

УДК 624.012

В.К. Словінський

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗКУ МІЦНІСНОЇ ЗАДАЧІ ПРИ РОЗРАХУНКОВІЙ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ВОГНЕВИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН

В статті наведені основні відомості щодо розробленого методу розрахункової інтерпретації температурних показників, отриманих у результаті випробувань залізобетонних колон на вогнестійкість без прикладання механічного навантаження. Досліджена ефективність методу розв'язку міцнісної задачі при визначенні межі вогнестійкості залізобетонної колони за результатами вогневих випробувань.

Ключові слова: залізобетонні колони, вогнестійкість

V. Slovinskiy

GROUND OF THE METHOD OF DECISION OF STRENGTH TASK DURING CALCULATION INTERPRETATION OF RESULTS OF FIRE TESTS OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS

There are given general provisions of the developed method of calculation interpretation of the temperature indexes got as a result tests of reinforced concrete columns on a fire-resistance without the appendix of the mechanical loading in this article. Explored efficiency of method of decision of task of durability at determination of limit of fire-resistance of reinforced concrete column on results fire tests.

Keywords: Concrete columns, fire-resistance

Випробування залізобетонних колон на вогнестійкість відбувається у відповідності до чинних стандартів України [1, 2]. Згідно із цими стандартами колона повинна бути піддана вогневій дії в умовах навантаження колони силовими факторами, що повністю відповідають діючому навантаженню у колоні згідно із розрахунковою схемою конструкції будівлі. Такі чинники створюються відповідними вузлами випробувальних установок, які поєднують вогневу піч із опорно-навантажувальним пристроєм. Вогнева піч має вогнетривке огороження, конфігурацію, що забезпечує рівномірний обігрів елементу конструкції, а також паливно-форсунокову систему на рідкому паливі, що забезпечує стандартний температурний режим пожежі. Механічне навантаження створюється за допомогою гідравлічного пресу, що має забезпечити стискальну силу до 500 т.

При реалізації таких умов виникають певні технічні складності, які полягають у невідповідності умов закріплення і навантаження колони у конструкції, невідповідності габаритних розмірів зразка для випробувань і реальної колони і т.д. Тому стандартом на випробування колон на вогнестійкість [2] не забороняються випробування без прикладання механічних навантажень, але в той же час означений стандарт не дає будь-яким чином обґрунтованої методики визначення межі вогнестійкості залізобетонних колон на основі таких випробувань. Крім цього, вогневі випробування колон мають обмеження на довжину випробовуваних колон, спосіб їх закріплення, тип і величину механічного навантаження на колону.

Аналіз публікацій щодо розрахункових методів проектування залізобетонних колон за умовою їх пожежної безпеки [1 – 4] показує що означені методи дають змогу комплексно врахувати всі перелічені особливості

У зв'язку з цим сформульована мета дослідження.

Мета роботи полягає у обґрунтуванні методу розв'язку міцнісної задачі для здійснення оцінки вогнестійкості залізобетонних колон прямокутного перерізу на основі розрахункової інтерпретації результатів їх вогневих випробувань.

В роботі [4] запропонований метод визначення фактичної межі (ФМВ) вогнестійкості залізобетонних колон, що базується на розрахунковій інтерпретації їх вогневих випробувань без прикладання механічного навантаження. На рис. 1. подана схема реалізації даного методу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити задачу відновлення температурних полів у перерізі колони за результатами точкового вимірювання температури у її внутрішніх шарах. В роботі [4] описана методологія розв'язку даної задачі. Згідно з умовами реалізації розроблених методів необхідно проводити інтерполяцію за результатами вимірювань температури у контрольних точках перерізу залізобетонної колони. Для досягнення необхідної точності результатів інтерполяції розроблена схема вимірювання, яка подана на рис. 2.

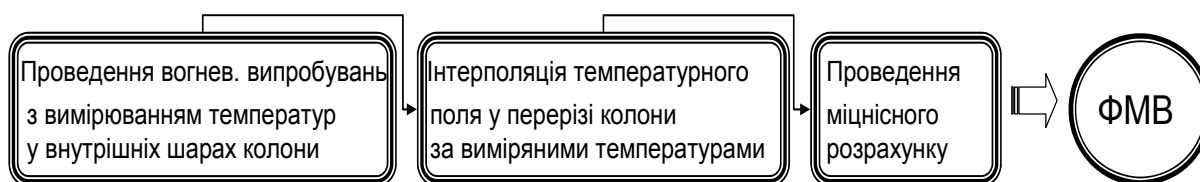


Рисунок. 1 – Схема здійснення оцінки вогнестійкості за допомогою інтерпретації результатів вогневих випробувань

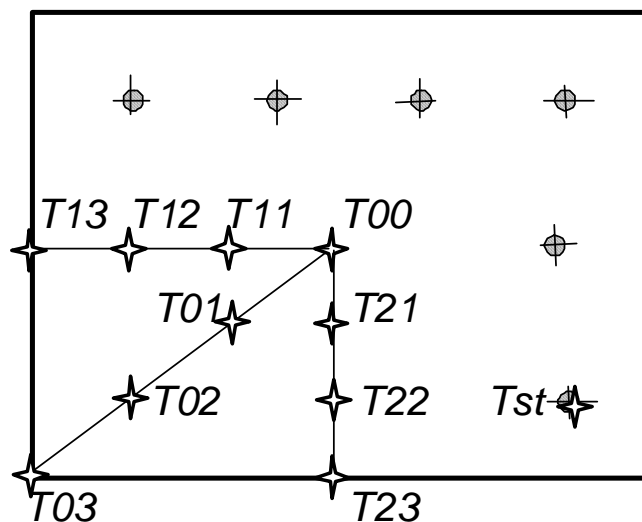


Рисунок. 2 – Схема розміщення термодатчиків при випробуваннях залізобетонної колони для реалізації розробленого методу оцінки вогнестійкості

Для відпрацювання процедур методів оцінки вогнестійкості за допомогою інтерпретації результатів вогневих випробувань були проведені означені випробування двох залізобетонних колон 500×500×3000 з важкого бетону на гранітному заповнювачі у вогневій печі. Схема випробувальної установки приведена на рис. 3.

