	1,05	39,40	37,52			
Влаштування бетонної підлоги	100 м ²	10,33	E11-14-2	2,4	52,9	3,51	3,58	190,87	190,87			
Влаштування покриття з лінолеуму	100 м ²	10,43	E11-36-1	0,44	60,3	0,63	0,66	217,57	217,57			
Влаштування покриття із керамічних плиток	100 м ²	4,77	E11-27-3	17,3	167	26,35	25,83	650,76	602,55			

Влаштування паркетної підлоги	100 м ²	20,66	E11-34-3	15,6	162,7	23,52	23,29	569,43	587,04			
Влаштування мозаїчних підлог	100 м ²	20,66	E11-17-2	17,8	248,1	25,51	26,58	868,32	895,17			
Всього				251,19			84		2600	10	2	130
ОЗДОБЛЕННЯ												
Влаштування дверних блоків	100 м ²	16,36	E10-26-4	9,15	156	138,71	150,77	408,27	443,77			
Влаштування віконних блоків	100 м ²	5,34	E10-18-3	18,16	371,3	290,25	299,23	1035,11	1056,23			
Всього							450		700	10	2	35
Штукатурення внутрішніх поверхонь стін	100 м ²	199,3	E15-72-1				155		2600	10	2	130
Облицювання стін штучними плитками в середині приміщень	100 м ²	59,37	E15-17-1				5		1500	10	2	125
Шпаклювання стін імпортовою шпаклівкою	100 м ²	232,49	E15-183-1	0,1	79,9	0,96	0,92	1062,20	983,51			

Шпаклювання стелі імпортною шпаклівкою	100 м ²	84,3	E15-183-2	0,1	103,1	0,97	0,92	1167,56	1269,09			
Фарбування стін водо емульсійними фарбами	100 м ²	53,8	E15-180-7	0,7	103,12	6,04	6,42	1294,72	1269,34			
Фарбування стелі водо емульсійними фарбами	100 м ²	84,3	E15-180-8	0,86	134,14	7,50	7,89	1667,68	1651,17			
Пофарбування масляною фарбою стін	100 м ²	6,41	E15-163-8	0,42	34,68	3,97	3,85	435,42	426,89			
Всього							20		5600	20	2	140
ВЛАШТУВАННЯ ВИМОЩЕННЯ ТА ГАНКІВ												
Влаштування підстилаю чого шару	м ³	34,6	E8-3-1	0,28	1,23	3,36	3,11	2,39	2,49			
Влаштування асфальтового покриття	100 м ²	1,73	E11-19-1	0,8	48,11	8,62	8,89	104,33	97,51			
Всього							12		100	5	2	10

ВНУТРІШНІ СПЕЦРОБОТИ													
Влаштування опалення, вентиляції, газопостачання					(1,5%)					373,7	Сантех, 4р, 10 чол,	1	34
Влаштування водопостачання, каналізації					(3%)					687,0	Сантех, 4р, 10 чол,	1	66
сантехнічні роботи											Сантех, 4р, 10 чол,		
I етап					(80%)							1	53
II етап					(20%)							1	13
Влаштування електрообладнання, слабострумних мереж					(3%)					687,0	Електрик 5р, 5 чол	1	68
I етап					(80%)						Електрик 5р, 5 чол	1	54
II етап					(20%)							1	14
Здача об'єкта в експлуатацію					(1%)					229	10 чол,	1	
Непередбачені роботи					(3%)					687,0	Різноробочі 10 чол,	1	
Благоустрій території					(1,5%)					343,5	Різноробочі 10 чол,	1	

Додаток В
Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1
Варіант 1

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 0,844 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,002 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 0,050 тис. грн.
Середній розряд робіт 4,1 розряд

Складений в поточних цінах станом на "" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										тих, що обслуговують машини	
					заробітної плати	в тому числі заробітної плати	в тому числі заробітної плати	на одиницю	всього		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ЕН10-20-1	Заповнення віконних прорізів готовими блоками площею до 1 м2 з металлопластику в кам'яних стінах житлових і громадських будівель	100м2	0,01	81066,85 4050,46	242,34 143,58	811	41	2 1	191,33 8,107	1,91 0,08
		Разом прямі витрати по кошторису					811	41	2 1		1,91 0,08
		Разом будівельні роботи, грн.					811				
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					768				
		всього заробітна плата, грн.					42				
		Загальновиробничі витрати, грн.					33				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					0,24				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					8				
		Всього будівельні роботи, грн.					844				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

		Всього по кошторису						844				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.						2				
		Кошторисна заробітна плата, грн.						50				

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірів

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Додаток Г

Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-2

Варіант 2

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 2,767 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,005 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 0,114 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,6 розряд

Складений в поточних цінах станом на "24 жовтня" 2020 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
										тих, що обслуговують машини	
					заробітної плати	в тому числі заробітної плати			в тому числі заробітної плати	на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ЕН10-21-2	Установлення пожежного коробу	100шт	0,04	46965,56	-	1879	53	-	70,31	2,81
					1333,08	-			-	-	-
2	ЕН10-20-1	Заповнення віконних прорізів готовими блоками площею до 1 м2 з металлопластику в кам'яних стінах житлових і громадських будівель	100м2	0,01	81066,85	242,34	811	41	2	191,33	1,91
					4050,46	143,58			1	8,107	0,08
		Разом прямі витрати по кошторису					2690	94	2		4,72
		Разом будівельні роботи, грн.					2690		1		0,08
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					2594				
		всього заробітна плата, грн.					95				
		Загальновиробничі витрати, грн.					77				
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.					0,58				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					19				
		Всього будівельні роботи, грн.					2767				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

		Всього по кошторису						2767				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.						5				
		Кошторисна заробітна плата, грн.						114				

Склав _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірів _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Магістерська кваліфікаційна робота Гончарук Є.Д. на тему:

«Стійкість фасадних світлопрозорих конструкцій будівель при пожежі»

Мета дослідження: Визначити причини та наслідки загоряння фасадів з різних конструктивних матеріалів на прикладах реальних пожеж та моделювання, а також проаналізувати ризики, що виникають при пожежах даних систем.

Задачі дослідження:

- розробити алгоритм розрахунку необхідної і достатньої стійкості світлопрозорого заповнення на вищерозташованому поверсі щодо поверху пожежі при максимальному його розвитку;

- розробити методику натурного вогневого випробування за оцінкою пожежостійкості світлопрозорого фасаду висотного житлового будинку;

- встановити характер розподілу температурних полів по висоті фасаду висотного житлового будинку при максимальному ступені розвитку пожежі;

- встановити вплив міжповерхових поясів на поширення пожежі по світлопрозорих фасадах висотного житлового будинку;

- визначити вплив площі віконного прорізу на висоту полум'я вздовж площини фасаду будівлі.

Висновки за результатами наукового дослідження

1. Розроблено алгоритм розрахунку необхідної і достатньої стійкості світлопрозорого заповнення на вищележачому поверсі щодо поверху пожежі, який можна застосовувати до висотних будівель.
2. Розроблено методику натурального вогневого випробування за оцінкою пожароустойчивости світлопрозорих фасадних конструкцій. Методика ґрунтується на максимальному температурному режимі пожежі, площі руйнування віконного огороження приміщення вогнища пожежі і враховує швидкість висхідних повітряних потоків по висоті фасаду будівлі.
3. Визначено характер розподілу температурних полів при максимальному розвитку пожежі і повному руйнуванні віконного скління на поверсі пожежі. Встановлено, що при руйнуванні світлопрозорого віконного заповнення площею 4,8 м² і зовнішньому вертикальному повітряному потоці швидкістю 3 м / с висота полум'я пожежі, що вийшла на фасад будівлі, досягає більше 3-х м, а максимальна температура в області світлопрозорого заповнення другого поверху сягає 650 ° С.
4. Міжповерхових пояс висотою 1,2 м не перешкоджає поширенню пожежі при площі руйнування віконного отвору більше 1,82 м².
5. Встановлено, вплив площі розкритого віконного отвору на температурні поля по висоті фасаду над поверхом пожежі.
6. Доведено ефективність опускного захисного екрану як спосіб зниження (перекривання) площі віконного прорізу приміщення вогнища пожежі з метою зниження висоти полум'я і зниження інтенсивності теплового впливу на віконні конструкції вище поверху. Встановлено, що перекриття зруйнованого віконного отвору на 2/3 його висоти знижує висоту полум'я над поверхом пожежі в 2 рази.

Фактори ризику при загорянні ФС

Фактори ризику	Технічні шляхи вирішення
Сильне задимлення (густих чорний їдкий дим, що виділяється при горінні утеплювача).	<ul style="list-style-type: none"> - зниження рівня виділення диму може бути досягнуто шляхом встановлення автоматичних спринклерних головок і обмеження використання горючих матеріалів в будівлі або в конструкції підлоги; - димовидалення може здійснюватися шляхом витяжки диму з атріуму як за допомогою зенітних прорізів, так і шляхом пристрою системи витяжної вентиляції, що дозволяє знизити концентрацію диму в верхній частині та обмежити його поширення в інші (суміжні) приміщення і т.п.; - обмеження використання утеплювача: пінополістирол - до 12 поверхів, мінеральні та силікатні системи - до 25 поверхів.
Горючі матеріали, що входять до складу системи НВФ. (Вогонь поширювався по фасадах, які були облицьовані АКП, що мають групи горючості Г4).	<ul style="list-style-type: none"> - в навісних фасадних системах слід застосовувати тільки композитні панелі, які успішно пройшли вогневі випробування в складі навісних фасадних систем; - при застосуванні в конструкціях горючих утеплювачів віконні та інші отвори по периметру слід обрамляють смугами шириною не менше 200 мм з мінераловатного негорючого утеплювача щільністю не менше 80-90 кг / м³; - обмеження використання утеплювача: пінополістирол - до 12 поверхів, мінеральні та силікатні системи - до 25 поверхів
Повітряний зазор, що створює ефект тяги, що сприяє збільшення швидкості поширення полум'я по фасаду будівлі.	<ul style="list-style-type: none"> - пристрій через кожні 6-9 м уздовж всього периметра будівлі сталевих горизонтальних розтинів, виконаних з тонколистової сталі товщиною не менше 0,55 мм, перекривають повітряний зазор і перешкоджають падінню палаючих крапель розплаву плівки в разі можливої пожежі; -Точний розрахунок товщини повітряного зазору
Пожежна небезпека при використанні волого-вітрозахисних мембран.	<ul style="list-style-type: none"> - при застосування волого-вітрозахисних мембран в поєднанні з мінераловатними плитами, що мають "кешовану" зовнішню поверхню, суворо забороняється; - в зв'язку з цим, при проектуванні НВФ, від вітрозахисної плівки необхідно або повністю відмовитися на користь більш досконалої теплоізоляції, або використовувати виключно негорючу мембрану; - влаштування протипожежного короба; -по висоті будівлі з певним кроком необхідна установка горизонтальних протипожежних отсечек вентиляованого фасаду
Обвалення облицювальних матеріалів в зону евакуації людей. Виліт скла з віконних прорізів в зону евакуації.	<ul style="list-style-type: none"> - установка над евакуаційними виходами з будівель навісів або козирків з негорючих матеріалів. Зазначені конструкції повинні перекривати всю ширину відповідного виходу. Довжина вильоту навісу від площини фасаду повинна становити не менше 1,2 м при висоті будівлі до 15 м і не менше 2 м при висоті більше 15 метрів; - збільшення кількості кляммерів поблизу віконних прорізів; - забезпечення кріплення кронштейнів фасадних систем безпосередньо до плит перекриттів; - застосування поясів з пожежостійкістю скління на висоту поверху вище і нижче протипожежного перекриття, включаючи застосування вогнестійких полімерних плівок.
Монтажні, зварювальні, ремонтні роботи.	<ul style="list-style-type: none"> - використання сталевих елементів захисту по контуру віконних прорізів; - проектування протипожежних отсечок віконних прорізів. <p>При відстані між отворами по висоті менше 1,2 м, протипожежні відсічення виконуються по всьому периметру вікна. При відстані більше 1,2 м - нижня горизонтальна відсічення НЕ монтують.</p>
Недотримання нормованого відстані між будівлями. Відсутність пожежних проїздів	<ul style="list-style-type: none"> - застосування протипожежних завіс; - при проектуванні проїздів забезпечити можливість проїзду пожежних машин до будинків комплексу з усіх боків.

Приклади пожеж в висотних будівлях



а)



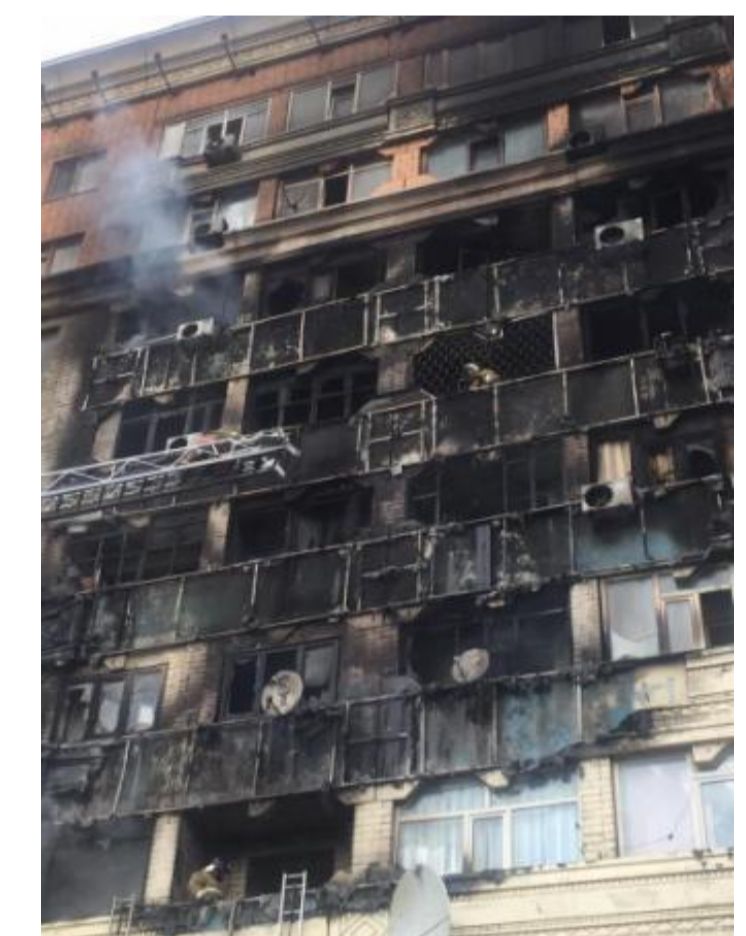
б)



в)



г)

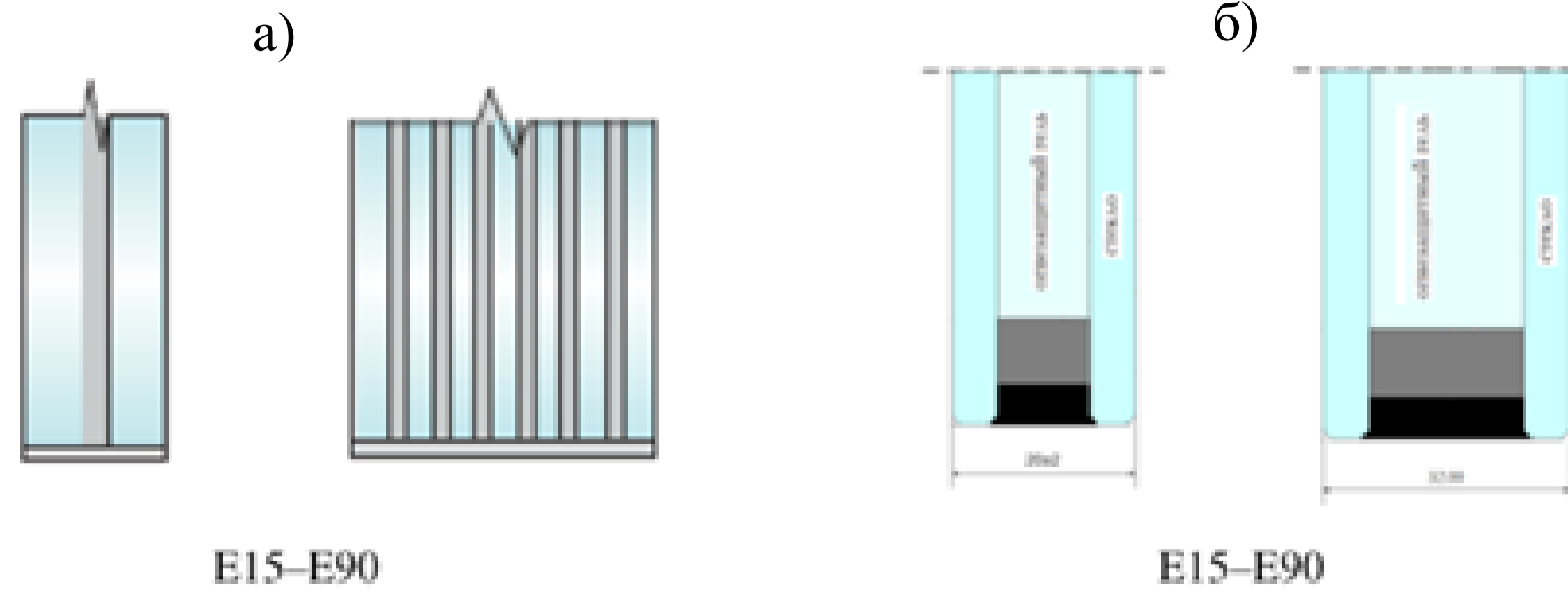


г)

а) Грозного (2013 г.); б) Лондона (2017 г.);
в) Нью-Йорка (2018 г.) г) Пожежа в житловому будинку г. Актюбинск (Республіка Казахстан)

Типи вогнестійких склопакетів:

а) багат шарові; б) гелезалівні

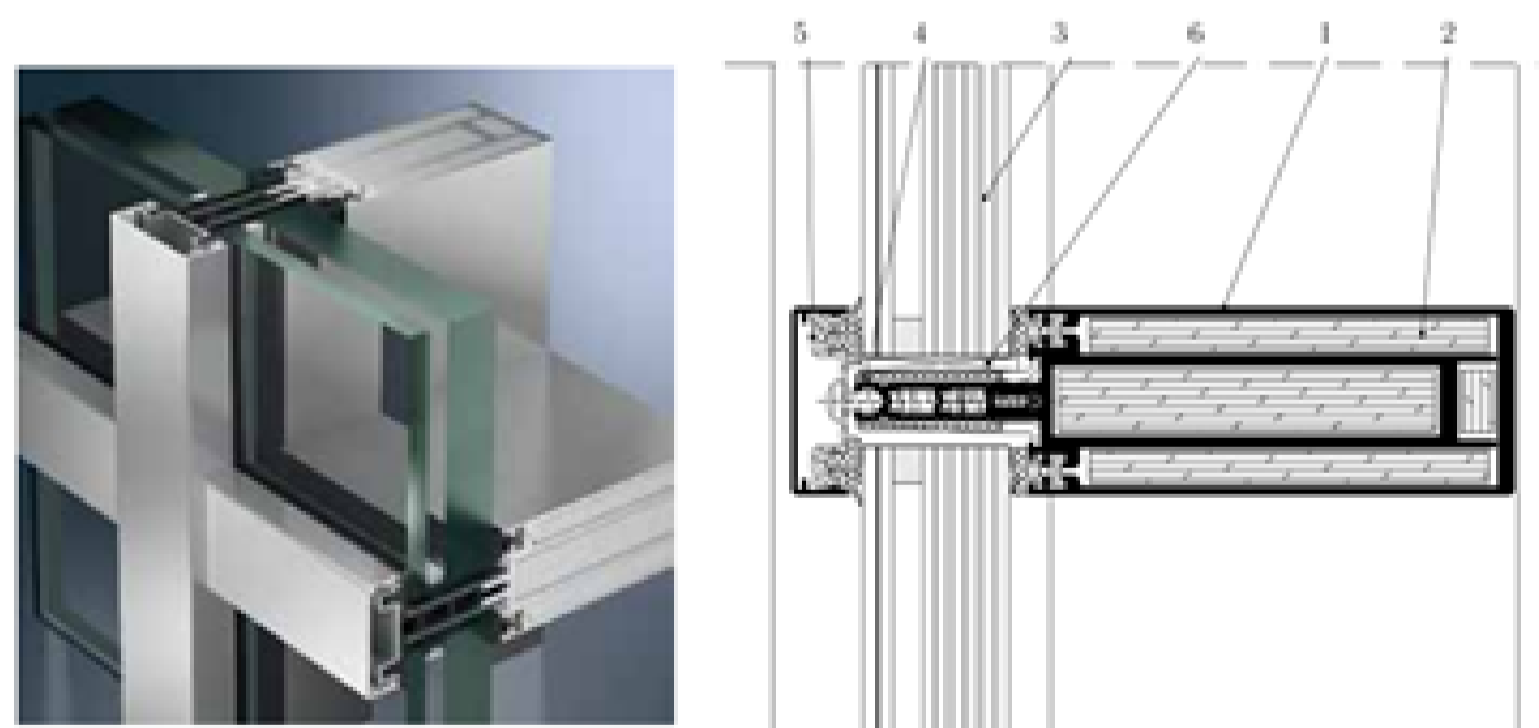


Види вогнестійкого багат шарового скла

AGC Pyrobel після впливу вогню



Конструктивне рішення вогнестійкого світлопрозорого алюмінієвого фасаду з межею вогнестійкості 60 хвилин

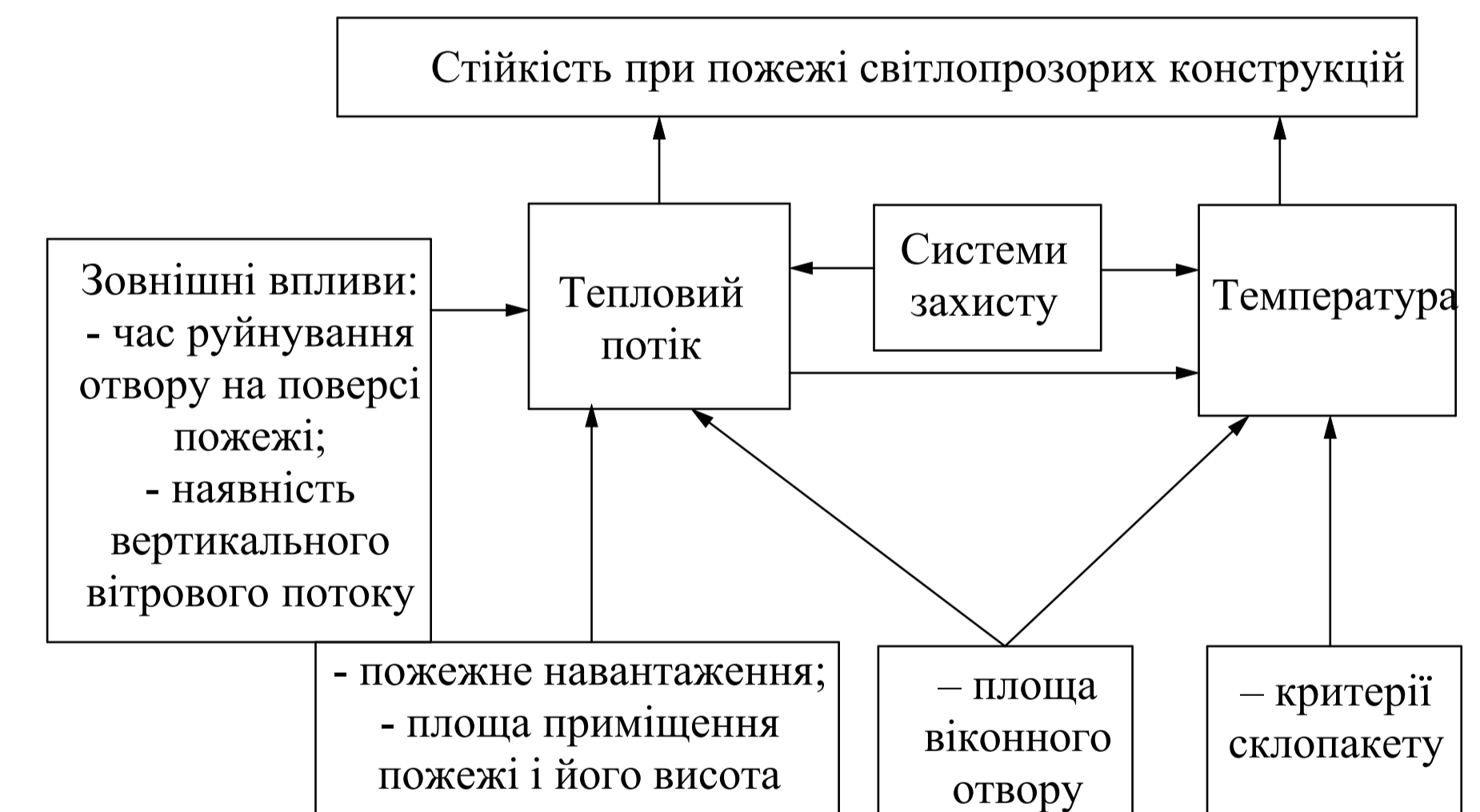


- 1 - алюмінієвий профіль; 2 - вогнестійкі ізолятори в порожніх камерах профілю;
 - 3 - вогнетривкі скло; 4 - стрічка, що спінується на ізоляторі гвинтового каналу від перевищення температури;
 - 5 - притискна планка сталевая; 6 - підкладка під склопакет виконана з твердих матеріалів
- до небезпечних факторів пожежі відносять високу температуру, зниження концентрації кисню в повітрі, високі концентрації продуктів горіння і термічного розкладання, втрату видимості через задимленості приміщень і шляхів евакуації.

