

Хоменко В.М.

с.н.с.,

ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», м. Київ

КОМПЛЕКСНЕ ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ СТІН БУДИНКІВ, ЩО ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ, ЗА ДОПОМОГОЮ ПРИЛАДІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

Анотація. Під час довготривалих пожеж цегляні стіни будинків під впливом високих температур зазнають різних суттєвих пошкоджень, а саме: глибокі силові та температурно-усадовочні тріщини, відколювання кутів кладки, порушення зчеплення цегли з розчином, деструкція поверхневого шару цегли, зниження міцності цегли та розчину по глибині кладки. Дана проблема розглянута на прикладі дослідження технічного стану житлового багатоквартирного будинку в м. Ірпінь на вул. Ново-Оскольська, 1-К, який було пошкоджено внаслідок військової агресії Російської Федерації проти України навесні 2022 р. Для визначення технічного стану, окрім візуального, виконано комплексне інструментальне обстеження цегляної кладки за допомогою приладів неруйнівного контролю таких як «Пульсар 2.1» (ультрозвуковий метод), «Онїкс 2.5» (метод пластичних деформацій), «Поиск-М» (магнітний метод). Отримані дані можливо використовувати при обстеженні подібних цегляних будинків, що зазнали впливу довготривалої пожежі.

Ключові слова: пожежа, цегляна кладка, розчин, пошкодження, прилади, неруйнівний контроль, міцність, розрахунки.

Постановка проблеми.

Під час довготривалих пожеж цегляні стіни будинків під впливом високих температур зазнають різних суттєвих пошкоджень, а саме: глибокі силові та температурно-усадовочні тріщини, відколювання кутів кладки, порушення зчеплення цегли з розчином, деструкція поверхневого шару цегли, зниження міцності цегли та розчину по глибині кладки. Проблему розглянуто на прикладі дослідження технічного стану житлового багатоквартирного будинку в м. Ірпінь на вул. Ново-Оскольська, 1-К, який було пошкоджено внаслідок військової агресії Російської Федерації проти України навесні 2022 р. Житловий 7-ми пов. цегляний будинок побудований в 2014 р, розміром в плані 27x14 м (рис. 3.1). Несучі стіни товщиною 380 мм виконані з цегли силікатної рядової марки М200, цегли глиняної звичайної марки М100 та каменю керамічного порожнистого 2,12НФ. Кладка виконана на цементно-піщаному розчині марки М100 та армована сітками. По стінам в рівні підвального, 3-го та 6-го поверхів влаштовано монолітні залізобетонні обв'язувальні пояси. Перекриття – збірні залізобетонні круглопустотні плити. Дах 2-скатний з дерев'яних трикутних ферм з брусом.

Аналіз світового досвіду обстеження цегляних стін після пожежі.

Обстеження цегляних стін після пожежі є важливою процедурою для забезпечення безпеки та визначення необхідного обсягу ремонту. Світовий досвід показує, що такі обстеження проводяться в багатьох країнах, а результати використовуються для прийняття рішень щодо обсягів ремонту та забезпечення безпеки будівлі. Міжнародний досвід показує, що проведення таких обстежень відповідно до стандартів та процедур є надзвичайно важливим, щоб забезпечити ефективне відновлення та безпеку будівлі. У США проводяться обстеження після пожежі відповідно до стандартів ASTM E2026 та E2259. ASTM E2026, що визначає процедуру для визначення обсягу пошкоджень на кожній стіні, а також для оцінки загального стану будівлі. У Великій Британії, обстеження стін після пожежі проводять відповідно до стандартів BS 8414 та BS 9999. BS 8414 визначає процедуру для випробування вогнестійкості стін, що піддаються дії відкритого вогню. BS 9999 визначає процедуру для оцінки ступеня пошкодження будівлі та визначення необхідного обсягу ремонту.

У Європі, обстеження стін після пожежі проводяться відповідно до EN 1363-1 та EN 1364-1. EN 1363-1 визначає процедуру для випробування вогнестійкості стін та оцінки їх ступеня пошкодження. В РФ використовується СП 329.1325800.2017 «Здания и сооружения. Правила обследования после пожара». В Україні ДБН В.1.1.7–2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».

Методологія та результати досліджень.

При високій температурі, що виникає в результаті пожежі, відбувається зміна структури та фізико-механічних властивостей цегли та кладки в цілому. Для визначення технічних характеристик та стану пошкоджених пожежею цегляних стін, їх залишкової несучої здатності, виконано комплекс робіт, який включав в себе попереднє та детальне обстеження.