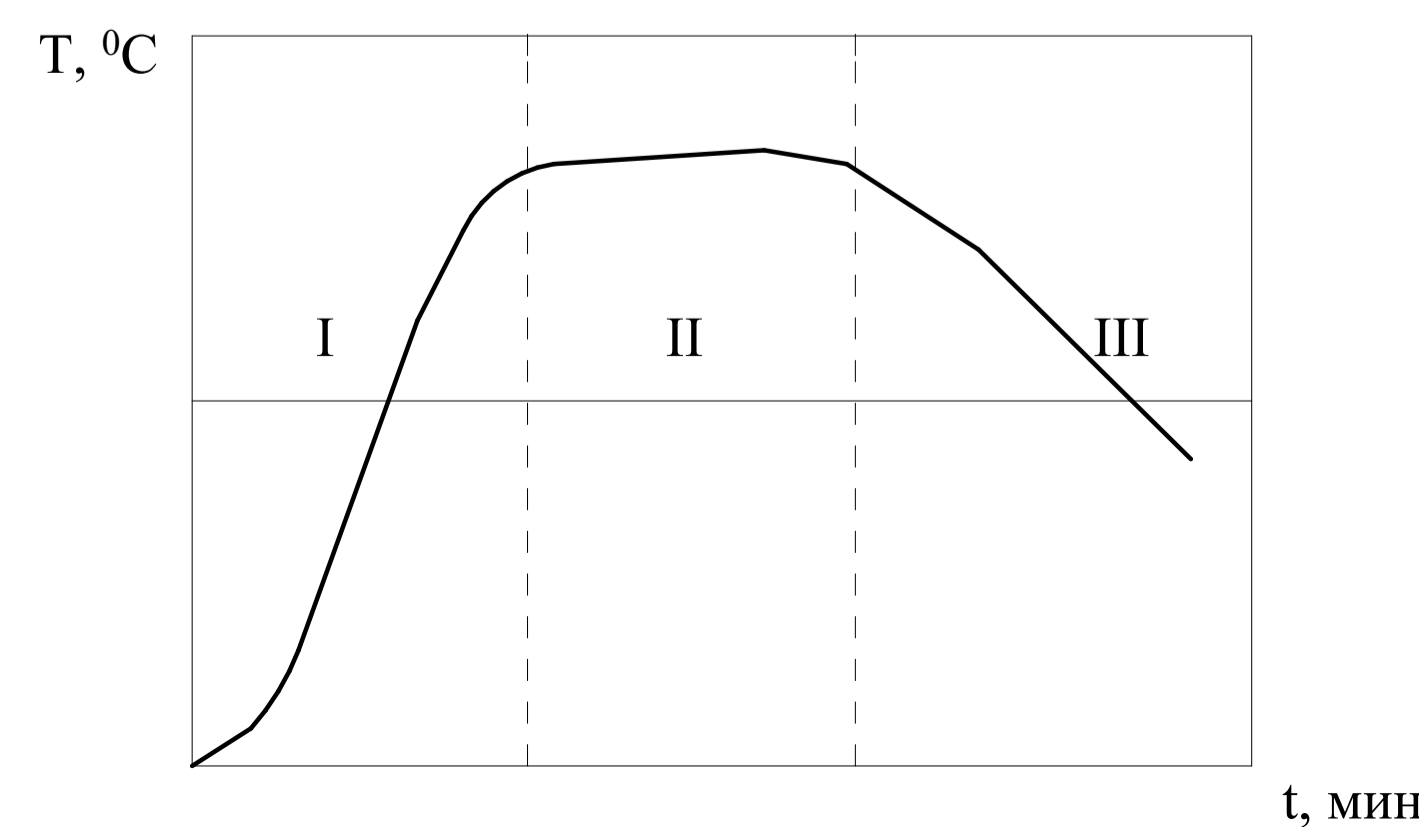
Алгоритм оцінки пожежно-технічних характеристик світлопрозорого фасаду будівлі



Блок-схема критеріїв стійкості світлопрозорого фасаду

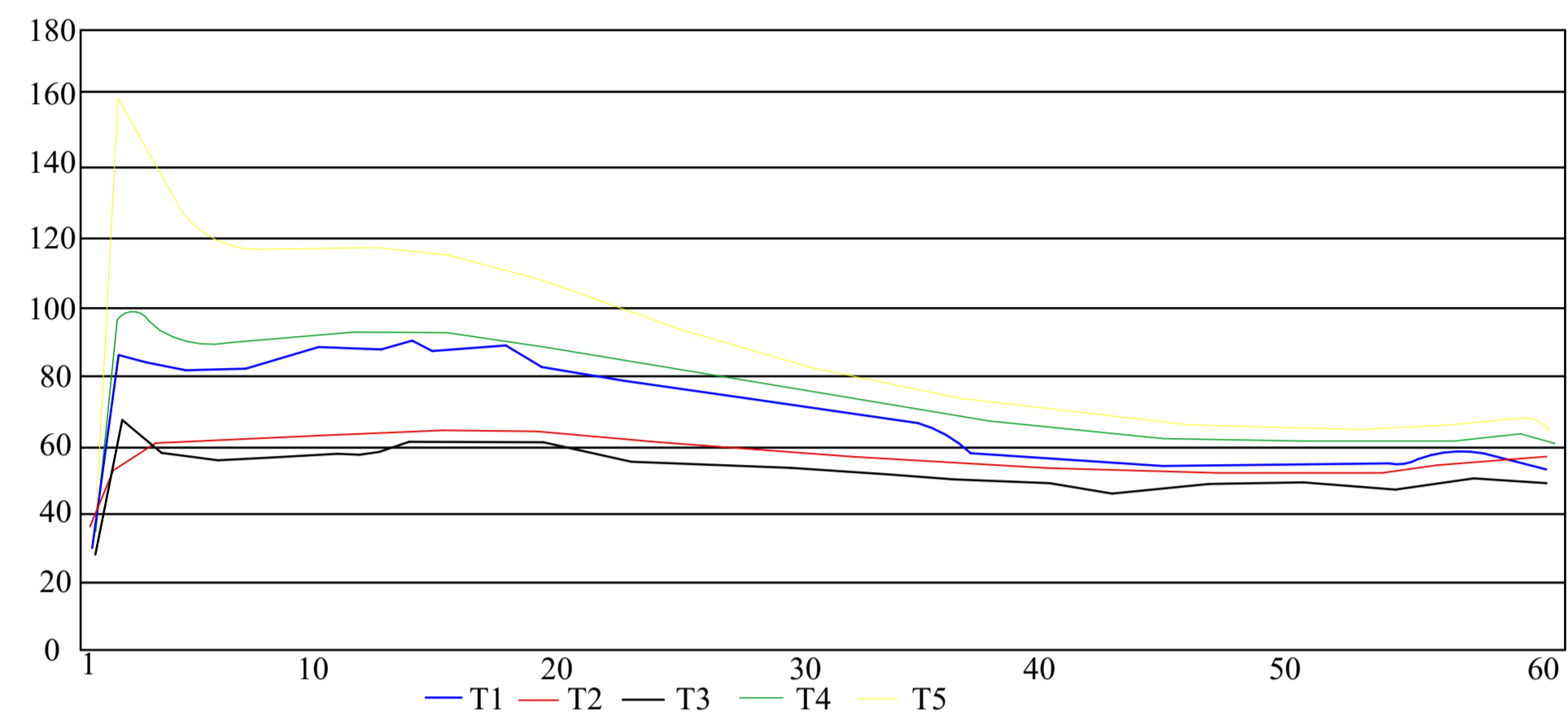


Крива, що характеризує три стадії розвитку пожежі



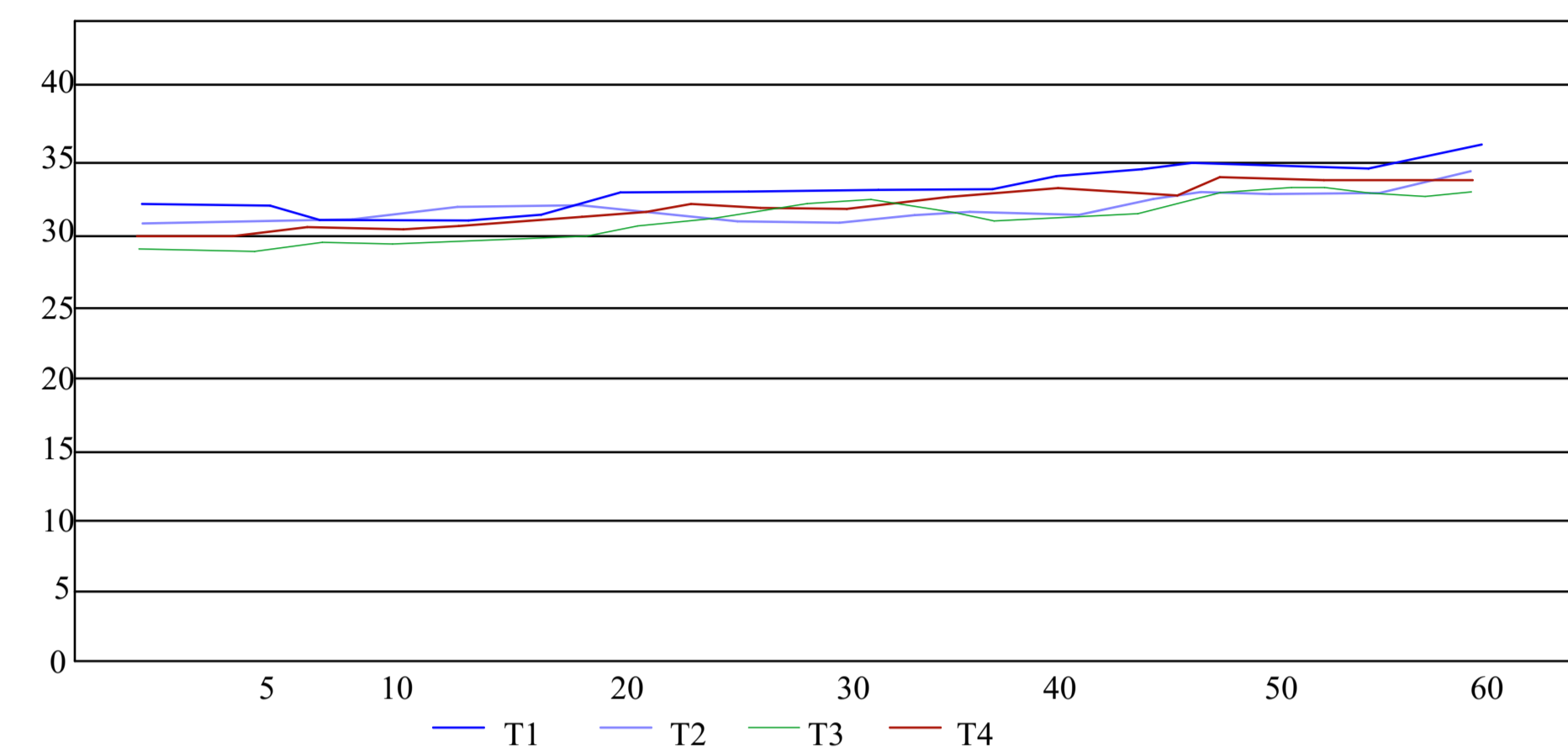
Графік температур

Зміна температур в приміщенні стенда по показникам додаткових термопар



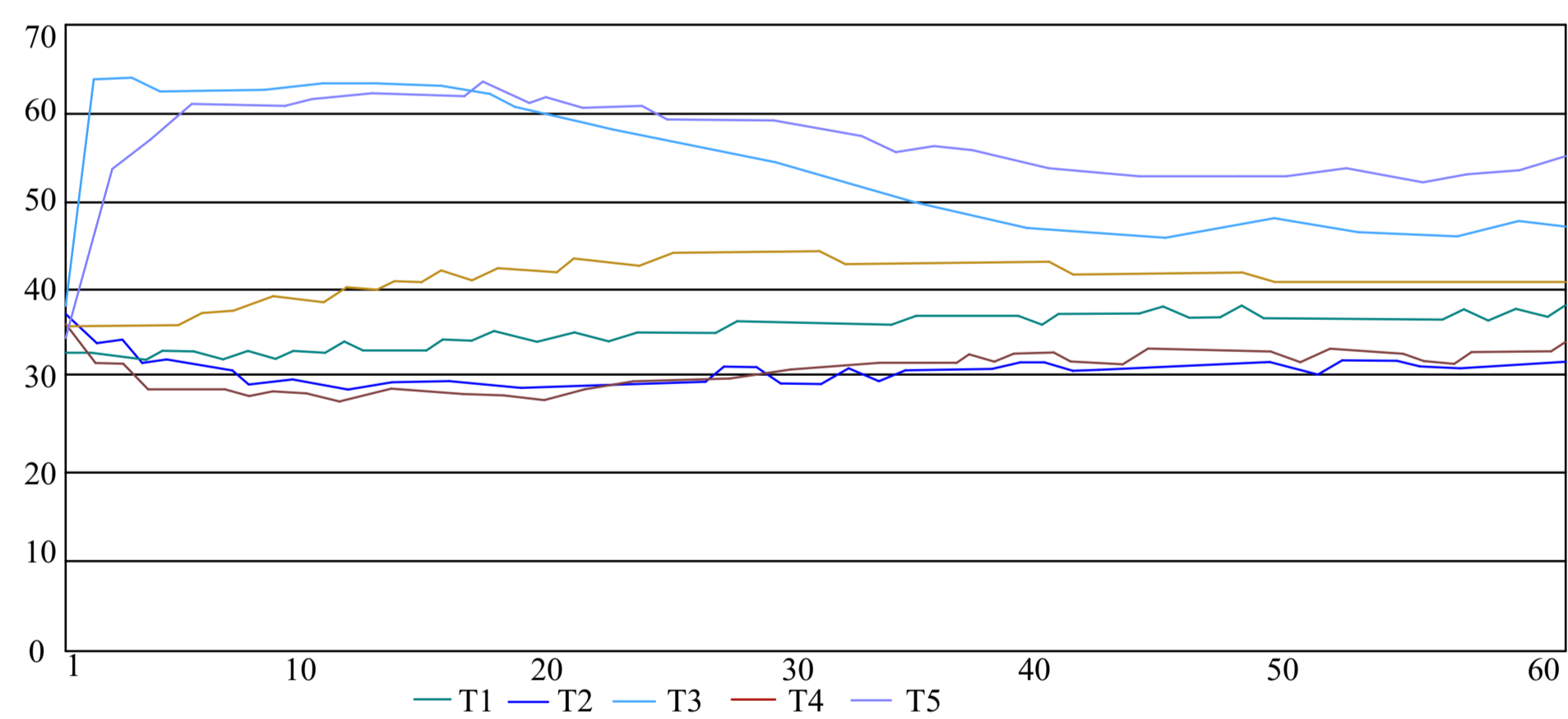
Результати вимірювань

Зміна температур на необігріваємі поверхні зразка фасада



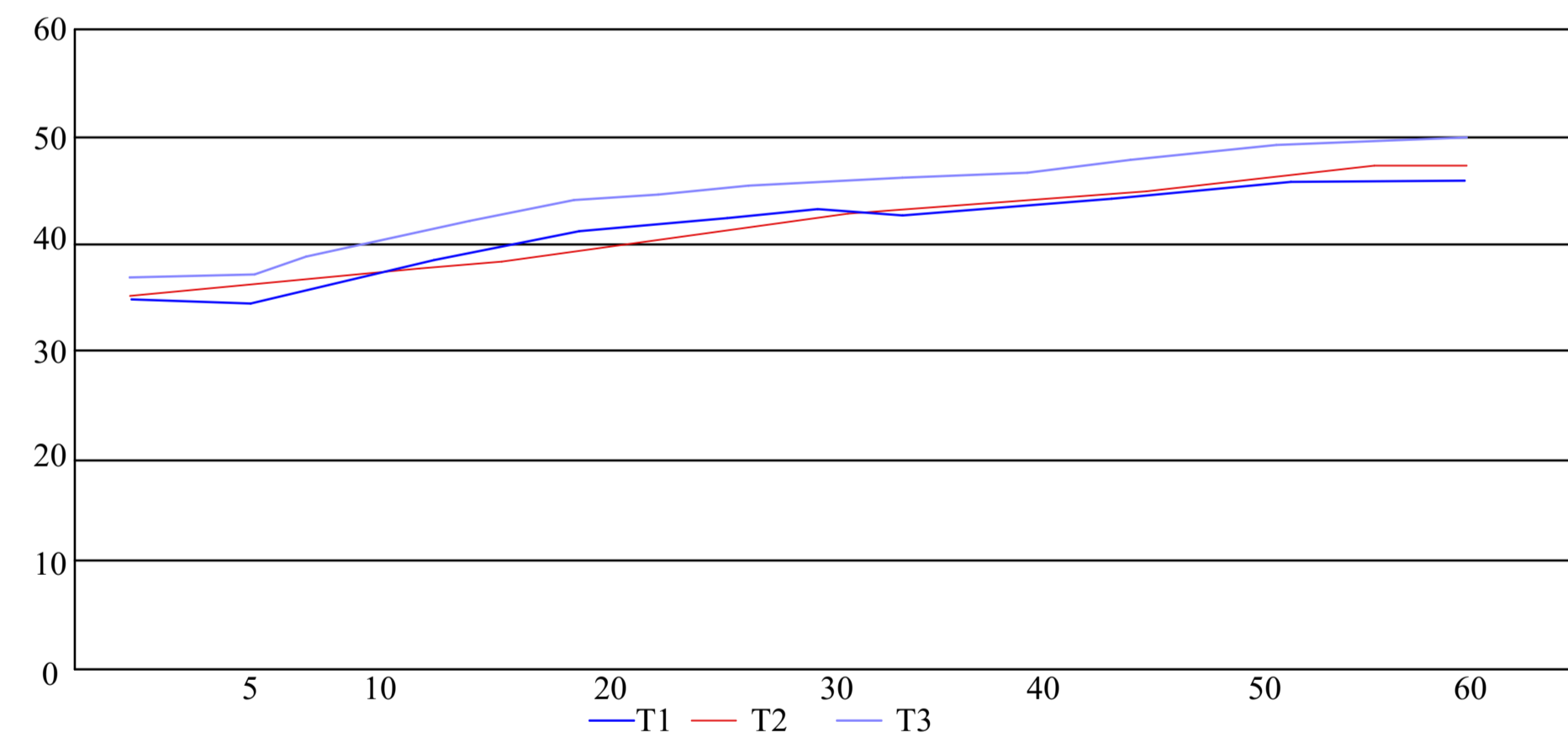
Графік температур

Зміна температур на необігріваємі поверхні зразка фасада

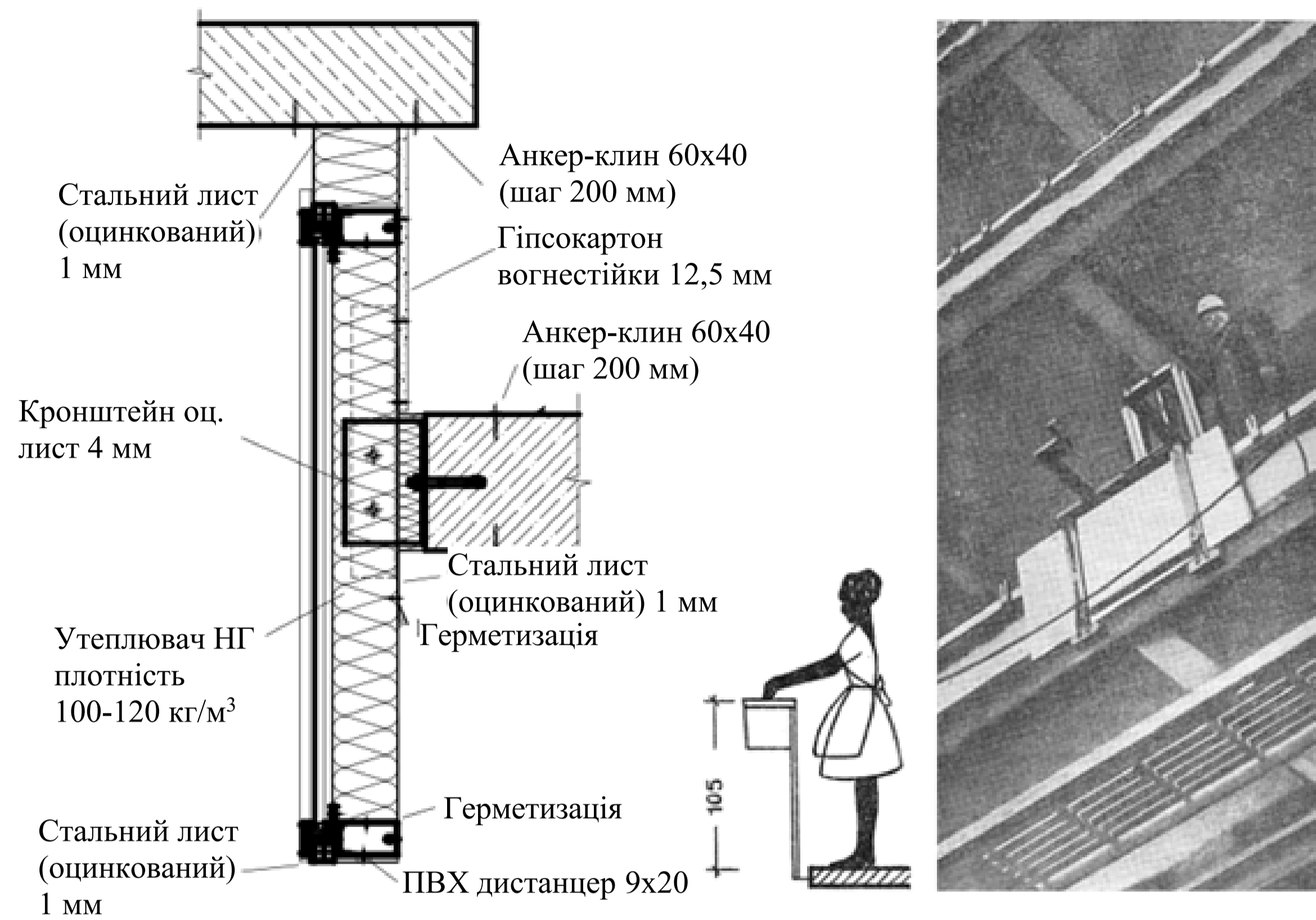


Результати вимірювань

Зміна температур на верхньому кутку примикання



Конструктивне рішення протипожежних поясів в світлопрозорих фасадах



Пожежний короб



Межа вогнестійкості будівельних конструкцій оцінюється за групами граничних станів:

R - втрата несучої здатності (обвалення або втрата стійкості);

I - втрата теплоізолювальної здатності (підвищення температура на не обігрівається поверхні понад допустиму);

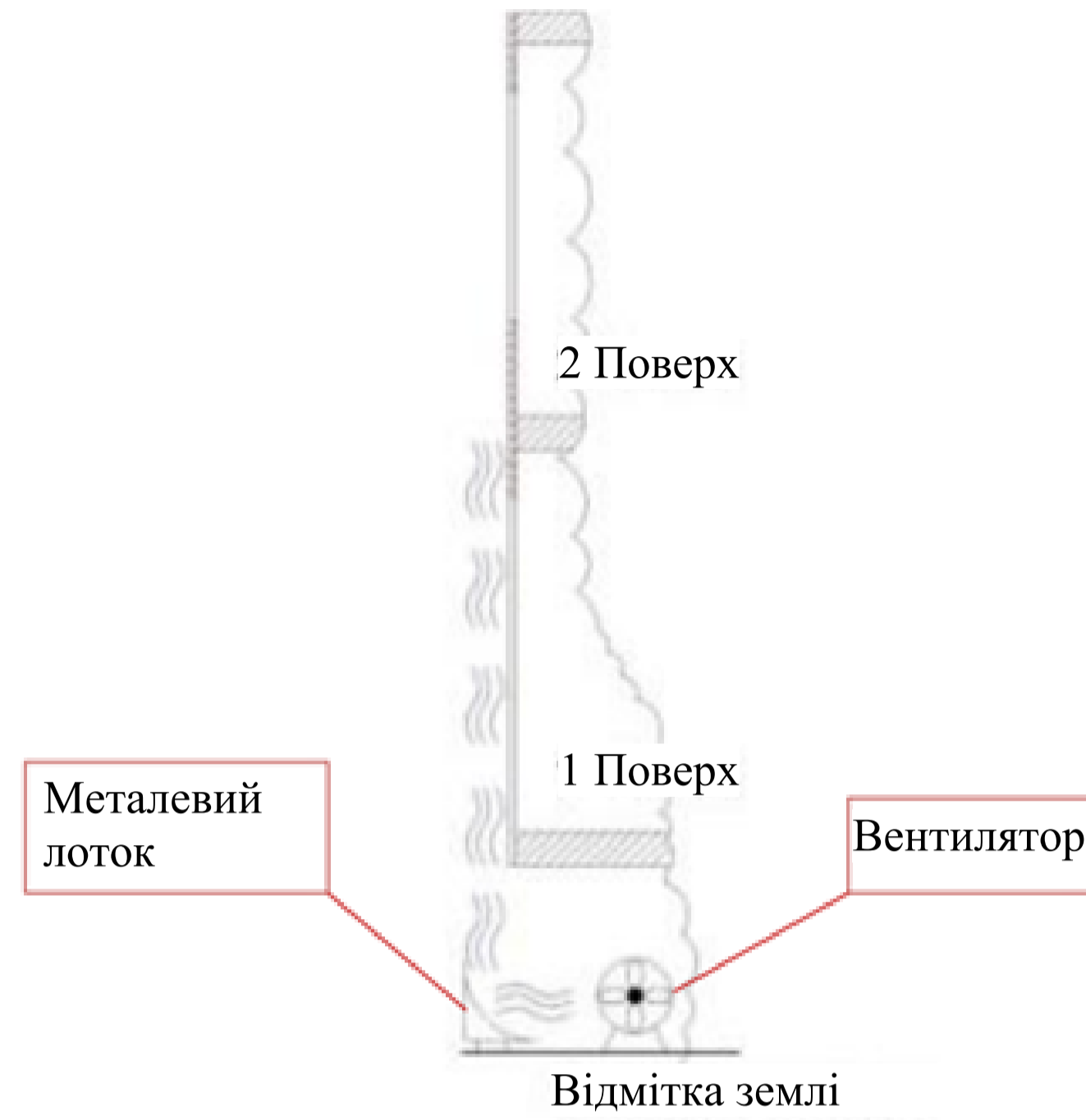
E - втрата цілісності - (освіта в конструкції наскрізних тріщин або отворів, через які в сусіднє приміщення проникають продукти горіння або полум'я);

W - досягнення граничної величини теплового потоку на нормованій відстані від поверхні конструкції (надлишкова тепла радіація від розпеченого огорожі)

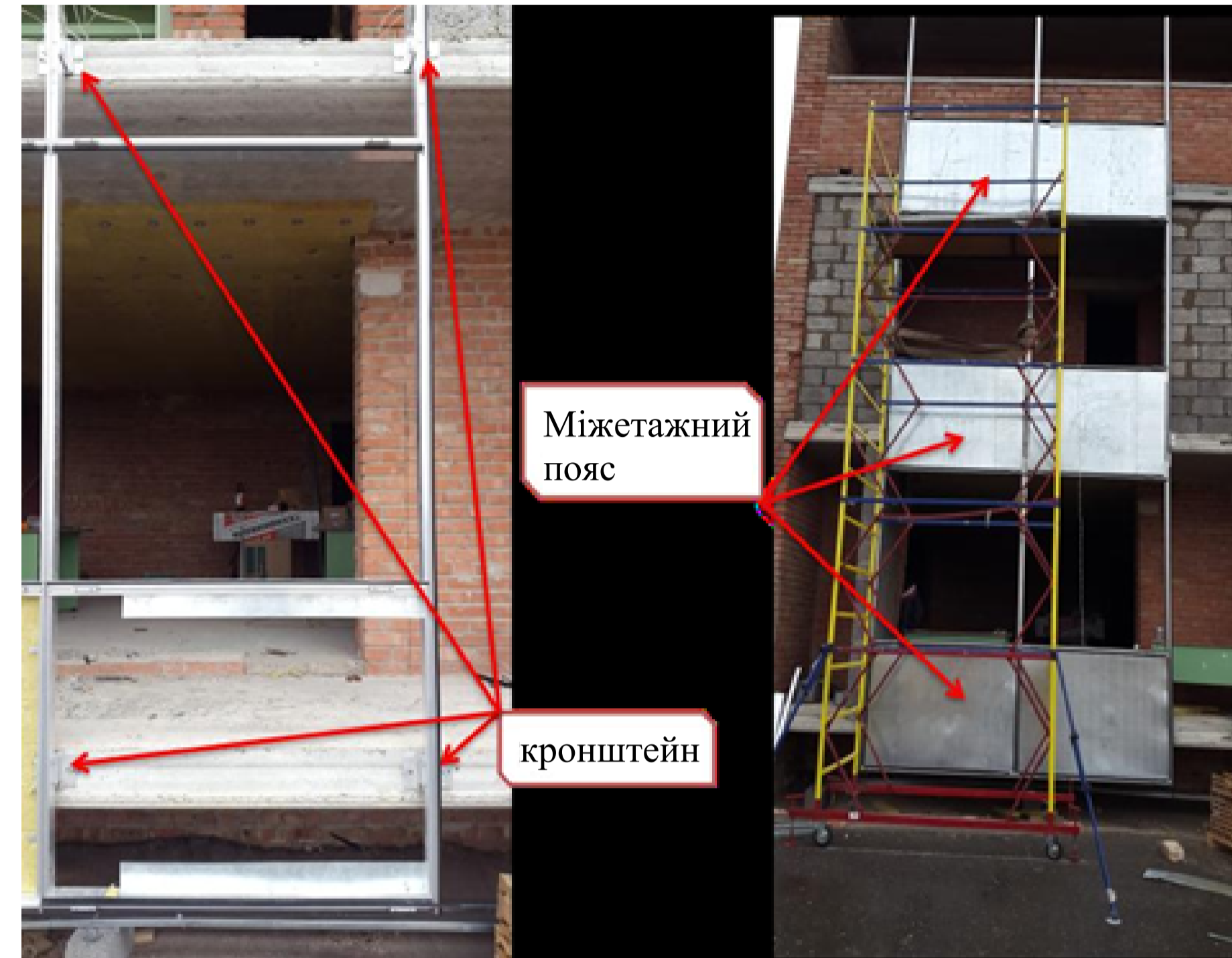
Стандарти випробувань на займистість

	Напольні матеріали	Інші продукти
Низький рівень навантаження	Навантаження в формі прямого контакту з пламенем (EN ISO 1 1925-2)	
Середній рівень навантаження	Навантаження в формі випромінювання від гарячих газів, що вивільняються в перекритому приміщенні (EN ISO 9239-1)	Навантаження в формі контакту з полум'ям єдиного джерела горіння (EN 13823)
Високий рівень навантаження	Масове загоряння горючих матеріалів в приміщенні (EN ISO 1716 і EN ISO 1 182)	

Схема розміщення обладнання для створення вітрових потоків уздовж фасаду будівлі



Міжповерхових пояс - установка на об'єкті випробувань



Приміщення вогнища пожежі і характер розміщення горючого навантаження в приміщенні

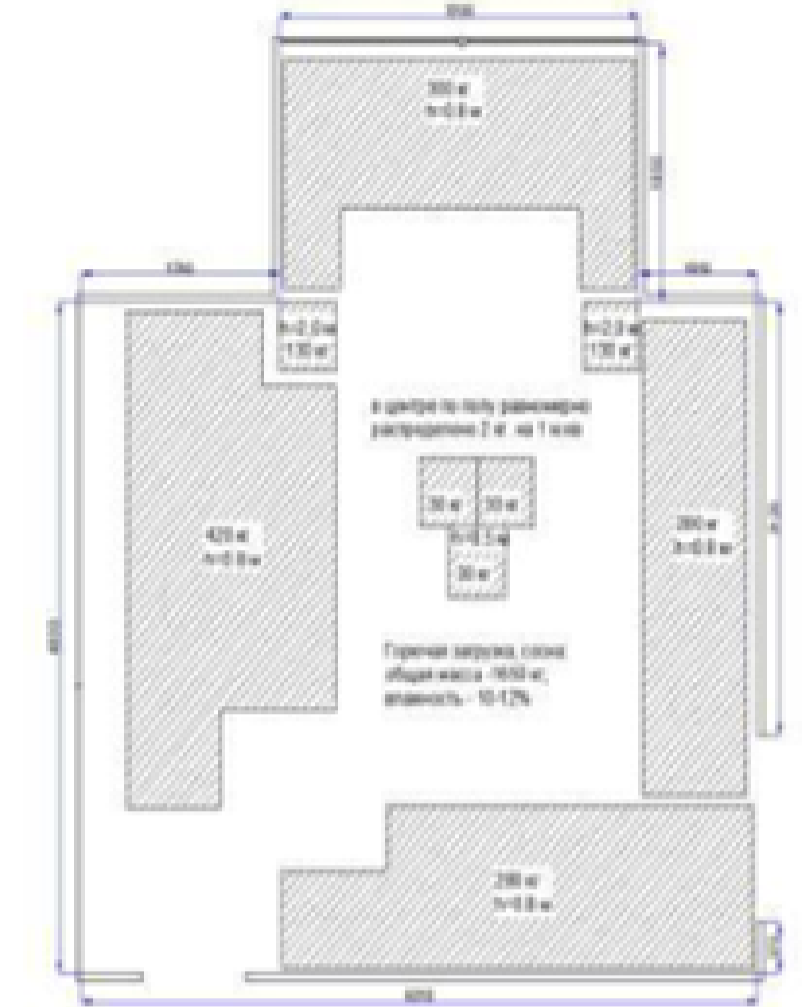
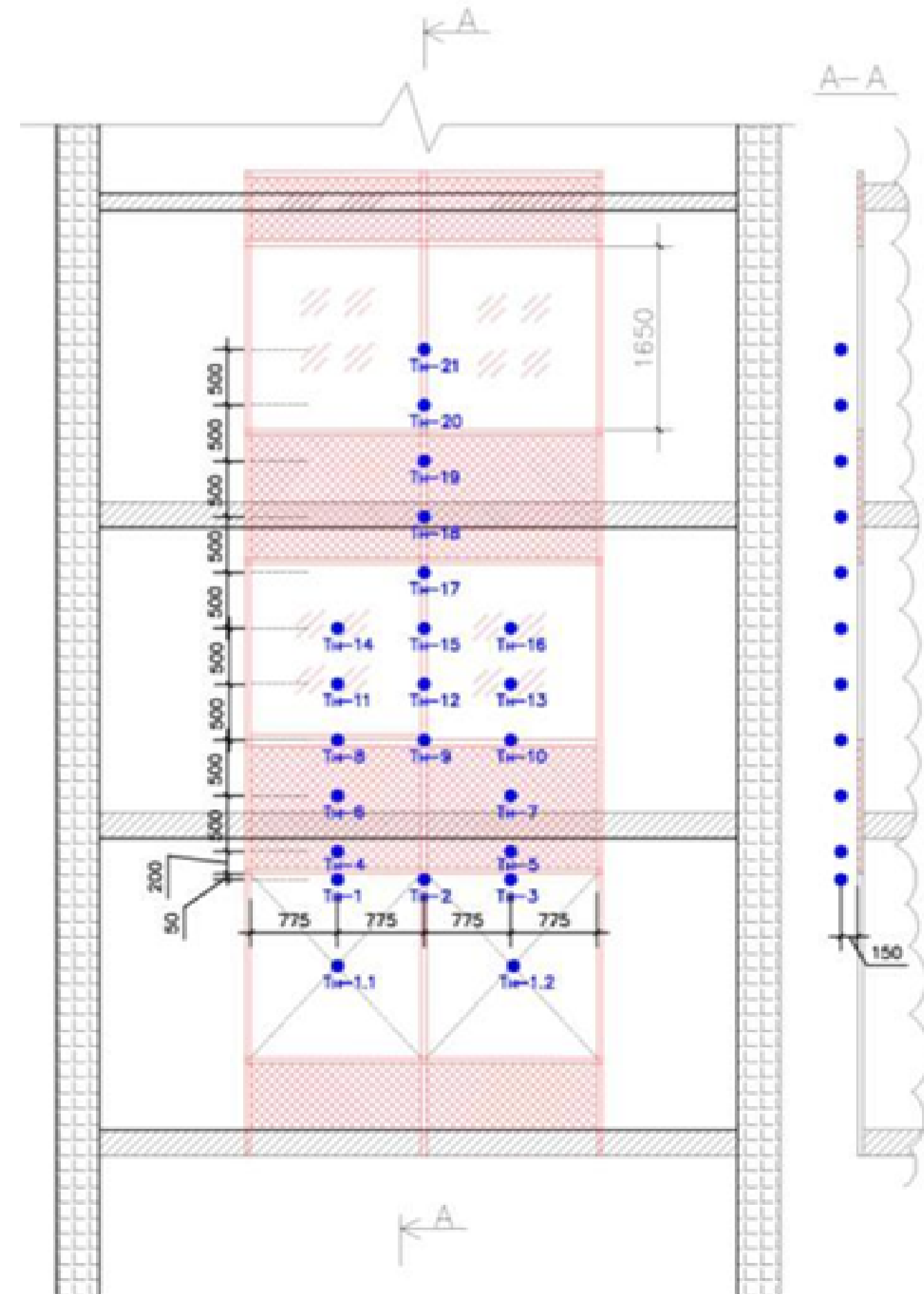


Схема розстановки термопар зовні будівлі по вертикалі фасаду



Загальний вигляд об'єкта випробувань

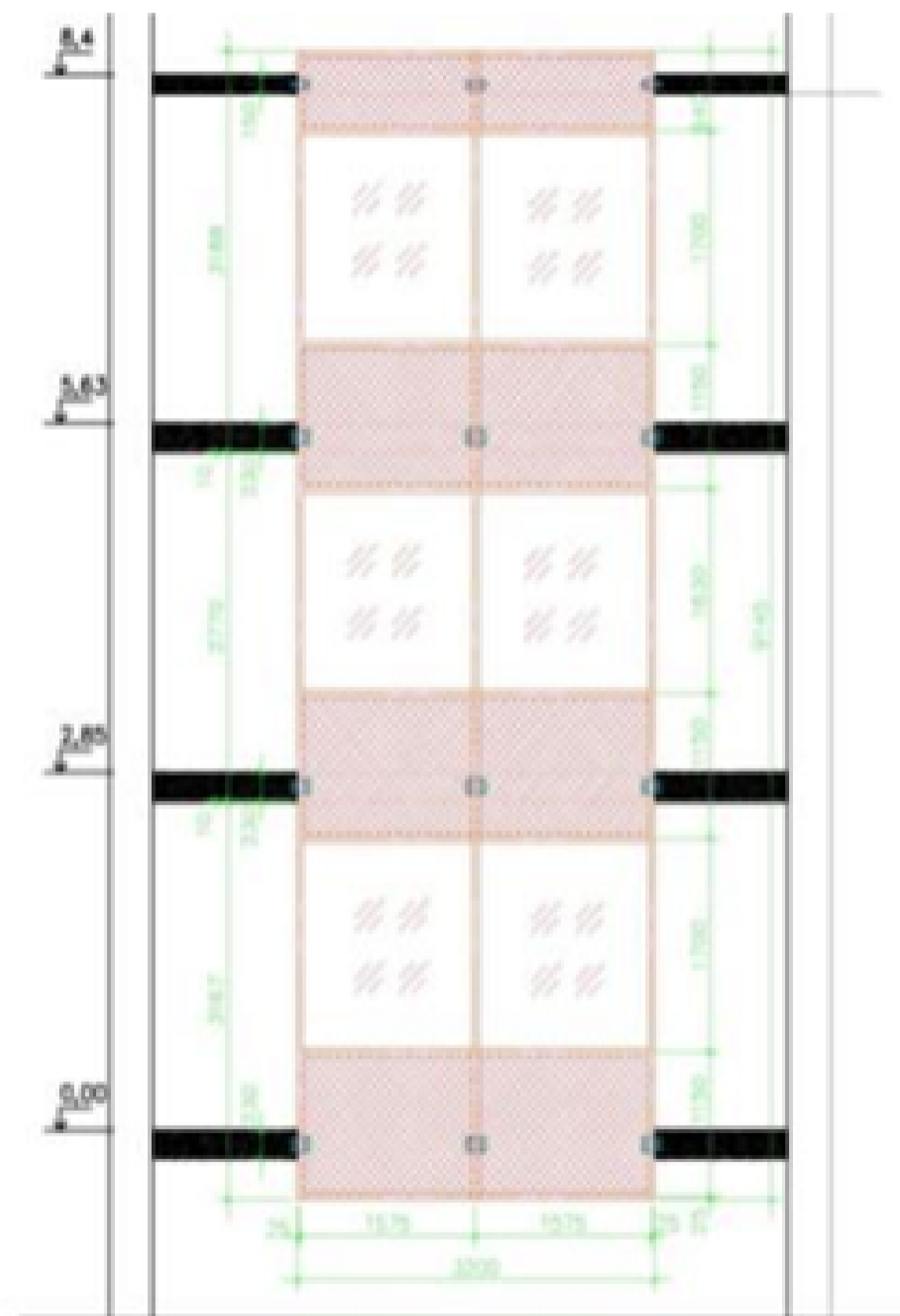
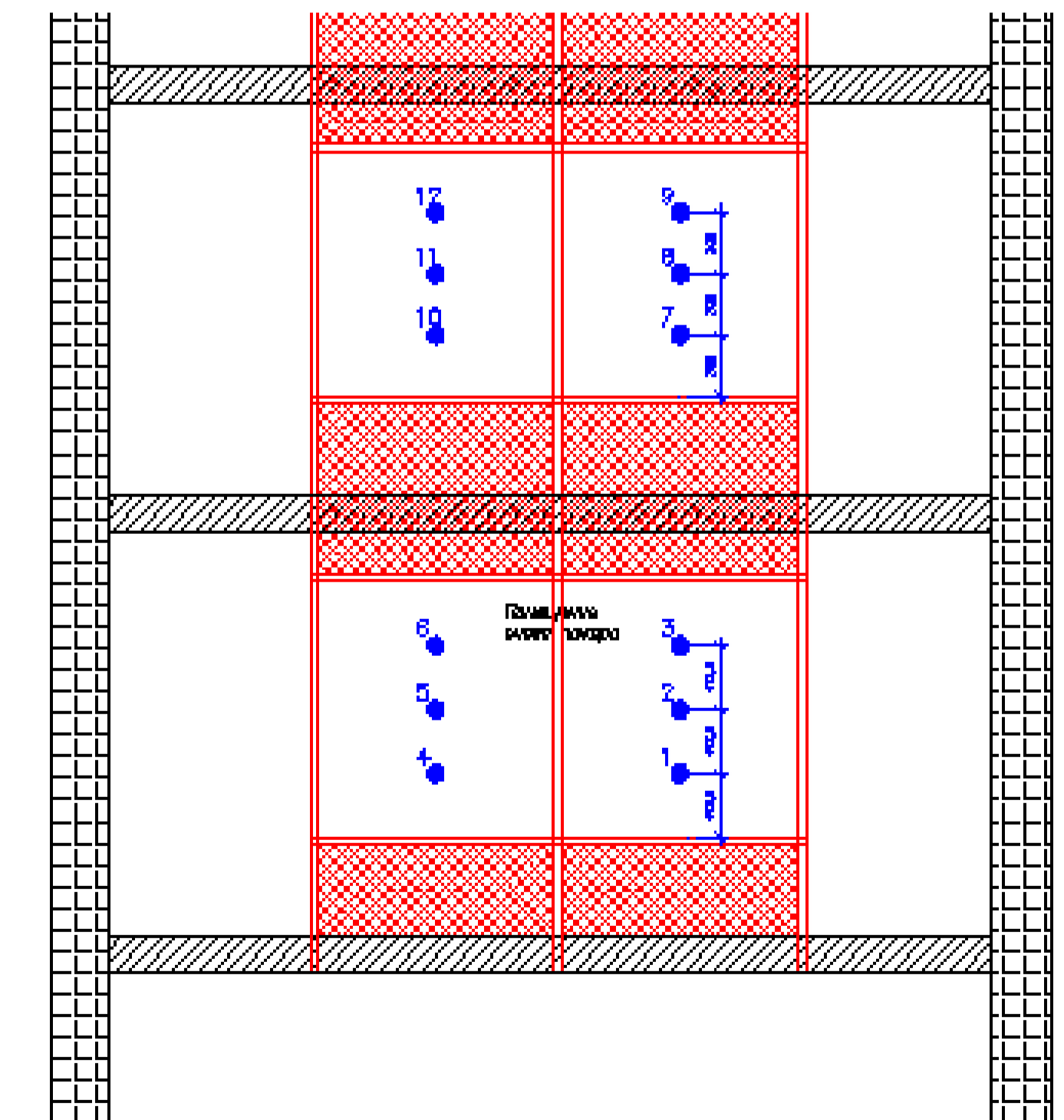
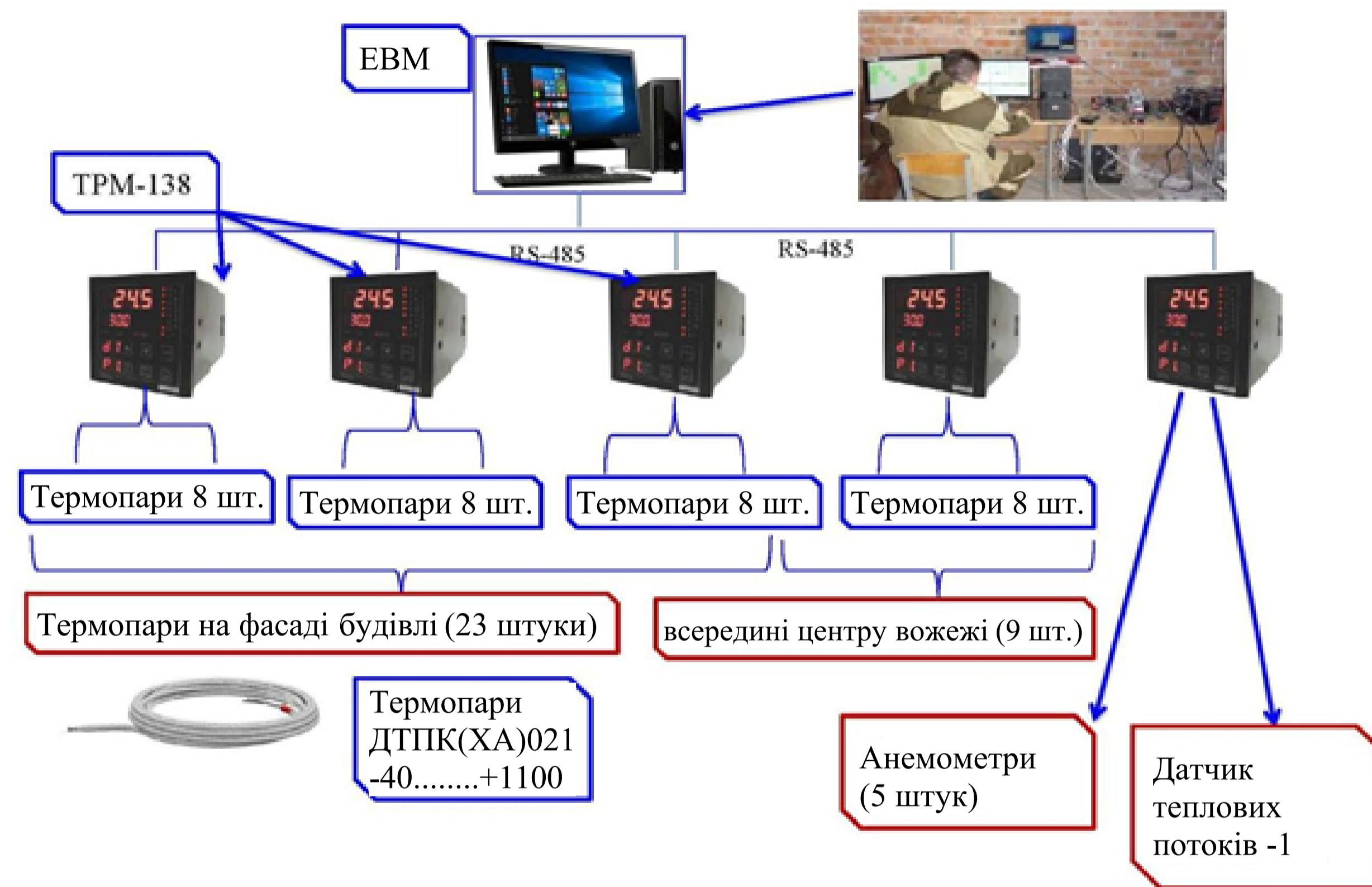


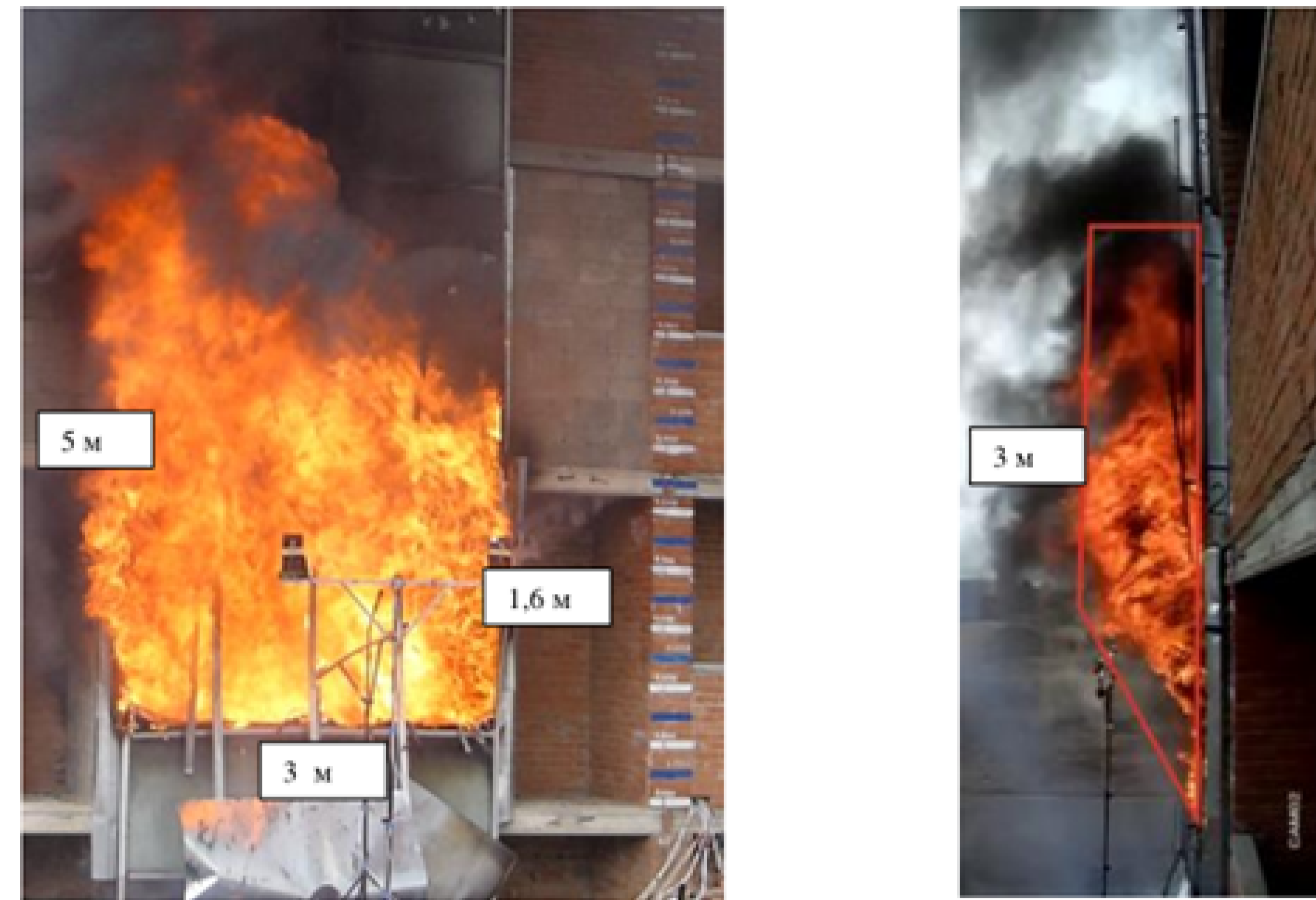
Схема розстановки термопар на склі склопакета 1 поверх 2 поверх



Структурна схема системи вимірювання та обробки інформації



Характерні розміри полум'я при виході з отвору 3 × 1,6 м

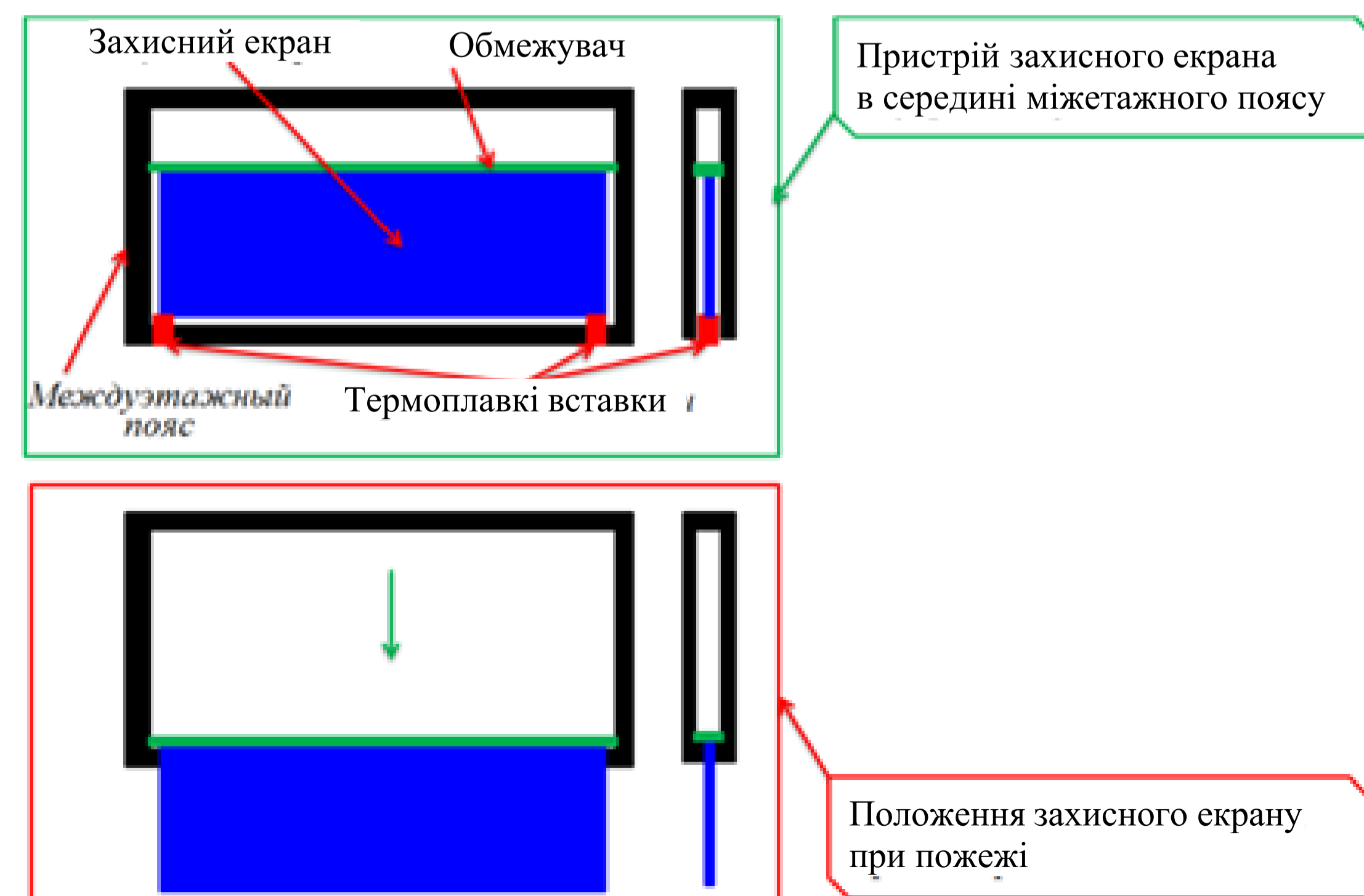


а)

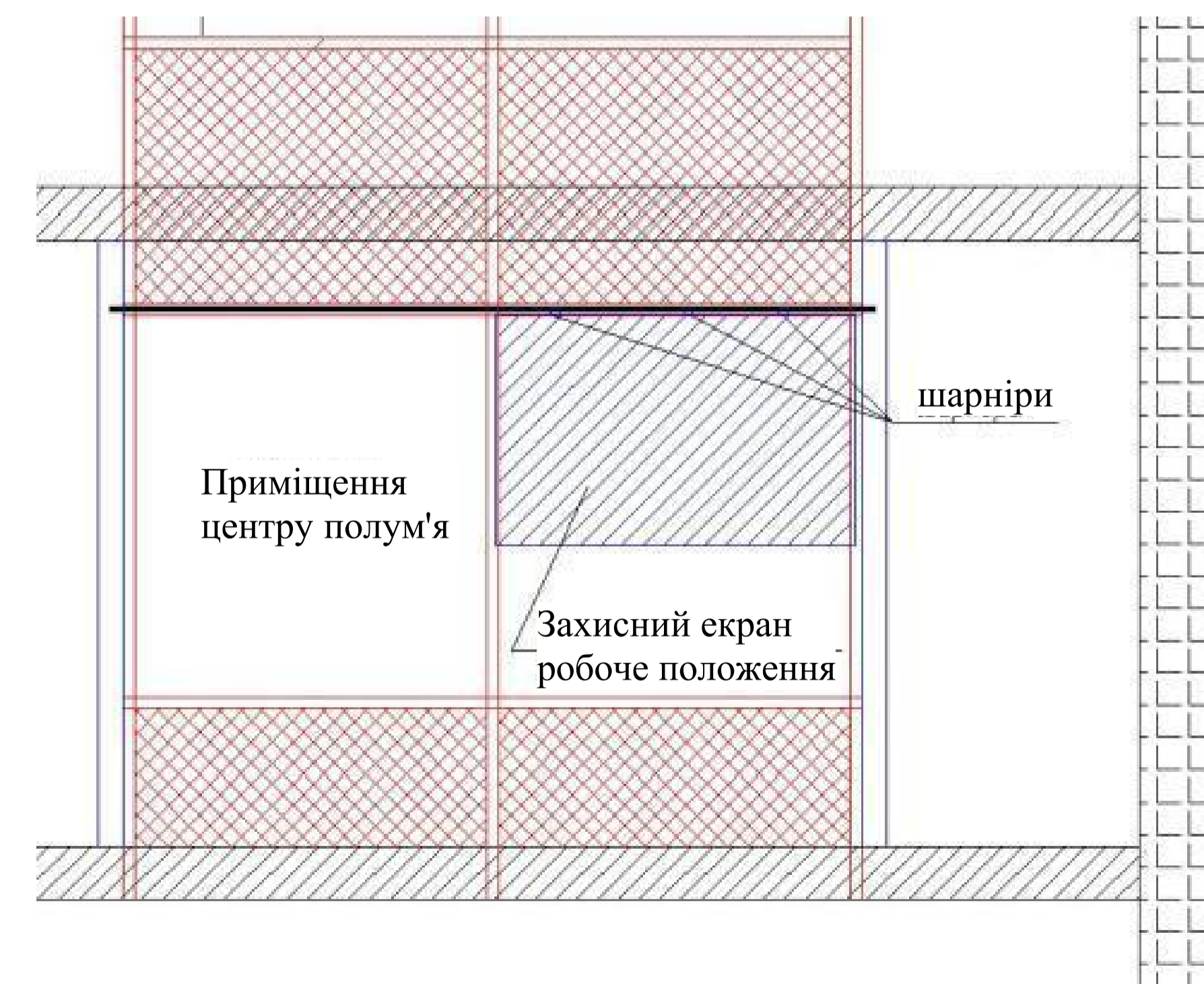
б)