Попереднім обстеженням виявлено:

1. сліди пожежі (рис. 1): часткове вигорання фасадів, руйнування облаштування стін та стелі, попід, оплавлені залишки скла та інше пожежне сміття, втрата форми залишків металевих побутових приладів, часткове вигорання кіптяви на поверхнях конструкцій, зміна кольору поверхні бетону на рожевий та темно-жовтий, що свідчать про довготривалість пожежі з температурою горіння біля 1000°C;

2. зафіксовано пошкодження несучих конструкцій та складено план подальших інструментальних досліджень.

Інструментальним обстеженням визначено:

1. ширину розкриття тріщин в стінах до 0,2 мм, величину сколів кладки до 100 мм, товщину деструкції поверхневого шару глиняної цегли до 25 мм, відсутність зчеплення з розчином крайніх цеглин простінків (рис. 2).

2. міцність цегли та розчину приладами неруйнівного контролю: «Пульсар 2.1» (вимірювач часу розповсюдження ультразвуку) та «Онiкс 2.5» (електронний склерометр) (рис. 3-5);

3. наявність армування цегляної кладки стін вимірювачем товщини захисного шару бетону «Поиск-М» (рис. 6);

4. глибину тріщин в стінах приладом «Пульсар-2.1» (рис. 7).

На основі отриманих даних виконано перевірочні розрахунки стін.

Роботи виконано згідно ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [1] та Методики [2].

Дослідження міцності цегли та розчину.

Визначення міцності цегли та розчину кладки було виконано за допомогою вимірювання та порівняння часу проходження ультразвукових хвиль (ультразвуковий метод) та енергії удару (метод ударного імпульсу) на поверхні та в кількох точках по глибині кладки (на поверхні, 60 мм, 120 мм) однакових конструкцій, які були та не були пошкоджені пожежею (рис. 3). Побудовано графіки залежності часу проходження хвиль від глибини вимірювання (рис. 4).

В результаті досліджень виявлено, що

1. міцність на стиск глиняної звичайної глиняної цегли та каменю керамічного 2,1НФ не знизилася, окрім деструктивного поверхневого шару товщиною 15-25 мм, який легко видалається з поверхні кладки;

2. міцність на стиск силікатної цегли на поверхні стіни менше від проектного значення М200 на 30 %, що відповідає марці М150;

3. міцність на стиск цементно-піщаного розчину на поверхні стіни менше від проектного значення М100 в середньому на 62%, що відповідає марці М25, на глибині 60 мм від поверхні – менше на 52%, що відповідає марці М50. Міцність розчину досягає проектної величини М100 на глибині ≈100 мм від поверхні стіни з боку пожежі. Поступове збільшення міцності розчину від поверхні стіни в глибину кладки відбувається по поліноміальній функції $y=0,0044x^2 - 0,9258x + 76,6$ (рис. 5), яку можливо використовувати для оперативного визначення міцності розчину в інших подібних випадках.

Перевірка наявності армування цегляної кладки стін.

Наявність армування цегляної кладки стін було перевірено за допомогою вимірювача товщини захисного шару бетону та положення арматури «ПОИСК-М» (рис. 6).

В результаті в одному з досліджуваних цегляних простінків армування виявлено тільки на висоту 1,6 м від рівня підлоги.

Визначення глибини тріщин в стінах

Визначено глибину тріщин в конструкціях за допомогою приладу «Пульсар-2.1». (рис. 7).

В результаті в цегляних простінках визначено глибину тріщин 30-120 мм.

Результати виконаних інструментальних досліджень зведено в табл. 1.

Перевірочні розрахунки.