а) максимальний викид 5 м; б) стабільне полум'я на рівні 3 м

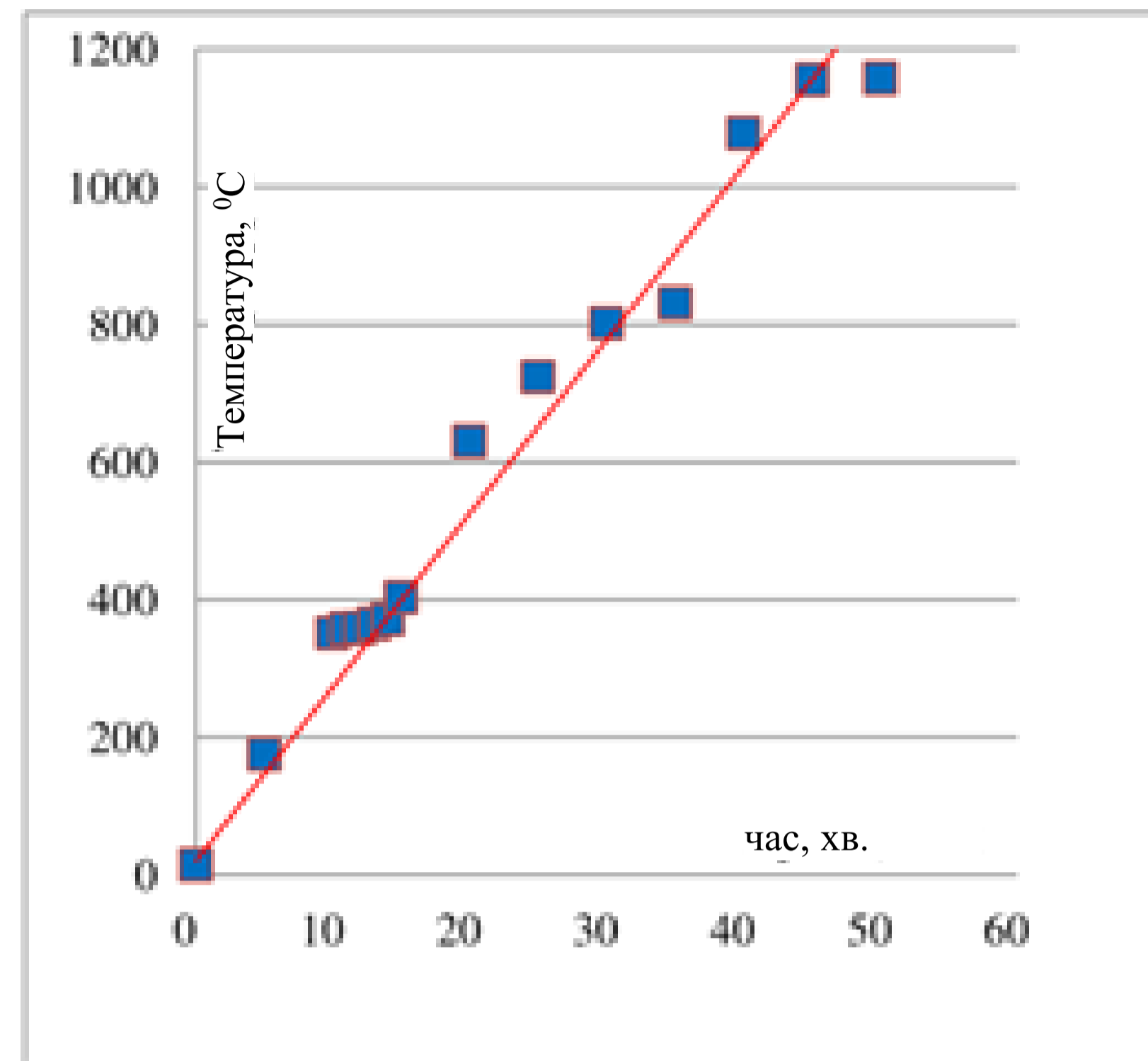
Принципова модель захисного екрану



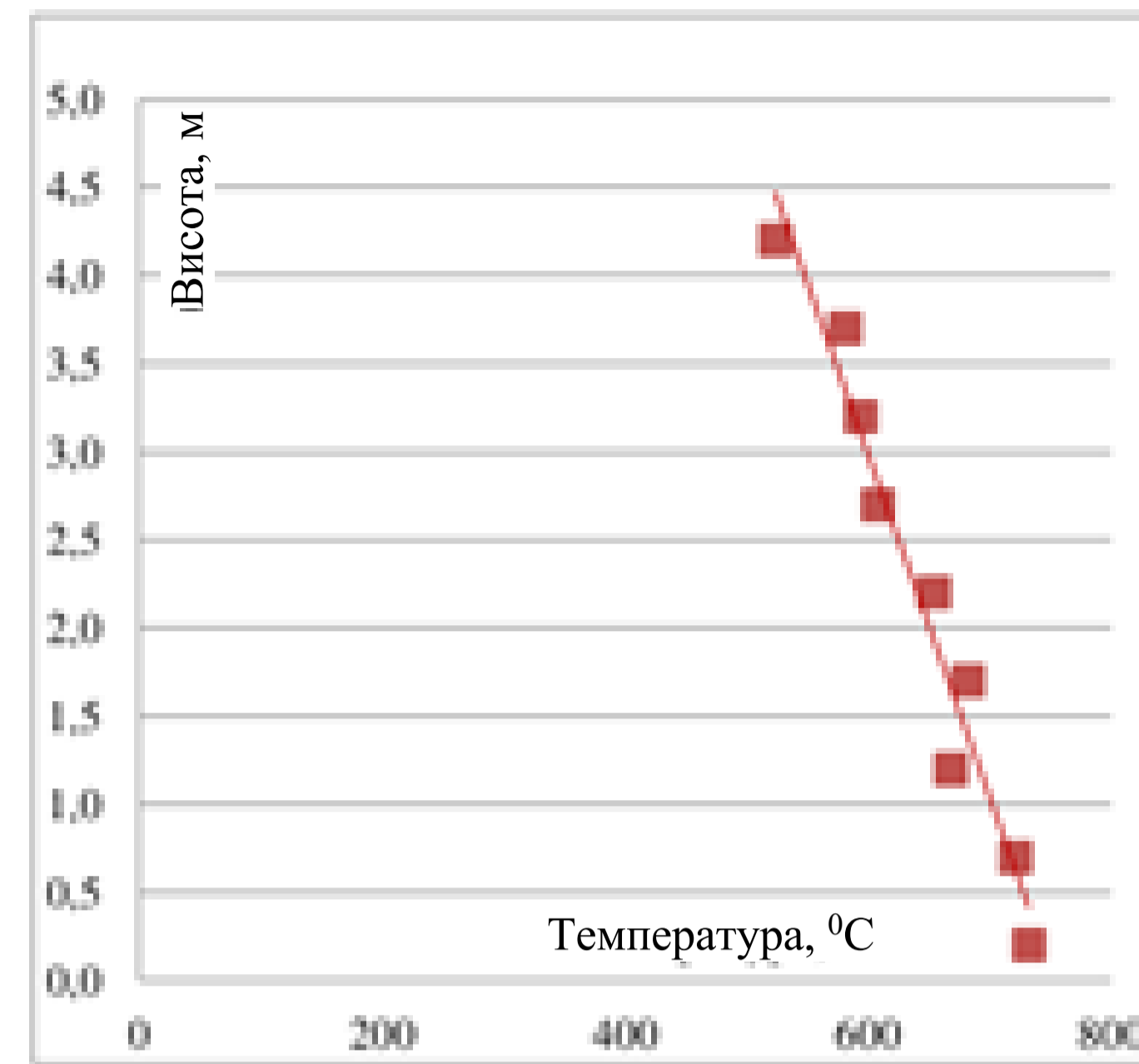
Принципова схема установки захисного екрану



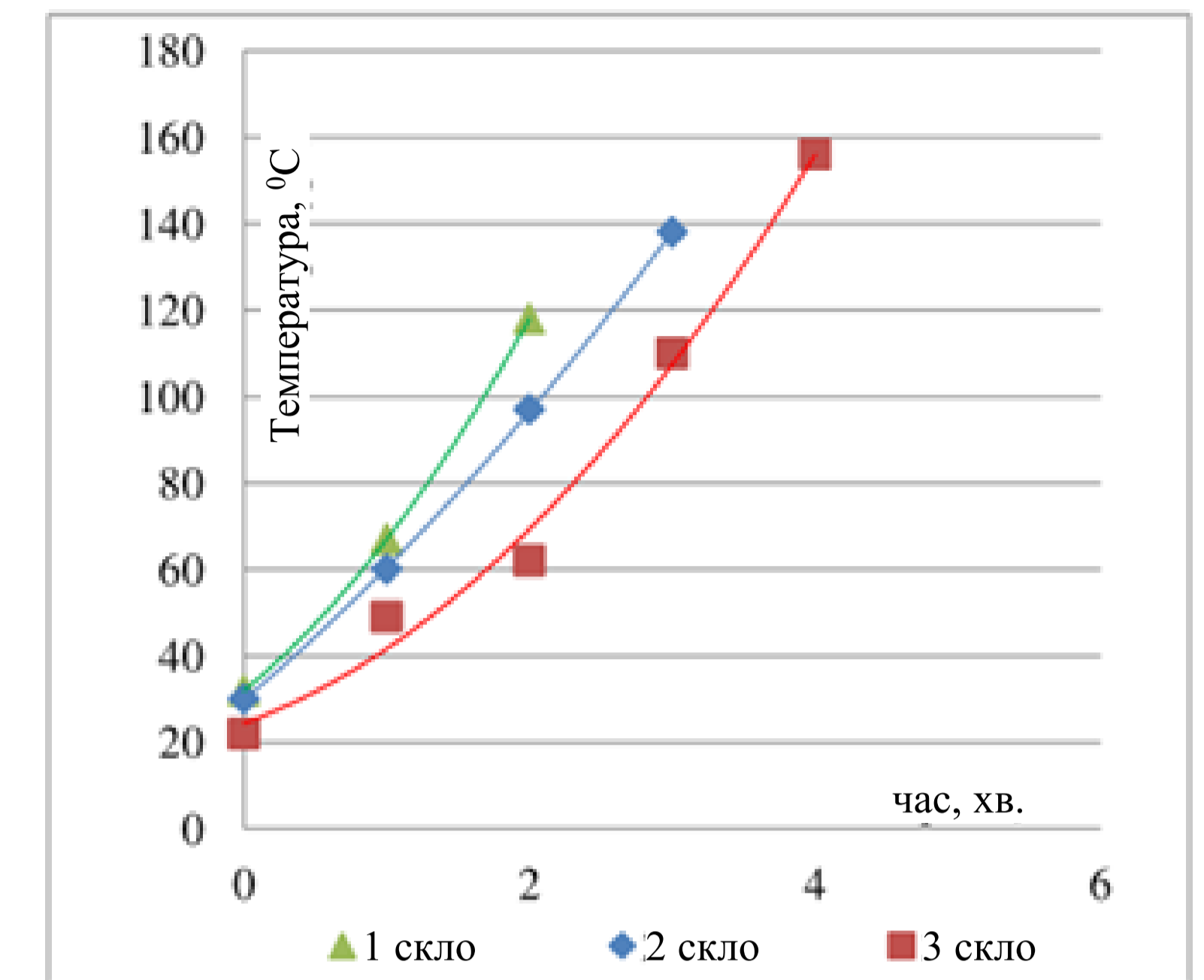
**Параметри розвитку пожежі:
температурний режим**



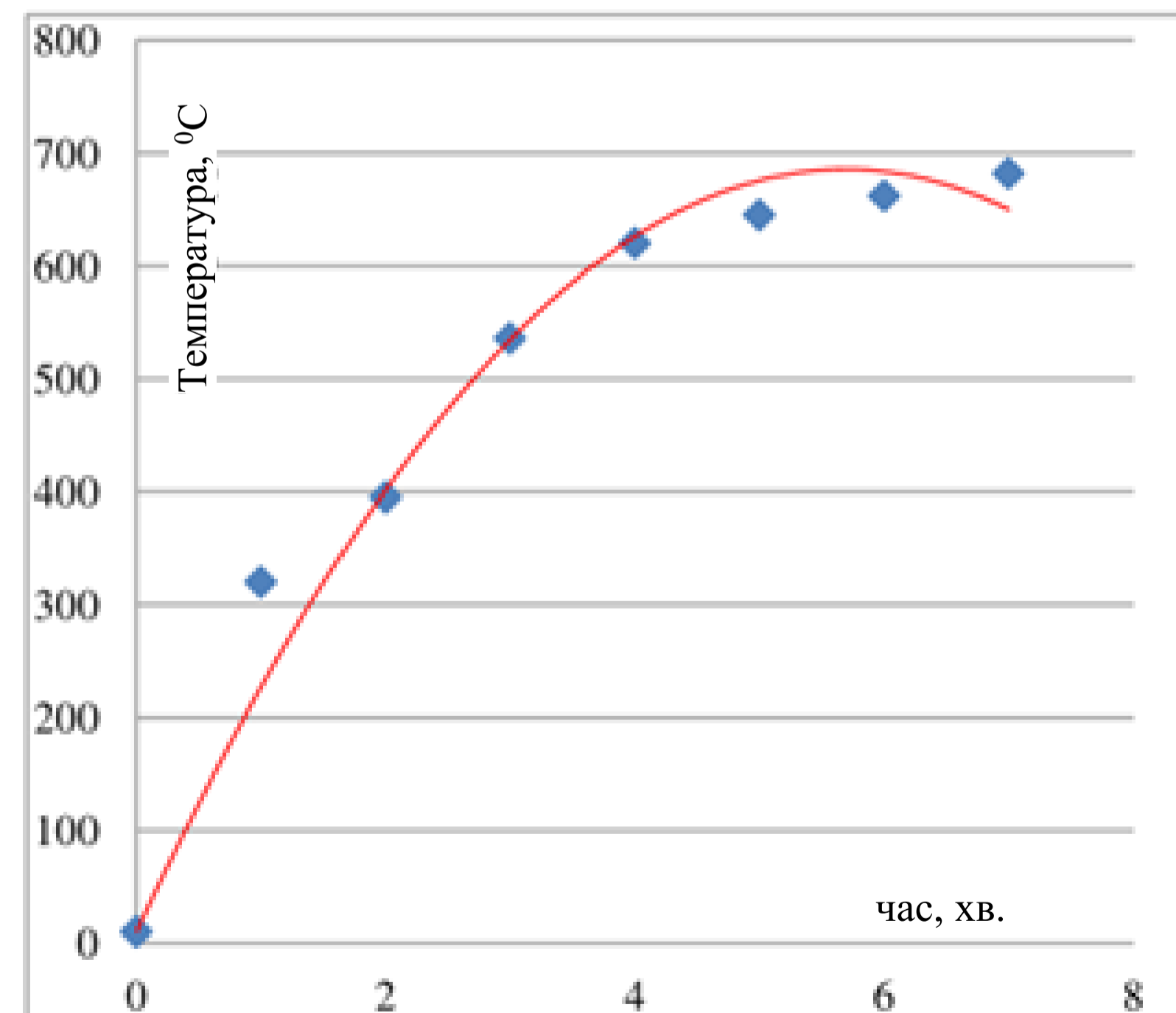
**Розподіл температури вздовж площини фасаду при
виході полум'я назовні в період максимального
розвитку пожежі**



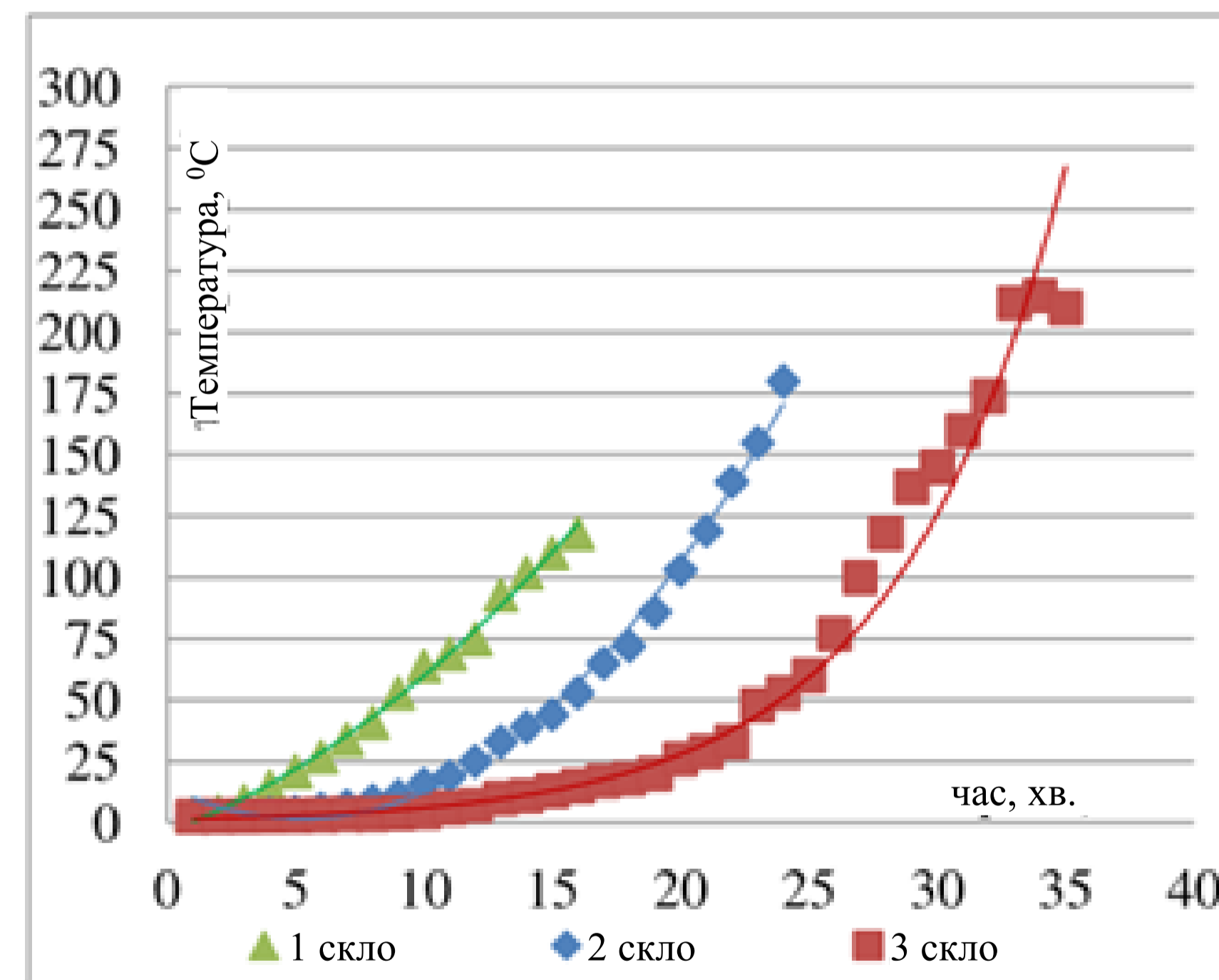
**Прогрівання склопакета віконного заповнення
фасаду будівлі при розвиненому пожежу,
що вийшов назовні**



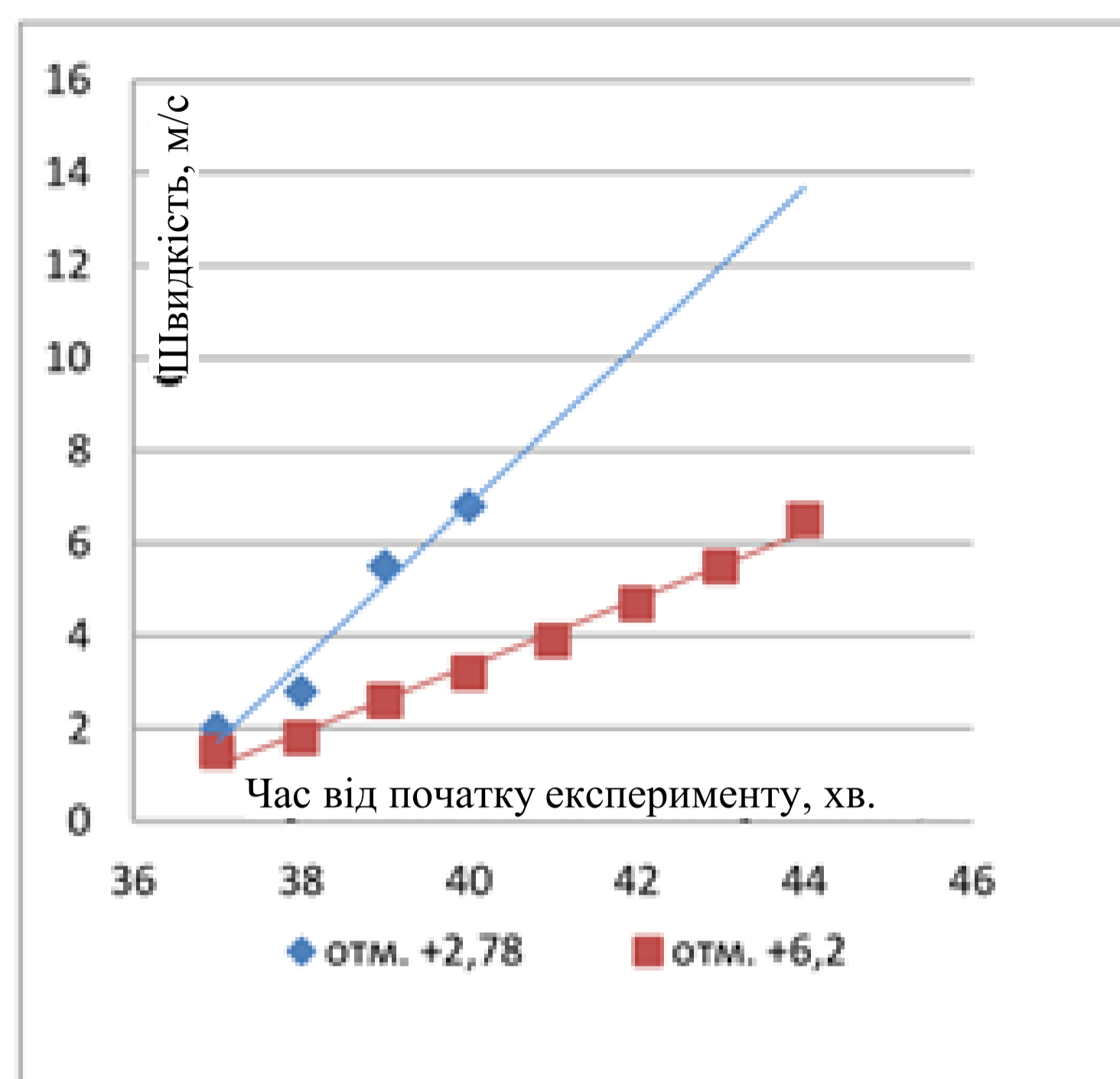
**Критична залежність зростання температури
в зоні впливу на світлопрозору конструкцію**



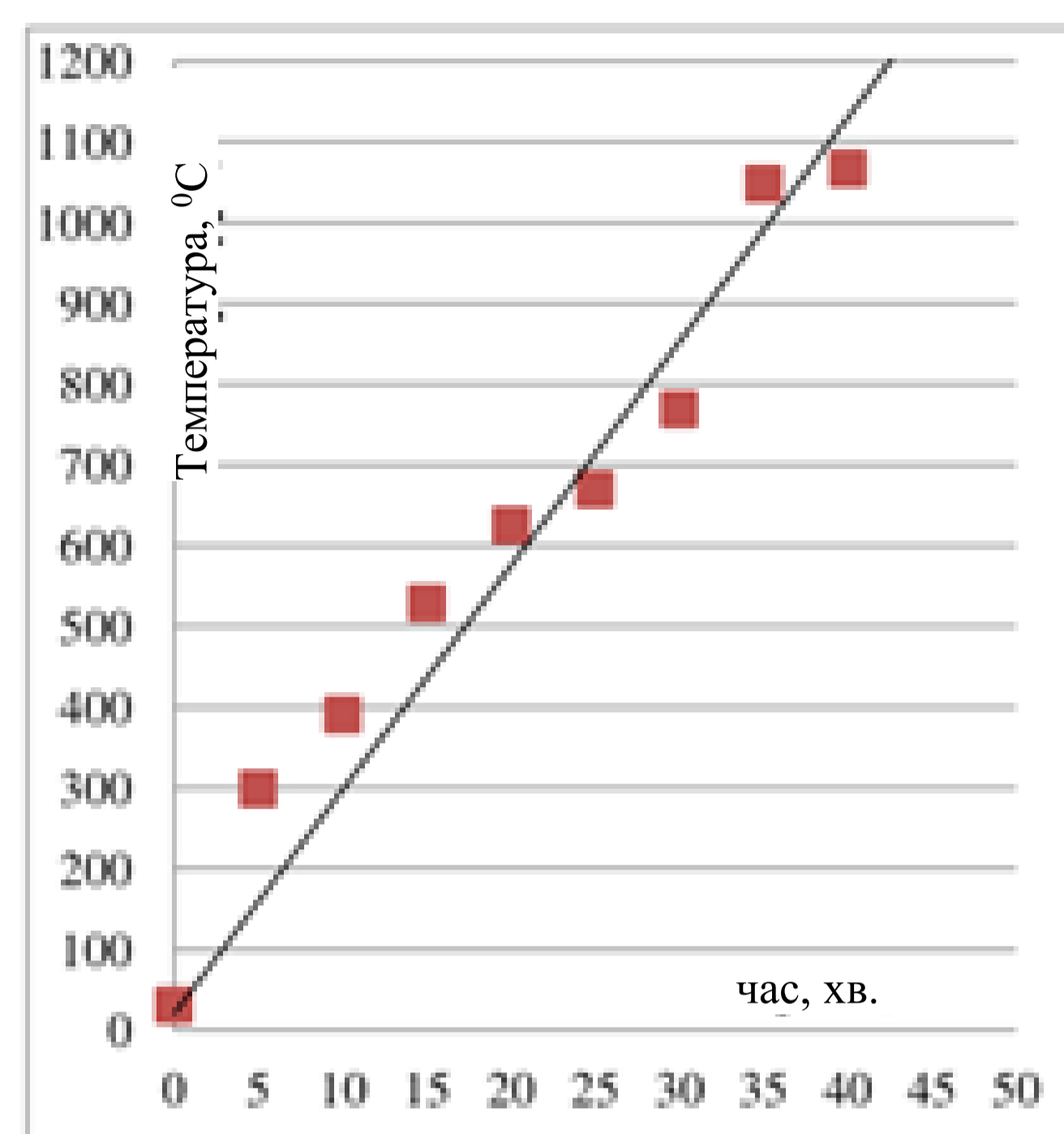
**Прогрівання склопакета віконного заповнення
фасаду будівлі при розвиненому пожежу всередині приміщення**