Внаслідок пожежі відбулись кількісні зміни фізико-механічних характеристик



Рис. 1. Сліди пожежі ззовні та всередині будинку



Сколювання кутів
силітактої цегли



Деструкція глиняної
звичайної цегли



Деструкція каменів 2,12НФ



Рис. 2. Пошкодження цегляної кладки стін будинку



Ультразвуковий метод



Метод пластичних деформацій

Рис. 3. Процес дослідження стін методами неруйнівного контролю

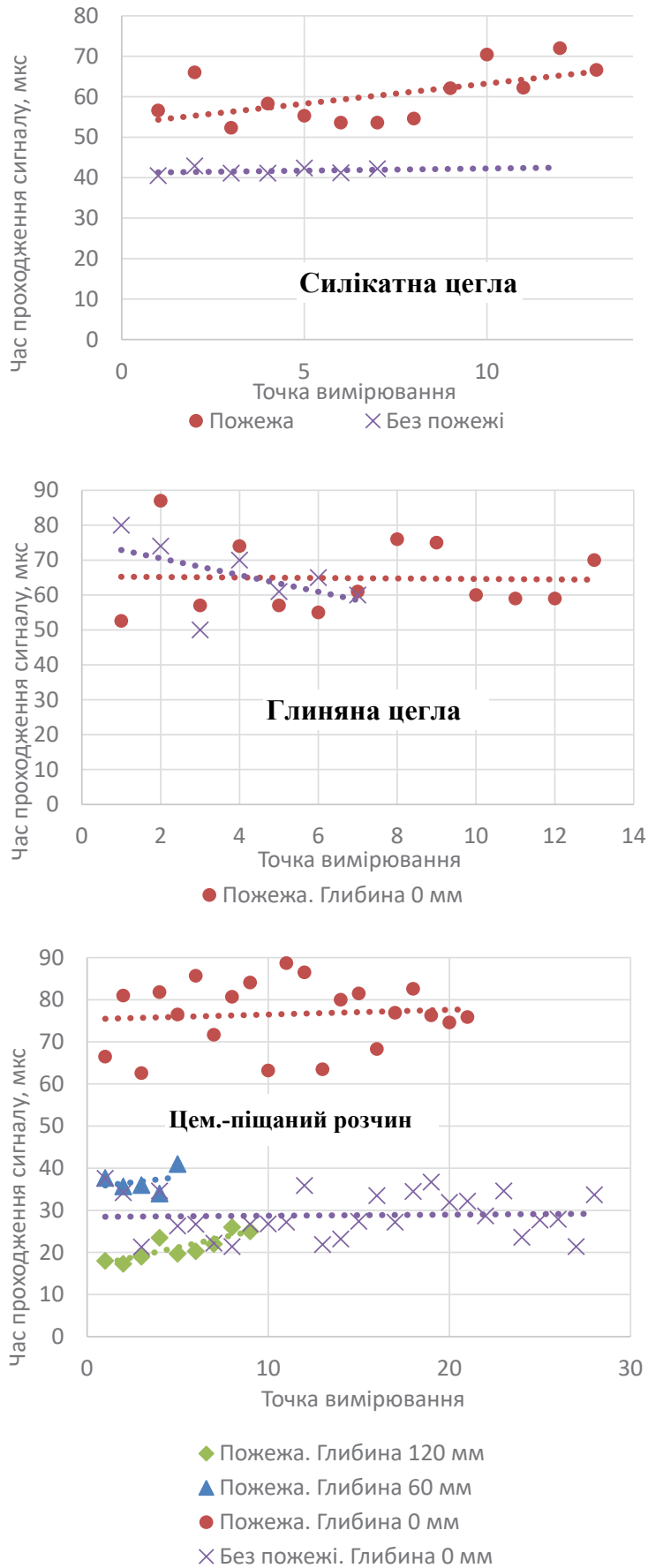


Рис. 4. Час проходження хвиль в різних точках по глибині кладки однакових конструкцій, яка була та не була пошкоджена пожежею