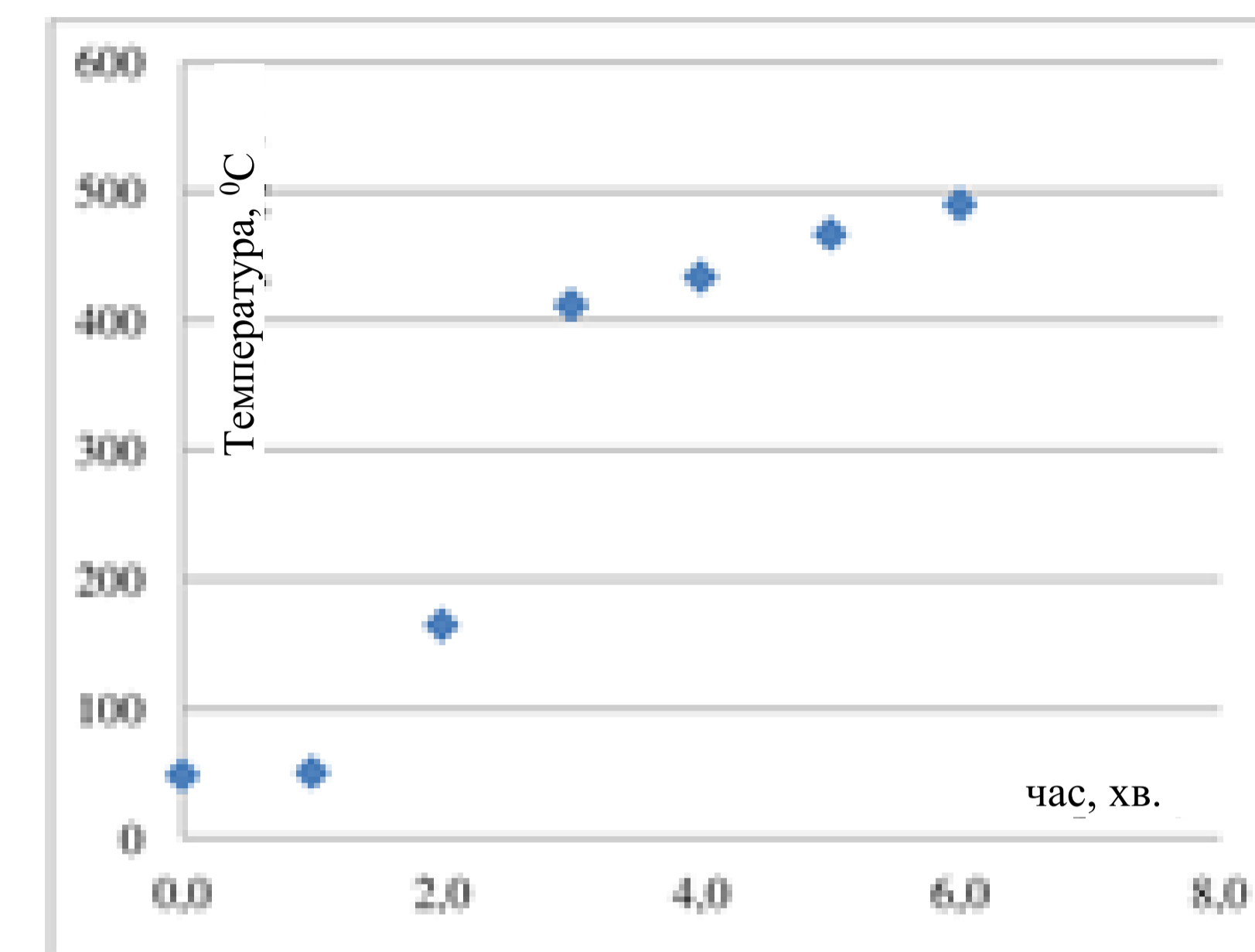
Динаміка зміни швидкостей конвективних потоків уздовж фасаду



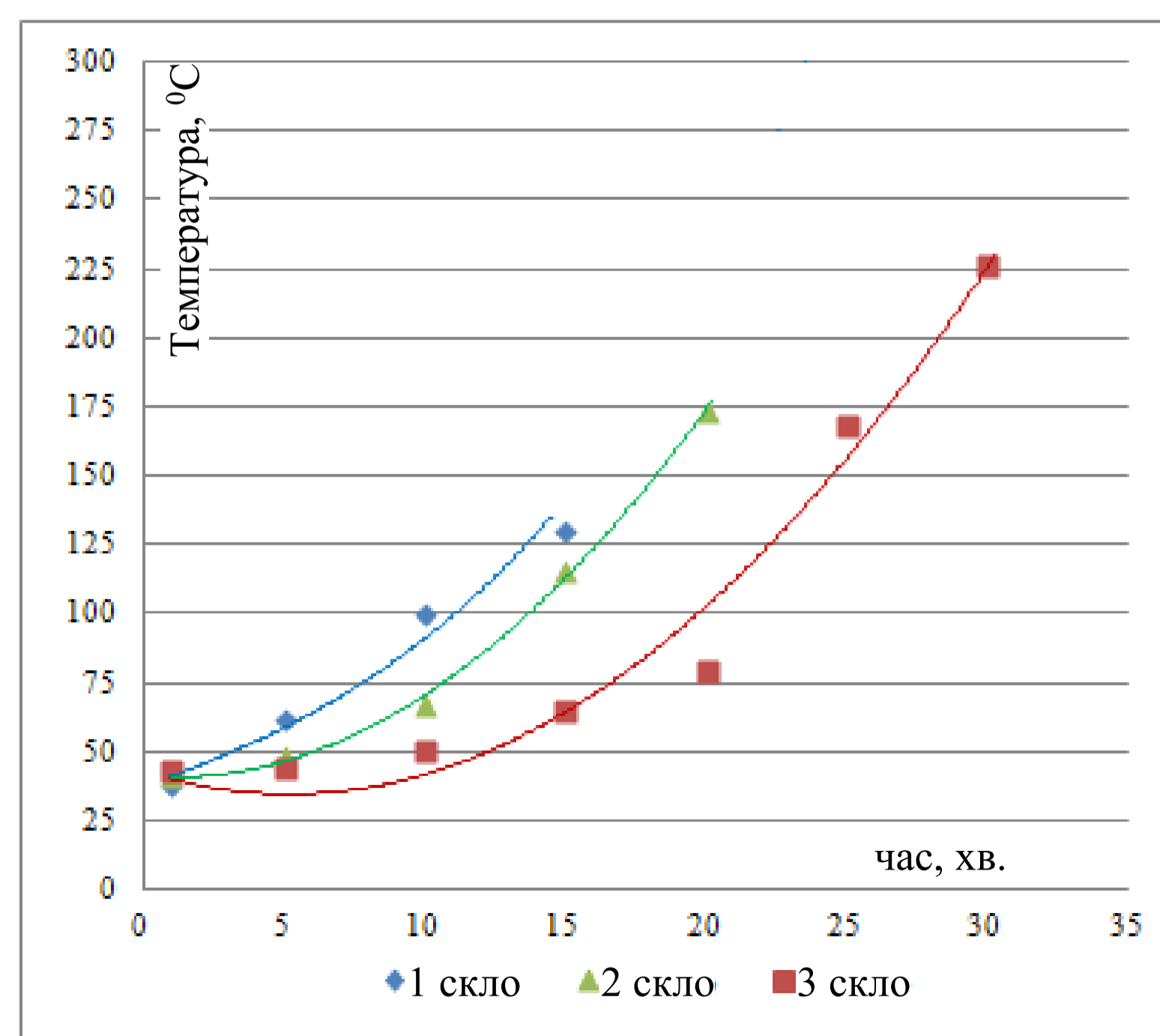
Динаміка зростання середньоб'ємної температури пожежі



Динаміка зростання температури в області світлопрозорого заповнення другого поверху



Прогрівання склопакета віконного заповнення фасаду будівлі при розвиненому пожежі всередині приміщення



Наслідки впливу пожежі на світлопрозорий фасад будівлі



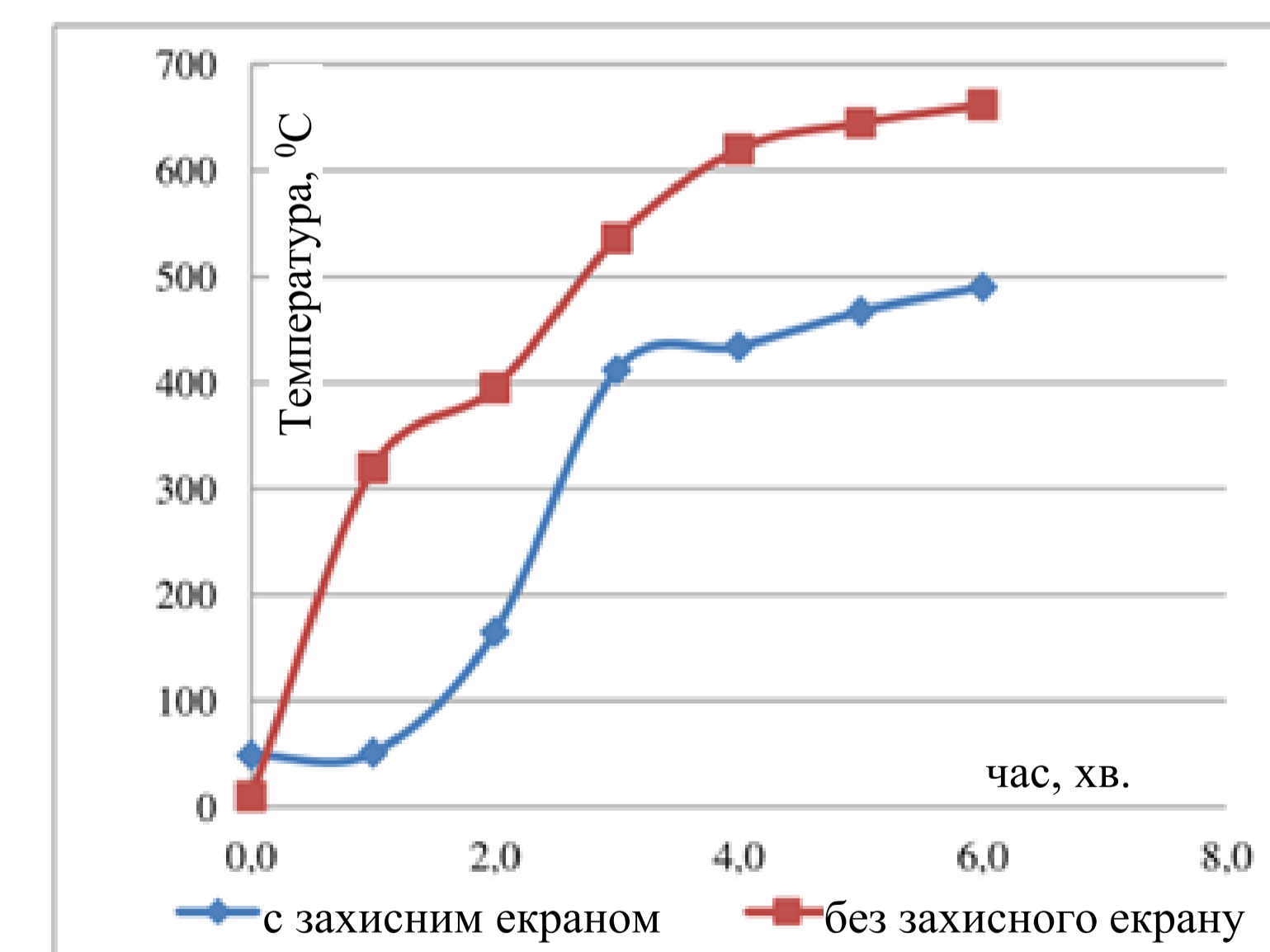
а)



б)

а) без захисту б) з захистом, що обмежує поширення пожежі

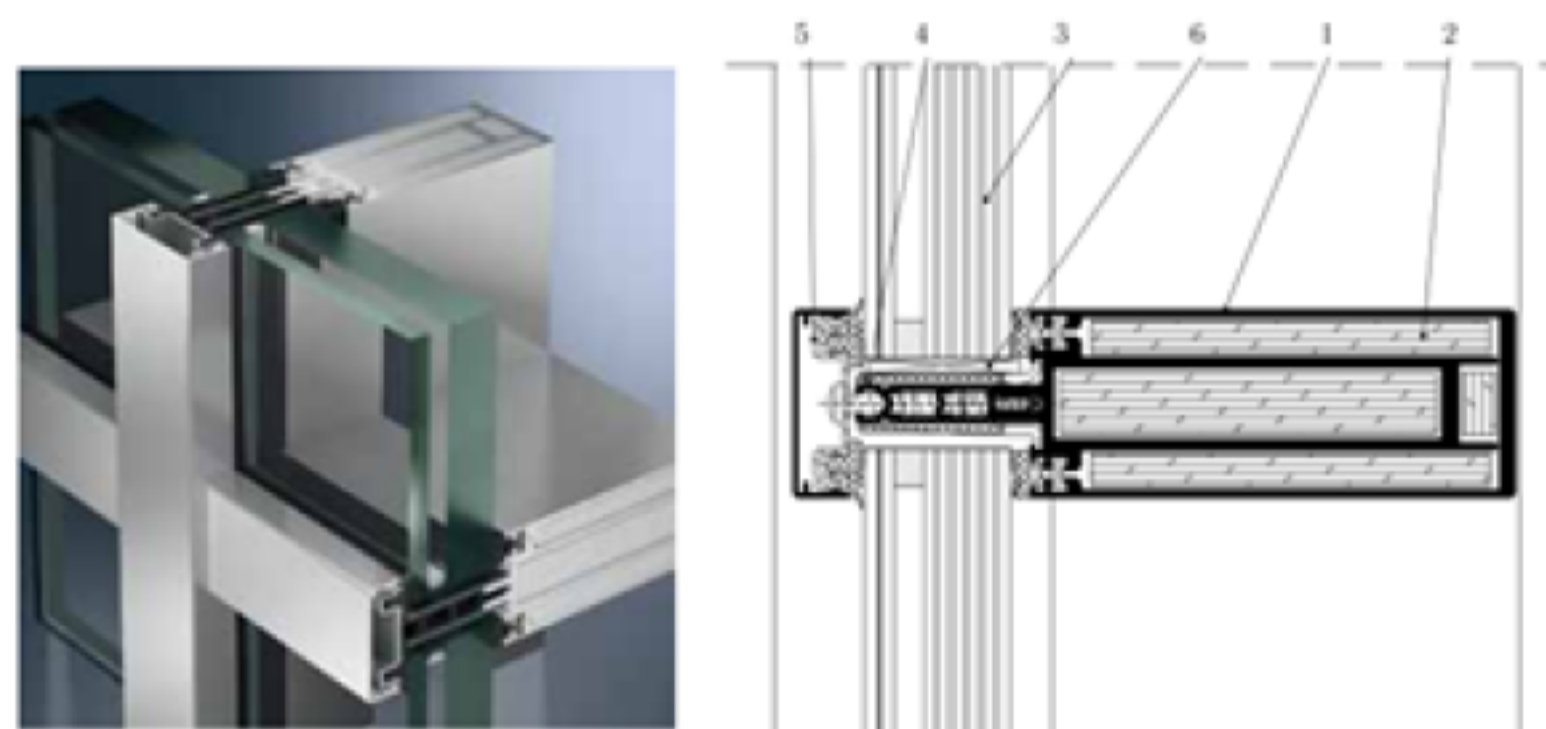
Динаміка зростання температури на фасаді без захисного екрану і з ним



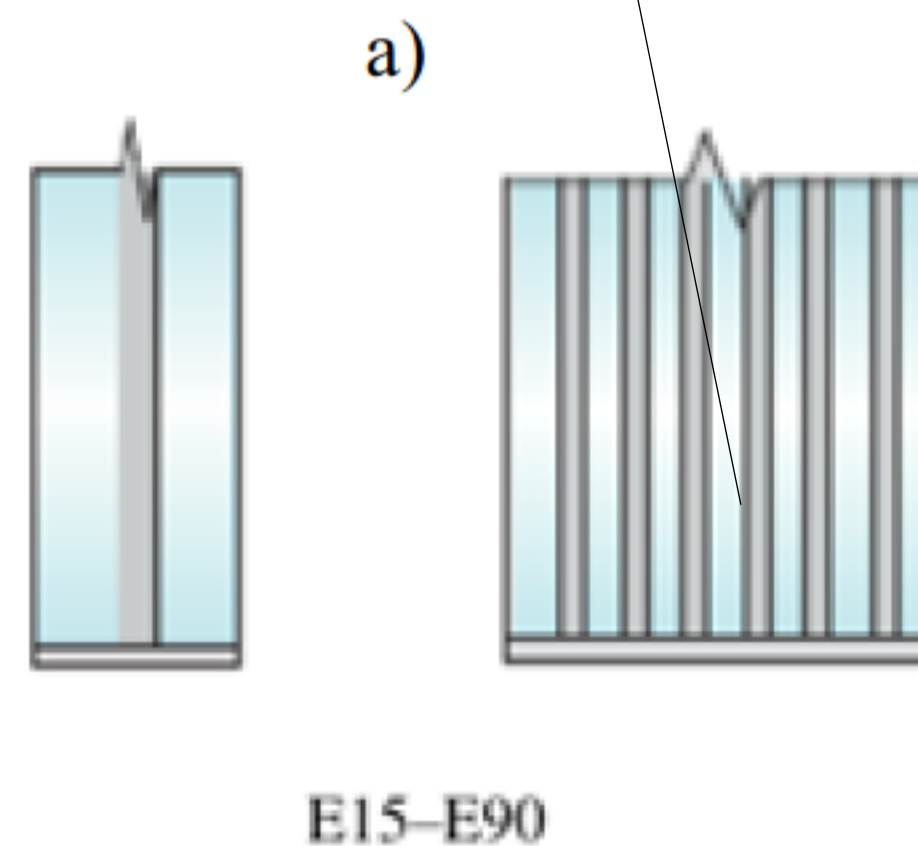
Впровадження наукової діяльності в об'єкті проектування



Конструктивне рішення вогнестійкого світлопрозорого алюмінієвого фасаду з межею вогнестійкості 60 хвилин

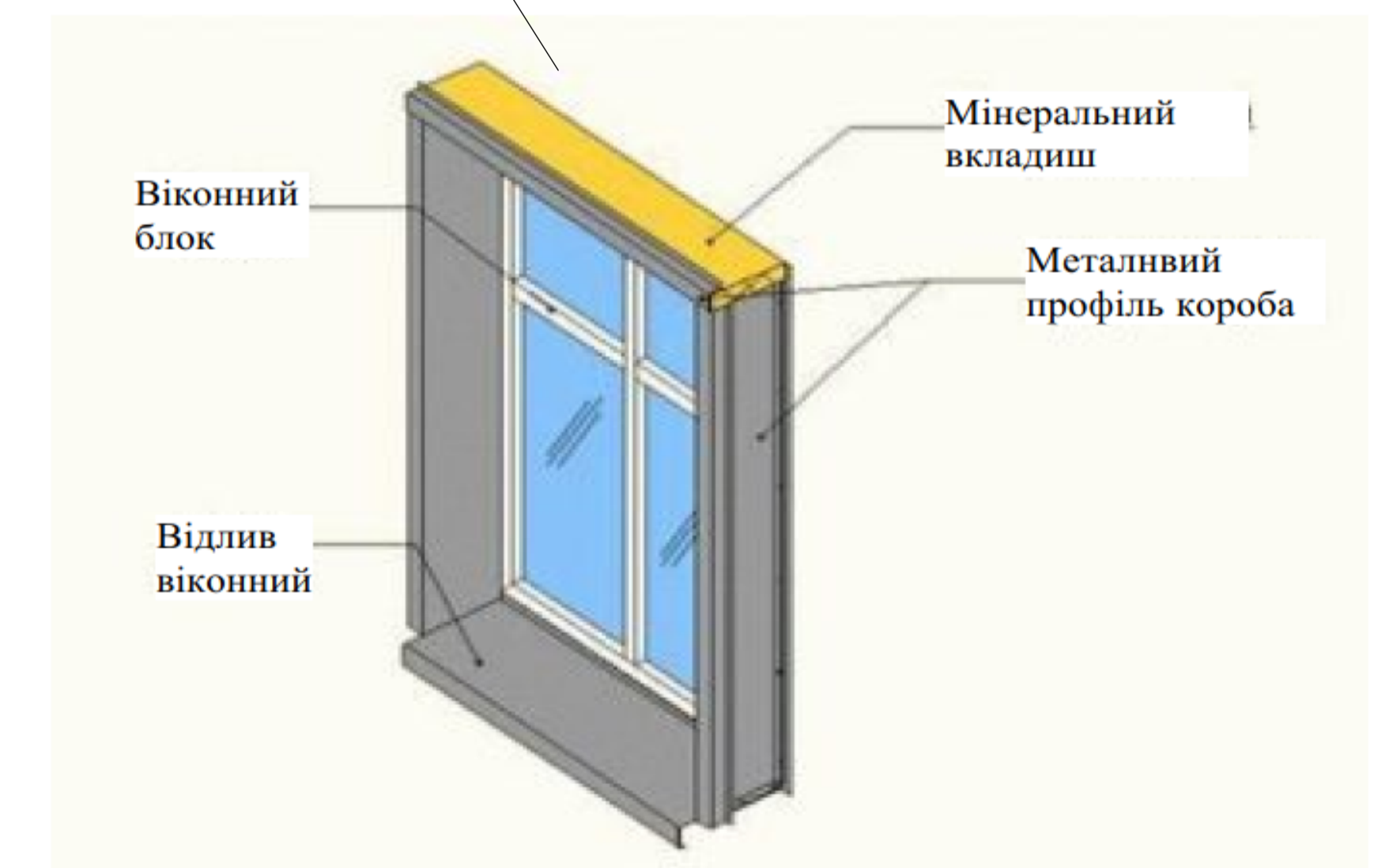


- 1 - алюмінієвий профіль; 2 - вогнестійкі ізолятори в порожніх камерах профілю;
 - 3 - вогнетривке скло; 4 - стрічка, що спінується на ізоляторі гвинтового каналу від перевищення температури;
 - 5 - притискна планка сталевая; 6 - підкладка під склопакет виконана з твердих матеріалів
- до небезпечних факторів пожежі відносять високу температуру, зниження концентрації кисню в повітрі, високі концентрації продуктів горіння і термічного розкладання, втрату видимості через задимленості приміщень і шляхів евакуації.