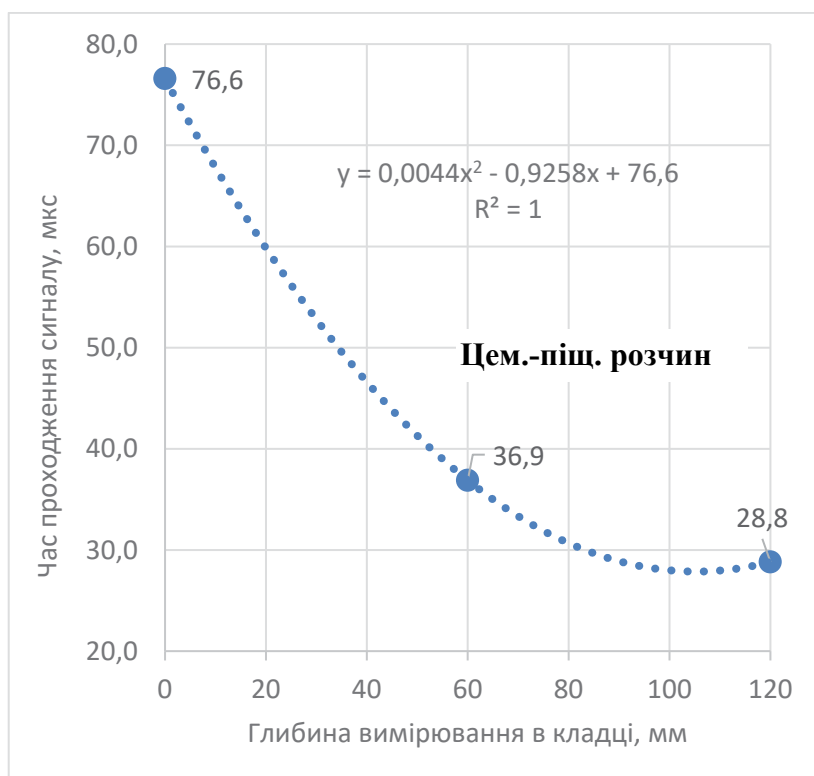


Рис. 5. Функція розподілу часу хвилі в цементно-піщаному розчині по товщині кладки



Рис. 6. Пошук арматури за допомогою приладу «ПОИСК-М»

конструкцій та відповідно зменшення площ розрахункових поперечних перерізів простінків, які необхідно враховувати в перевірочних розрахунках. Найбільші втрати площі виникли внаслідок зменшення міцності на стиск цементно-піщаного розчину кладки та наявності тріщин в стиснутій зоні простінків глибиною міні до 120 мм. (рис. 8 А). Міцність пошкодженого пожежею розчину знахо-

диться в межах марки М25-М50. В п. 9.1.7 [9] зазначено, що марку розчину для армокамі'яних конструкцій треба приймати не нижче М50. Таким чином з розрахунку було виключено площі простінків зі зниженою міцністю розчину. Втрати площі поперечних перерізів простінків склали 26-44 %. (рис. 8 Б) Внаслідок втрат поперечного перерізу з'явилися додаткові ексцентриситети до 40 мм від дії

вищерозрашованих конструкцій. Оскільки виявлено, що армування одного з простінків з силікатної цегли часткове і не в повній мірі відповідає проекту, то його розраховано як неармований. Збір навантажень та розрахунків виконано за [7, 8, 9].

Розрахунками несучої здатності встановлено, що використання несучої здатності 3-х з 5-ти розрахованих простінків складає 100-110 %.

Висновки:

1. Під час обстеження цегляних стін будинків, які постраждали внаслідок довготривалої пожежі для визначення їх техніч-

ного стану окрім візуального обстеження необхідно виконати комплекс інструментальних досліджень приладами неруйнівного контролю таких як «Пульсар 2.1» (ультрозвуковий метод), «Онікс 2.5» (метод пластичних деформацій), «Поиск-М» (магнітний метод).

2. В рамках детального інструментального обстеження визначено міцність цегли та розчину за допомогою порівняння часу проходження ультразвукових хвиль (ультрозвуковий метод) та енергії удару (ударний імпульс) на поверхні та по глибині кладки, яка була та не була пошкоджена пожежею. Ультрозвуко-

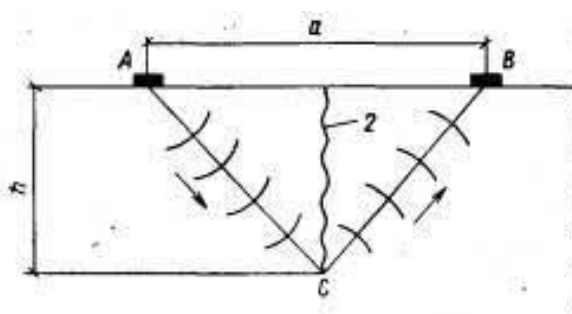


Рис. 7. Визначення глибини тріщин

Таблиця 1. Результати виконаних інструментальних досліджень

Параметр	Силікатна цегла	Керамічна повнотіла цегла	Камінь керамічний 2НФ	Цементно-піщаний розчин	Монолітний з/б пояс
Сколювання кутів (катет), мм	100	50	-	-	-
Деструкція поверхневого шару, мм	-	20	40	-	-
Ширина розкриття тріщин, мм	до 0,2	до 0,2	до 5,0	до 0,2	до 0,2
Глибина тріщин, мм	32- min 120	-	-	-	15-66
Зменшення міцності на стиск, %	26-30	-	-	40-60	45-53
Втрата перерізу з боку пожежі, мм	-	20	40	100	-

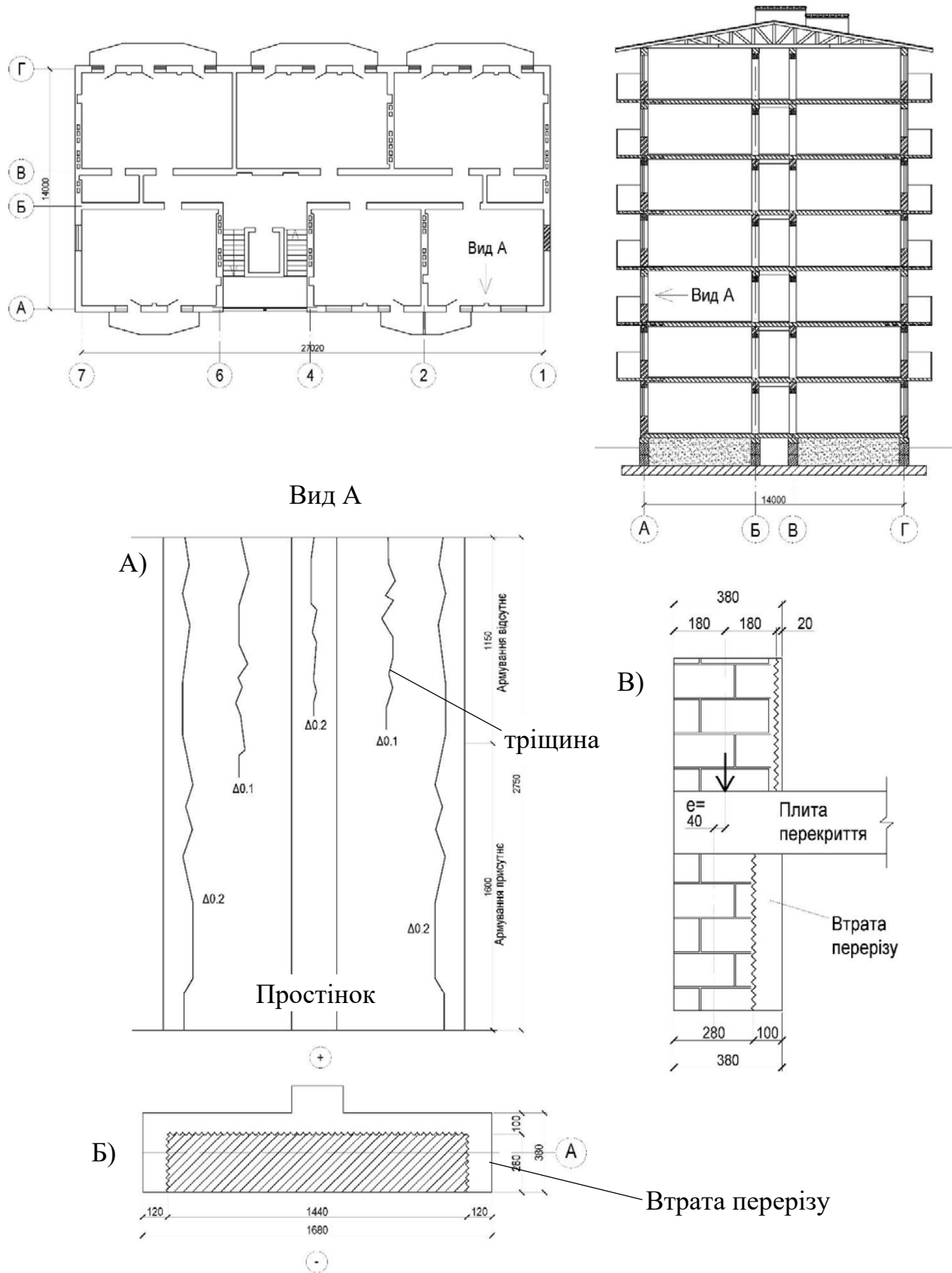


Рис. 8. Визначення втрат розрахункової площі простінків внаслідок пошкоджень

вим методом визначається глибина тріщин в кладці, магнітним методом – наявність армування в кладці.

3. Під час пожежі відбуваються суттєві кількісні зміни фізико-механічних характеристик конструкцій, зниження міцності цегли та розчину по глибині кладки, виникають пошкодження у вигляді поверхневої деструкції кладки, глибоких тріщин, сколювання кутів кладки, зниження зчеплення цегли з розчином. Внаслідок чого відбуваються втрати площ розрахункових поперечних перерізів простінків та поява додаткових ексцентриситетів від на простінок від ваги розташованих

вище конструкцій, що призводить до зміни розрахункової схеми.