Тип вогнестійких склопакетів які використовуються в будівлі

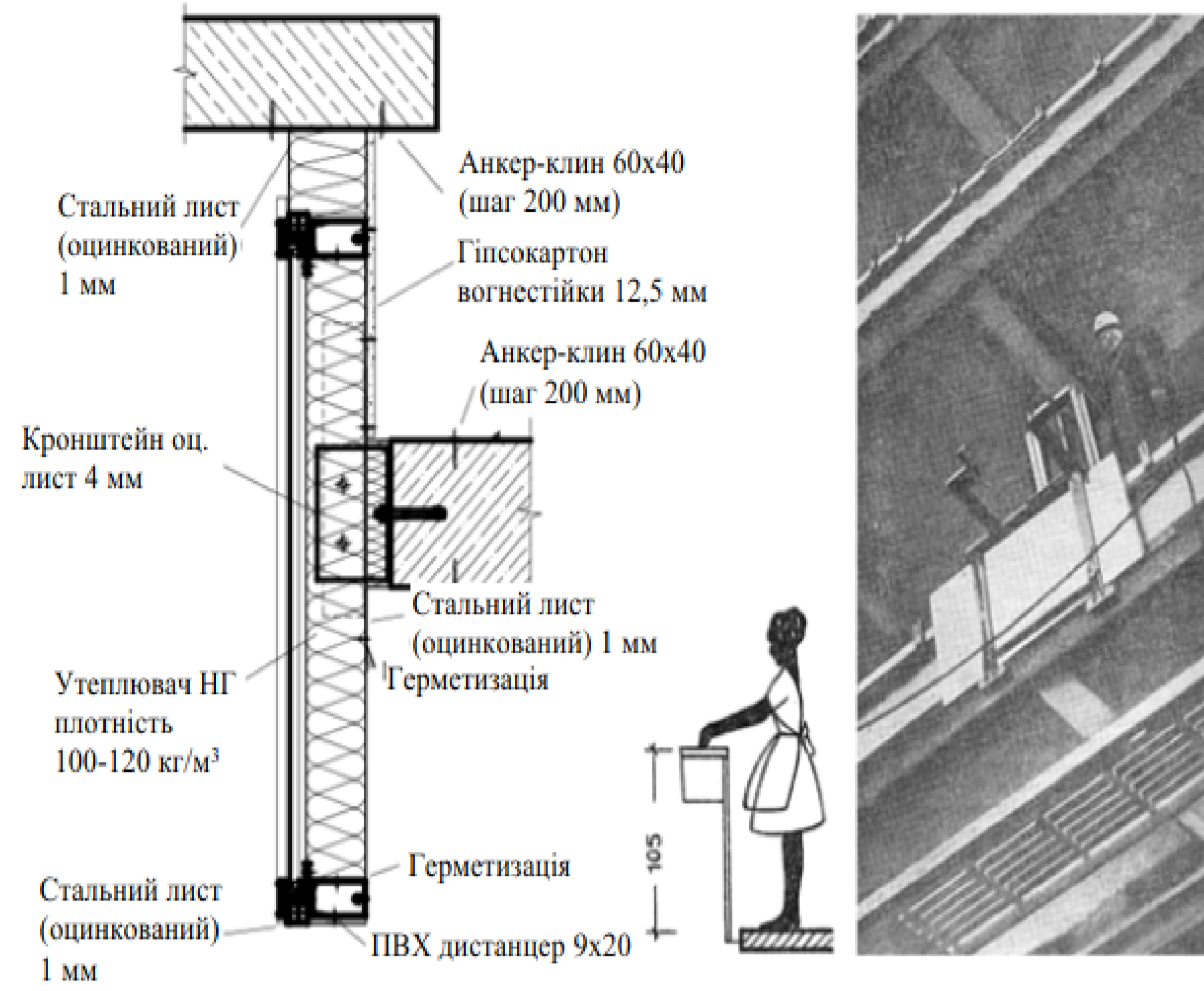
Пожежний короб



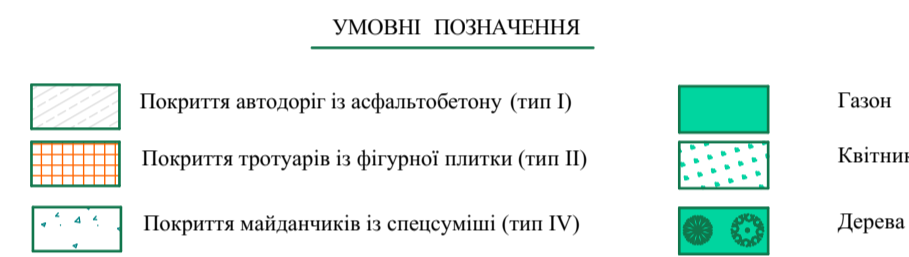
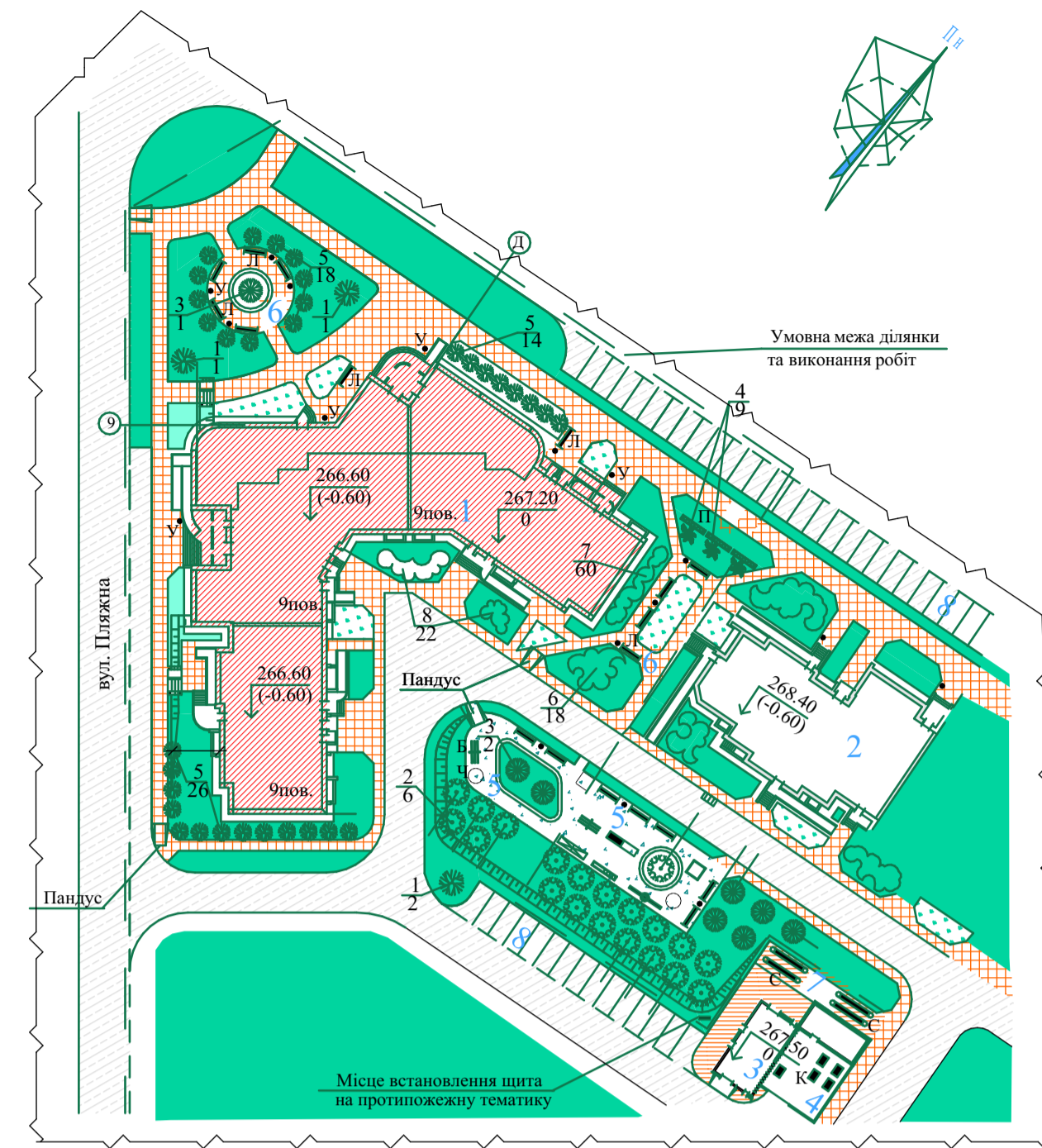
						08-08.МКР.002-АР		
						м. Вінниця		
Зм.	Кільк.	Лист	ЛР Док	Підпис	Дата	Стійкість фасадних світлопрозорих конструкцій будівель при пожежі		
Розробил	Гандриук Е. Д.					Сторін	Аркши	Аркшиб
Перевірив	Половин М. М.					п	9	15
Керівник	Половин М. М.					Впровадження наукової діяльності в об'єкті проектування конструктивне рішення вогнестійкого світлопрозорого огнестійкого фасаду з межею вогнестійкості 60 хвилин, тип вогнестійких склопакетів які використовуються в будівлі, пожежний короб		
Нам контроль	Масляк І. В.					ВНТУ, зр. Б-19м		
Опрант								
Затвердив	Швець В. В.							

Вузол 1

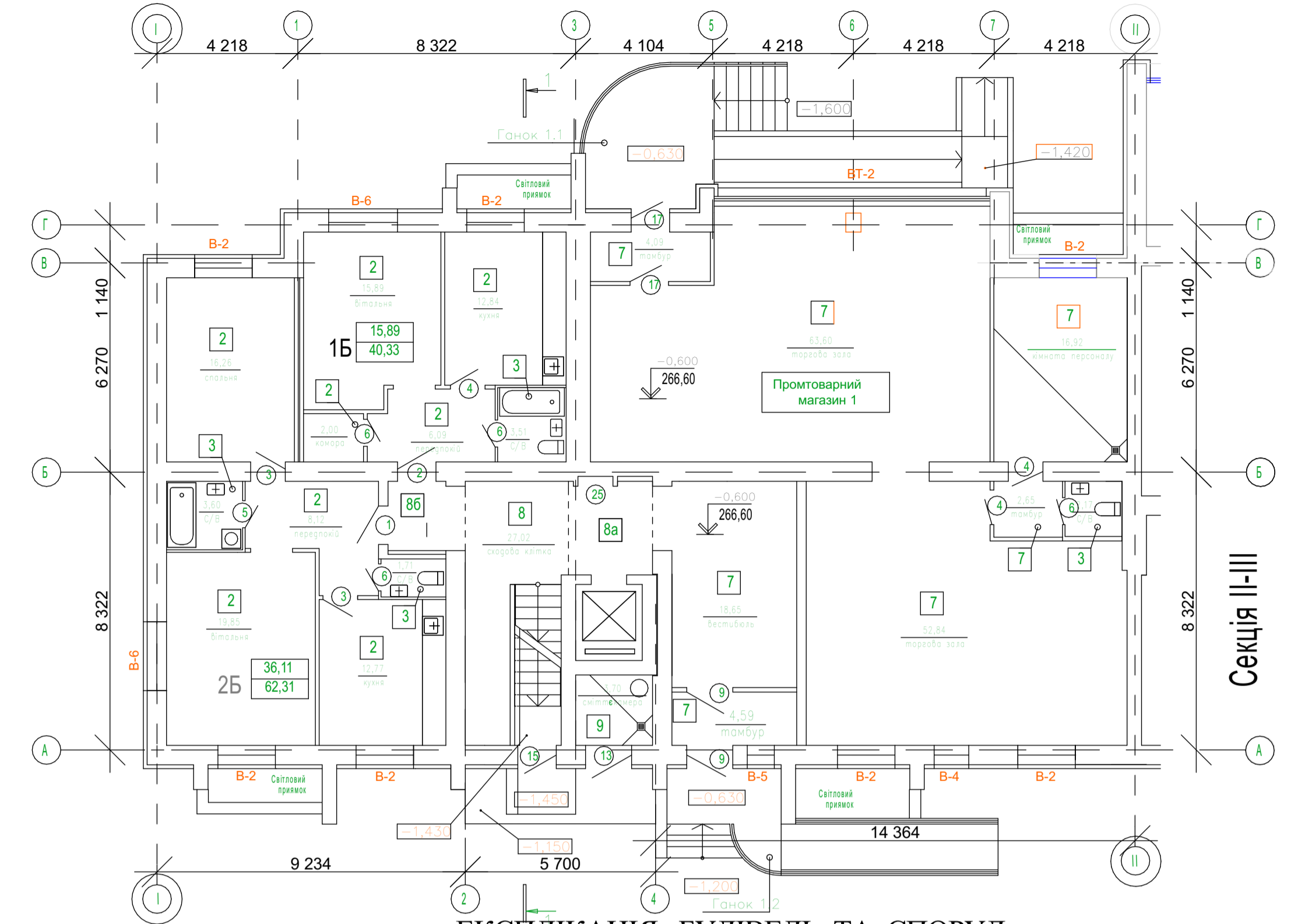
Конструктивне рішення протипожежних поясів в світлопрозорих фасадах



Генеральний план



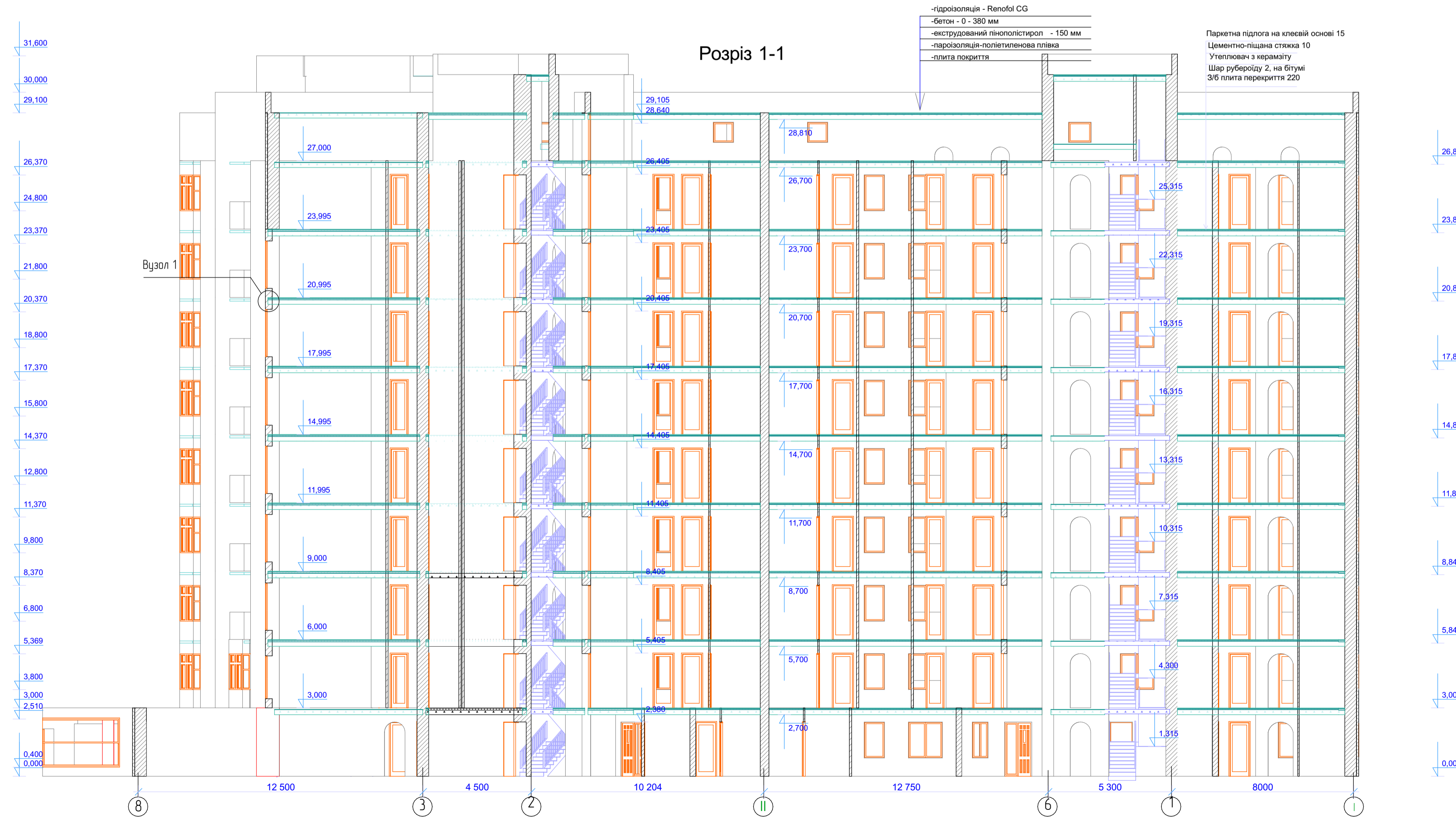
План першого поверху Секція I-II



ЕКСПЛІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

№ по ГП	Найменування будівлі (споруди)	Пов.	Площа забудов. м2	Примітки
1	Житловий будинок на 98 квартир з вбудованими приміщеннями	9	1928	Інд. проект
2	Спортивний комплекс	2	-	Подальше проект
3	Трансформаторна підстанція		70	ТП407-3-517.88
4	Сміттєзбірник з побутовими приміщеннями		123	Проект. індивід.
5	Дитячий майданчик			Проект.
6	Майданчик для відпочинку дорослих			Проект.
7	Майданчик для господарських цілей			Проект.
8	Автостоянка (3шт.)			Проект.

Розріз 1-1

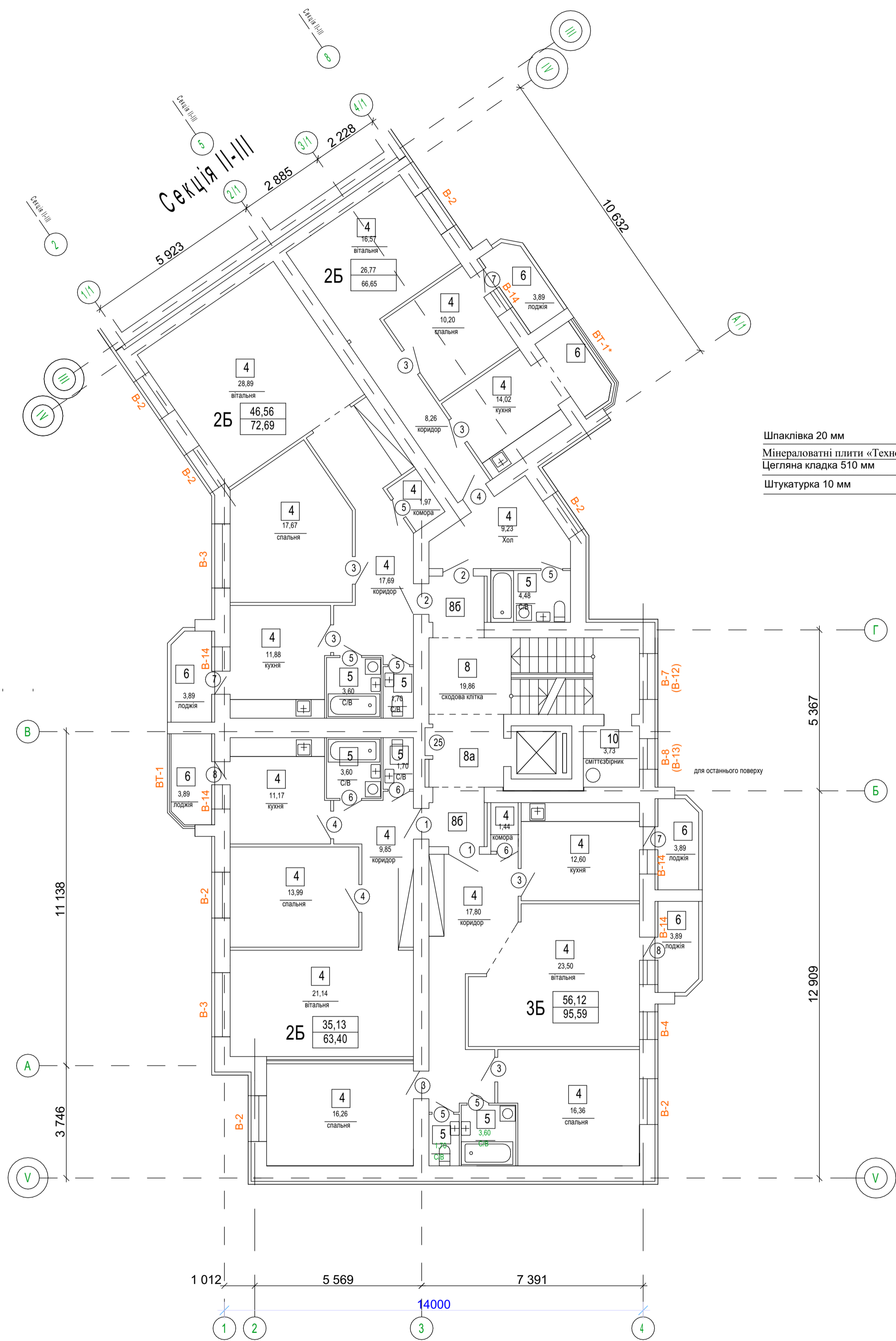


ОСНОВНІ ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Найменування		Кількість
1.	Площа території (в межах виконання робіт),	м ² 8154
2.	Площа забудови,	м ² 2121
3.	Площа покриття,	м ² 3162
4.	Площа озеленення,	м ² 2871
5.	Коефіцієнт забудови	0,29
6.	Коефіцієнт покриття	0,31
7.	Коефіцієнт озеленення	0,40