4. На основі даних комплексного інструментального обстеження виконано розрахунки несучої здатності цегляних стін та надано рекомендації щодо першочергових протипожежних заходів та посилення конструкцій.

5. Складено функцію розподілу міцності цементно-піщаного розчину по товщині простінку як найбільш вразливої для пожежі складової цегляної кладки. Отриману залежність можливо використовувати для оперативного визначення міцності розчину по глибині кладки в інших подібних випадках.

Література

1. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану».
2. МЕТОДИКА обстеження будівель та споруд, пошкоджених внаслідок надзвичайних ситуацій, бойових дій та терористичних актів.
3. ДСТУ Б.В.2.7-61:2008 «Цегла та камені керамічні рядові та лицьові».
4. ДСТУ Б.В.2.7-80:2008 «Цегла та камені силікатні».
5. ДСТУ Б.В.2.7-226:2009. Ультразвуковий метод визначення міцності матеріалів.
6. ДСТУ Б.В.2.6-4-95. Конструкції залізобетонні. Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури.
7. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування».
8. ДБН В.2.6-162:2010 Кам'яні та армокам'яні конструкції.
9. ДСТУ Б.В.2.6-207:2015 Розрахунок і конструювання кам'яних та армокам'яних конструкцій будівель та споруд

References

1. DSTU-NBV.1.2-18:2016 «Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu» [Instructions on the inspection of buildings and structures to determine and assess their technical condition].
2. Metodyka obstezhennia budivel ta sporud, poshkodzhenykh vnaslidok nadzvychnykh sytuatsii, boiovykh dii ta terorystychnykh aktiv [Methods of inspection of buildings and structures damaged as a result of emergency situations, hostilities and acts of terrorism].
3. DSTU B.V.2.7-61:2008 «Tshela ta kameni keramichni riadovi ta lytsovi» [Bricks and stones ceramic ordinary and face].
4. DSTU B.V.2.7-80:2008 «Tshela ta kameni sylikatni» [Silicate bricks and stones].
5. DSTU B.V.2.7-226:2009. Ultrazvukovy metod vyznachennia mitsnosti materialiv [Ultrasonic method of determining the strength of materials].
6. DSTU B.V.2.6-4-95. Konstruktsii zalizobetonni. Mahnitnyi metod vyznachennia tovshchyny zakhysnoho sharu betonu i roztashuvannia armatury [Reinforced concrete structures. Magnetic method of determining the thickness of the protective layer of concrete and the location of reinforcement].
7. DBN V.1.2-2:2006 «Navantazhennia i vplyvy. Normy proektuvannia» [Loads and impacts. Design norms].
8. DBN V.2.6-162:2010 Kamiani ta armokamiani konstruktsii [Stone and decorative stone structures].
9. DSTU B.V.2.6-207:2015 Rozrakhunok i konstruiuvannia kamianykh ta armokamianykh konstruktsii budivel ta sporud [Calculation and construction of stone and reinforced stone structures of buildings and structures].

COMPLEX INSTRUMENTAL INSPECTION OF BRICK MASONRY WALLS OF BUILDINGS THAT HAVE BEEN INFLUENCED BY FIRE USING NON-DESTRUCTIVE CONTROL DEVICES

Abstract. During long-term fires, the brick walls of buildings under the influence of high temperatures undergo various significant damages, namely: deep strength and temperature-shrinkage cracks, chipping of masonry corners, violation of brick-mortar adhesion, destruction of the surface layer of bricks, reduction of the strength of bricks and mortar along the depth of the masonry. This problem is considered on the example of a study of the technical condition of a residential apartment building in the city of Irpin on the street. Novo-Oskolska, 1-K, which was damaged as a result of the military aggression of the Russian Federation against Ukraine in the spring of 2022. To determine the technical condition, in addition to the visual one, a comprehensive

instrumental examination of the masonry was performed using non-destructive testing devices such as "Pulsar 2.1" (ultrasonic method), "Onyx 2.5" (plastic deformation method), "Poisk-M" (magnetic method). The data obtained from the survey can be used in the survey of brick buildings that have been affected by a long-term fire.

Keywords: fire, brickwork, mortar, damage, instrumentation, non-destructive testing, strength, calculations.

Khomenko V.M.

Senior Research Officer,

State Enterprise "Scientific Research Institute of Building Production", Kyiv