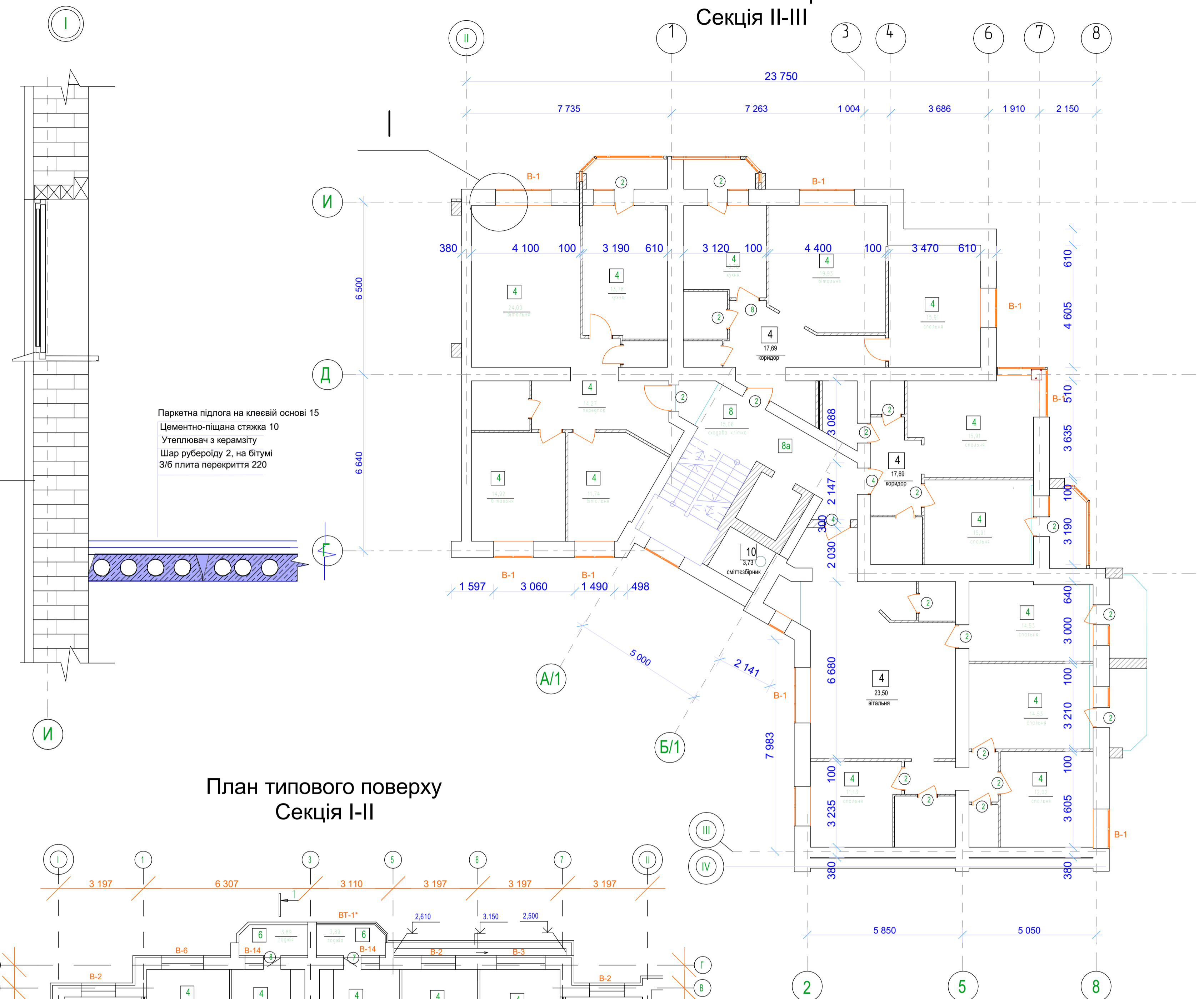
						08-08.МКР.002-АР					
						М. ВІННИЦЯ					
Зм.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Стієкість фасадних світлопрозорих конструкцій будівель при пожежі					
Розробив	Генератор Е. Д.								Сторін	Аркш	Аркшів
Перевірив	Половин М. М.								п	10	15
Керівник	Половин М. М.								Генеральний план, план першого поверху Секція I-II, розріз 1-1, вузол 1, експлікація будівель та споруд, основні техніко-економічні показники		
Нам. контроль	Масельська І. В.										
Опаний	Швець В. В.					ВНУр, зр. Б-19мі					

План типового поверху
Секція IV-V



Шпаклівка 20 мм
Мінераловатні плити «ТехноНіколь»
Цегляна кладка 510 мм
Штукатурка 10 мм

Типовий поверх
Секція II-III



Паркетна підлога на клеєвій основі 15
Цементно-піщана стяжка 10
Утеплювач з керамзитом
Шар рубероїду 2, на бітумі
3/6 плита перекриття 220

План типового поверху
Секція I-II

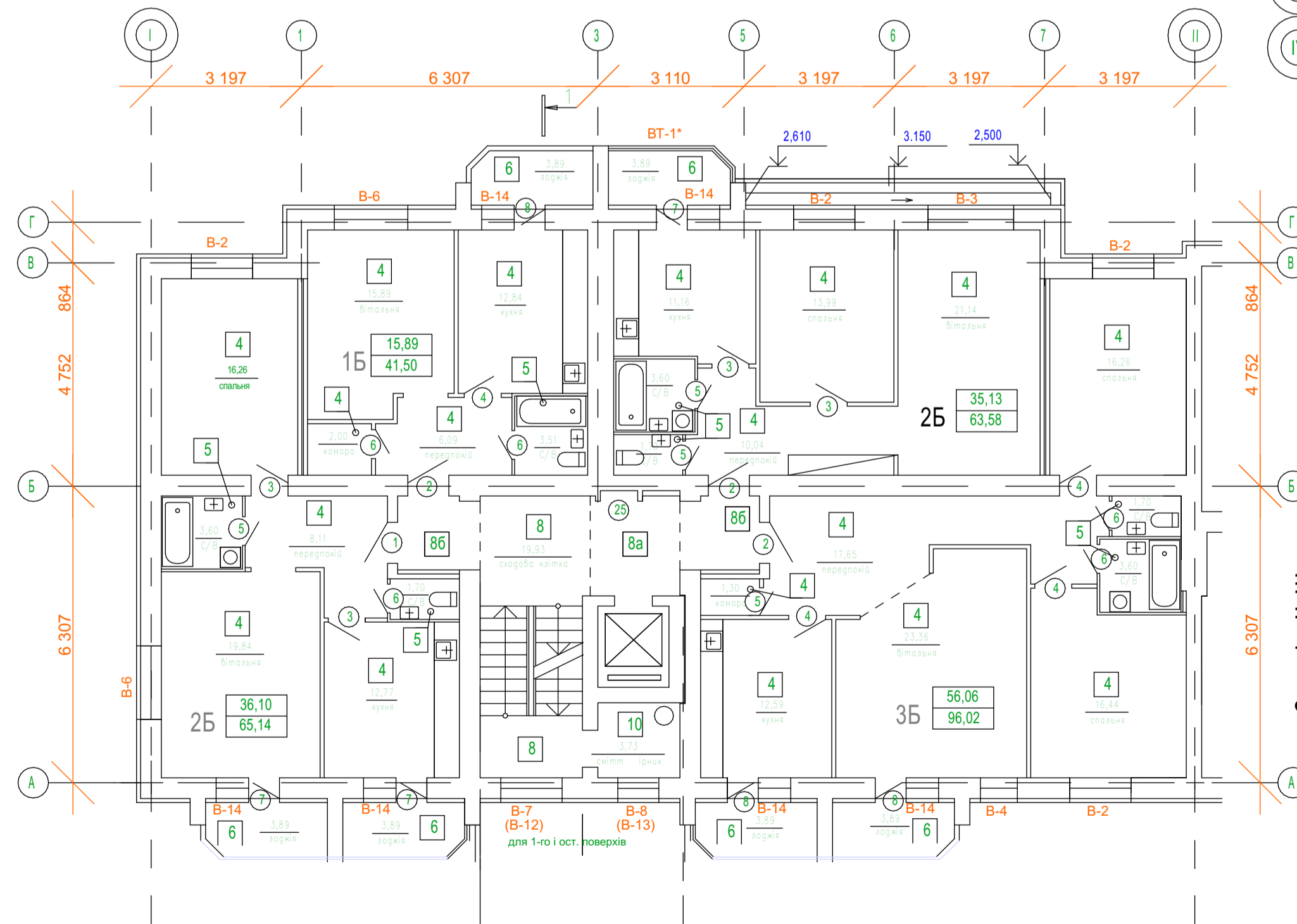
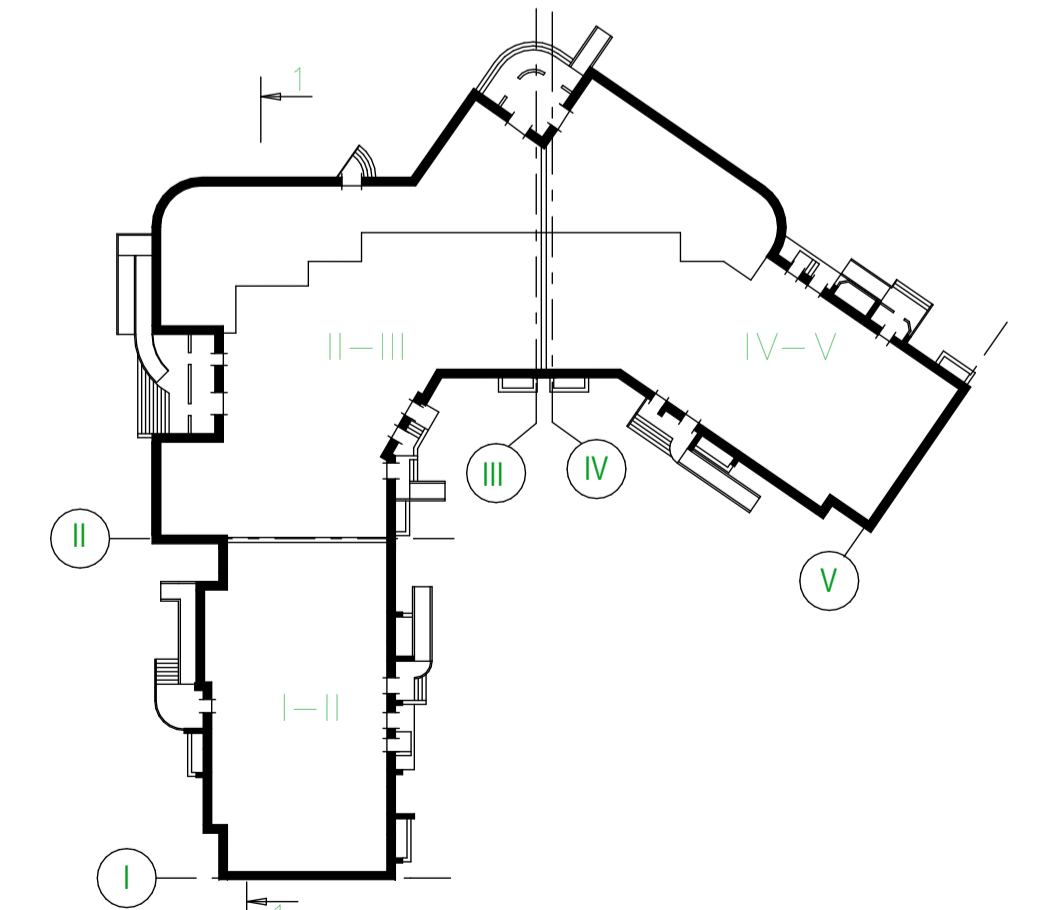


Схема розміщення секцій

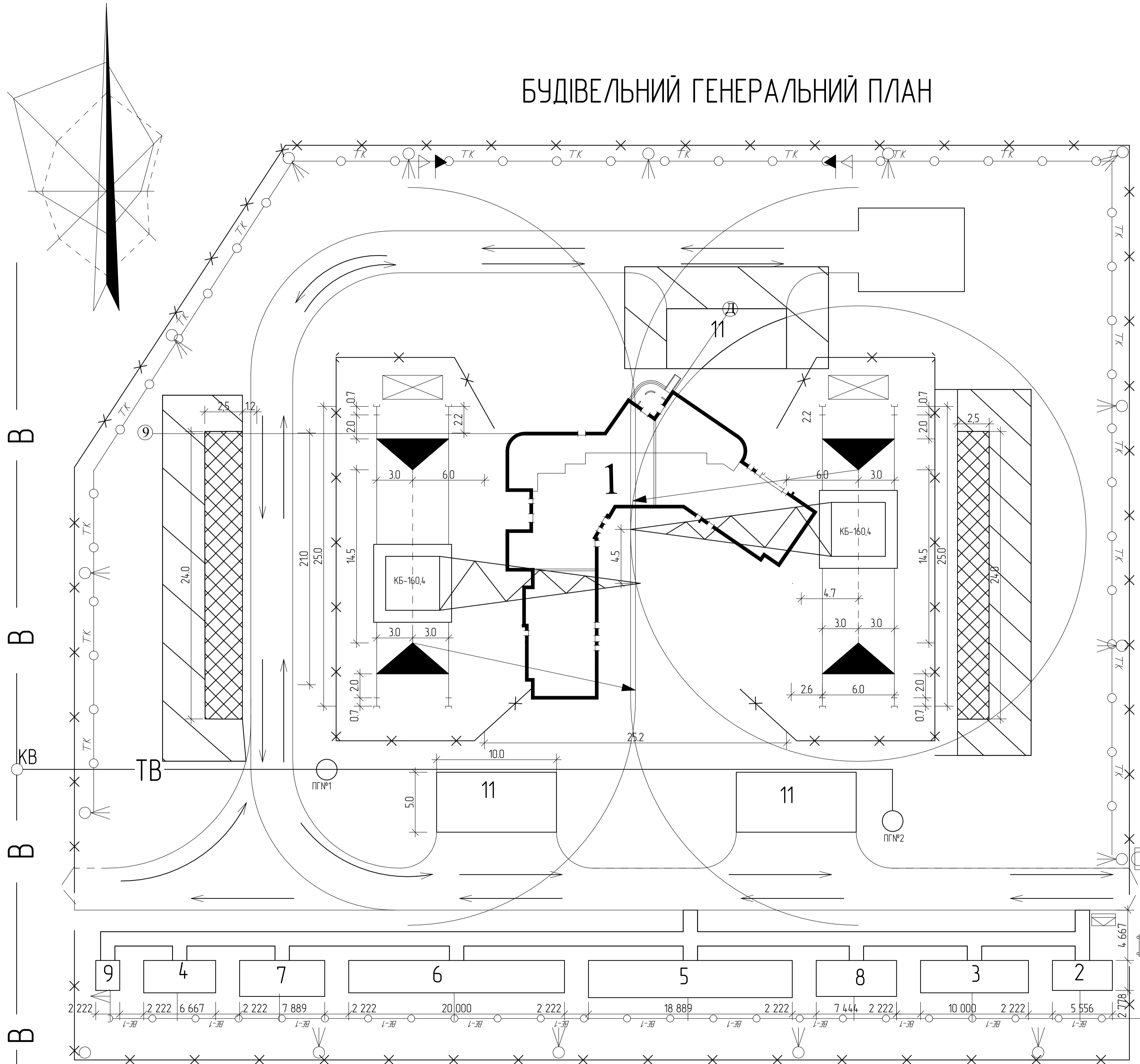


УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

- ① - тип дверей
- B-1 - тип вікон
- 1 - тип підлог

08-08.МКР.002-АР						
М. ВІННИЦЯ						
Зм.	Кільк.	Лист	ЛР Фак	Підпис	Дата	
Розробив	Гончарук Е. Д.					
Перевірив	Половин М. М.					
Керівник	Половин М. М.					
Надз. контроль	Масляк І. В.					
Опонамент						
Затвердив	Швець В. В.					
Співісність фасадних світлопрозорих конструкцій будівель при пожежі				Слов'я	Аркши	Аркши
Плани перших поверхів, схема розміщення секцій, умовні позначення, вузол I				п	12	15
ВНУч, гр. Б-19мі						

Пн



Умовні позначення

Позначення	Назва
	Будівля, що будується
	Тимчасова будівля
	Тимчасова дорога
	Знак обмеження швидкості
	В'їзд і виїзд
	Пішохідна доріжка
	Тимчасова огорожа
	Пожезний щит
	Схема руху транспорту по майданчику
	Ліхтар охоронного освітлення
	Тимчасова ЛЕП
	Тимчасова каналізація

ТЕП проекту

№ п/п	Показники	Од. виміру	Величина показника
1	Директивний термін будівництва	місяців	16
2	Фактичний термін будівництва	місяців	15,3
3	Показник рівномірності буд. потоку		2,4
4	Показник компактності будівельного плану		0,28
5	Показник відношення площі тимчасових будівель до площі забудови		0,24
6	Показник використання території під склади		0,5
7	Показник розвитку тимчасових доріг		0,16

Експлікація будівель та споруд

№ п/п	Назва	Кількість	Корисна площа м	Розміри, м	Тип будівлі
1	Будівля, що проектується	1			
2	Прохідна	1	12,5	2,5x5	пересувна
3	Викоробська	1	24,3	2,7x9	пересувна
4	Сушилка	1	16,2	2,7x6	пересувна
5	Їдальня	1	52,7	17x3,1	корпусна
6	Гардеробна з умив.	1	48,6	2,7x18	пересувна
7	Душова	1	21,3	3,0x7,1	корпусна
8	Прим. для відпочинку	1	20,1	3,0x6,7	корпусна
9	Туалет	1	120	2x2,5	збірна
10	Закритий склад	1	70,8	5x24	збірна
11	Навіс	3	50,0	5x10	збірна

					08-08.МКР.002-П05		
					м. Вінниця		
Зм.	Кільк.	Лист	№ док.	Підпис	Дата		
Розробил	Генератор	Е. Д.				Стійкість фасадних світлопрозорих конструкцій будівель при пожежі	
Перевірив	Половин	М. М.				Сторін	Аркшв
Керівник	Половин	М. М.				п	15
Нам. контроль	Масюк	І. В.				Будівельний генеральний план, умовні позначення, ТЕП проекту, експлікація будівель та споруд	
Опонав						ВНТУ, гр. Б-19мі	
Затвердив	Швець	В. В.					

ВІДГУК

керівника магістерської кваліфікаційної роботи
магістранта Гонгарук Є.Я.

Магістерська кваліфікаційна робота на тему Стійкість фасадних світлопроборних конструкцій будівель при пожежі
виконана згідно з завданням, відповідає темі, містить
(не)відно (не)відповідає
15 аркушів графічного матеріалу і пояснювальну записку з 177 сторінок, підписана консультантами і має рецензію.

1 Актуальність теми, наявність замовлення проекту підприємством організації) тема актуальна

2 Основний розділ МКР науковий

3 Кількість пророблених варіантів проектних рішень у основному розділі, ступінь доцільності прийнятих студентом варіантів, їх спрямованість на пошук оптимального рішення з урахуванням останніх досягнень науки і техніки. Застосування варіантних підходів при вирішенні решти проектних рішень розглянуто два варіанти конструктивного захисту будівлі від розповсюдження вогню

4 Глибина обґрунтувань прийнятих рішень достатня

5 Рівень інженерної підготовки і ерудиції магістранта середній

6 Творчий потенціал і ступінь самостійності магістранта у вирішенні поставлених задач низький

7 Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень проаналізовані експериментальні дослідження виконані іншими авторами

8 Застосування ЕОМ для вирішення задач основної частини проекту (оптимізація, моделювання, САПР, технічні розрахунки складних систем та ін.), наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ і режиму використання, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у проекті застосовано текстові та графічні редактори для оформлення роботи

9 Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів відповідає

10 Дотримання магістрантом графіка проектування дотримувався

11 Практична цінність роботи, можливість її реалізації можлива реалізація при глибокій деталізації розробки

12 У магістерській кваліфікаційній роботі можна відмітити такі недоліки:

1. Об'єкт будівництва не відображає найкращі наукові досягнення
2. Технологічна карта розроблена на ґрунті зовнішніх стін. Відсутні роботи по бетону, розглянутих в першій частині
3. Строчковий графік не відображає роботи по водозахисту

Магістерська кваліфікаційна робота у цілому виконана на низькому рівні, при відповідному захисті заслуговує на оцінку задовільно а студент заслуговує на присвоєння кваліфікації магістр з будівництва

Керівник роботи доц. Каф. БМГА

(позала, науковий ступінь)

(підпис)

(прізвище)

ВІДГУК

ОПОНЕНТА магістерської кваліфікаційної роботи
магістранта ГОНЧАРУК Е.П.

Магістерська кваліфікаційна робота на тему світлопрозорих конструкцій дубівель при пожежі

виконана згідно з завданням, відповідає темі, містить
(незгідно) (не відповідає)

15 аркушів графічного матеріалу і пояснювальну записку з 177 сторінок, підписана консультантами і має рецензію.

1 Актуальність теми, наявність замовлення проекту підприємством організації) тема актуальна і може виконуватися на замовлення

2 Основний розділ МКР науковий

3 Кількість пророблених варіантів проектних рішень у основному розділі, ступінь доцільності прийнятих студентом варіантів, їх спрямованість на пошук оптимального рішення з урахуванням останніх досягнень науки і техніки. Застосування варіантних підходів при вирішенні решти проектних рішень магістерська кваліфікаційна робота розроблена з варіантним моделюванням науково-технічних рішень для елементів конструкційного захвату дубівель.

4 Глибина обґрунтувань прийнятих рішень представлені в МКР приклади рішень містять достатню глибину обґрунтувань

5 Рівень інженерної підготовки і ерудиції магістранта рівень високий
відповідає кваліфікації

6 Творчий потенціал і ступінь самостійності магістранта у вирішенні поставлених задач магістр є здатний самостійно вирішувати поставлені завдання. Потенціал великий.

7 Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень представлені в МКР науково-технічні результати відповідають вимогам для випускних робіт.

8 Застосування ЕОМ для вирішення задач основної частини проекту (оптимізація, моделювання, САПР, технічні розрахунки складних систем та ін.), наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ і режиму використання, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у проекті в МКР розроблено та оформлено з використанням сучасних комп'ютерних продуктів і з використанням інформатичних технологій.

9 Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів робота оформлена згідно з вимогами

10 Дотримання магістрантом графіка проектування магістр своєчасно виконував завдання дотримуючись графіка.

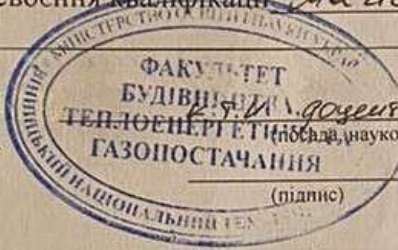
11 Практична цінність роботи, можливість її реалізації окремі рішення представлені в роботі мають практичну цінність

12 У магістерській кваліфікаційній роботі можна відмітити такі недоліки:

- 1) В технічному розрізі майже було з більшою ретельністю проаналізувати інженерні рішення з точки зору потенціалу безпеки
- 2) Наукова новизна аргументована як практичне застосування результатів

Магістерська кваліфікаційна робота у цілому виконана на високому рівні,
при відповідному захисті заслуговує на оцінку добре
а студент заслуговує на присвоєння кваліфікації магістр з будівництва

ОПОНЕНТ



доцент кафедри Т.Е.
Резиден Н.В.
(прізвище)