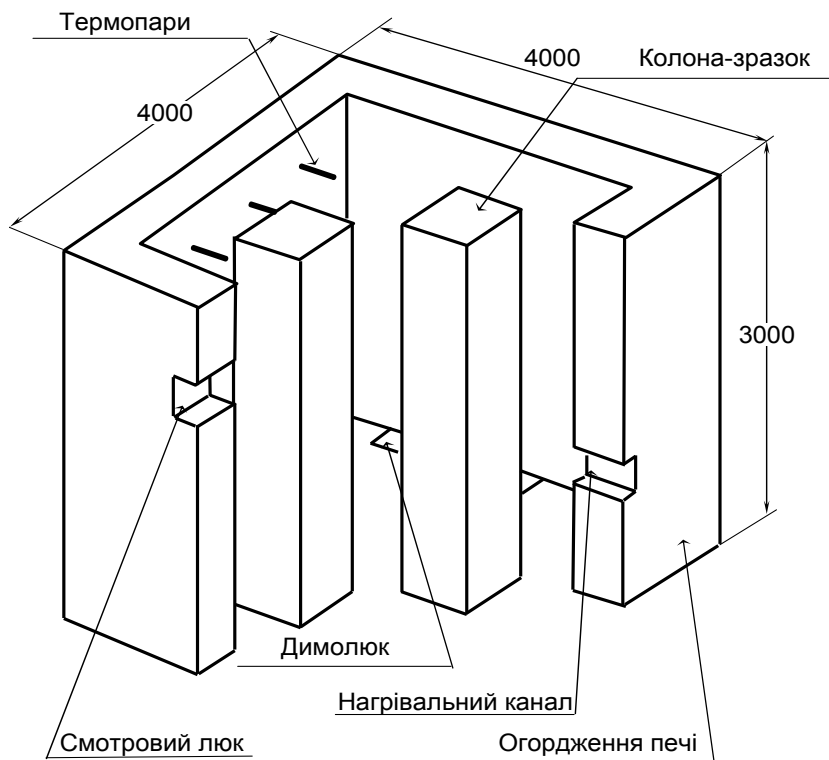


Рисунок 3 – Схема випробувальної установки

На рис. 4 подана схема армування та схема розташування термопар у перерізі колони.

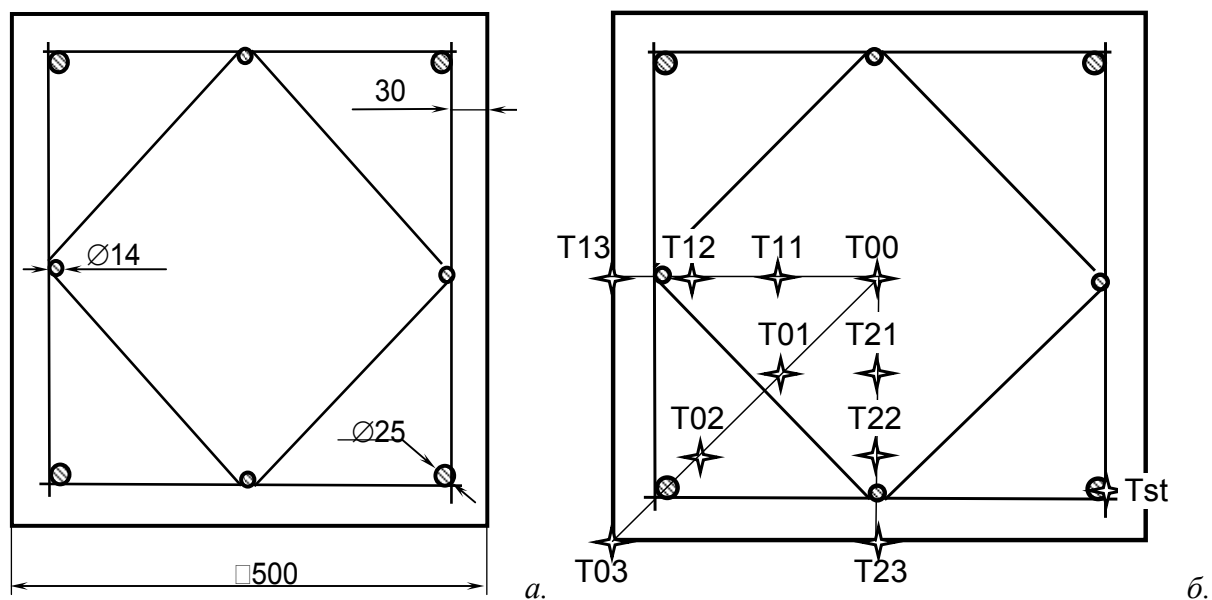


Рисунок 4 – Схема армування (а) та схема розташування термопар (б) залізобетонної колони

На рис. 5 подані результати вимірювань температури у внутрішніх шарах, колон підданих вогневим випробуванням.

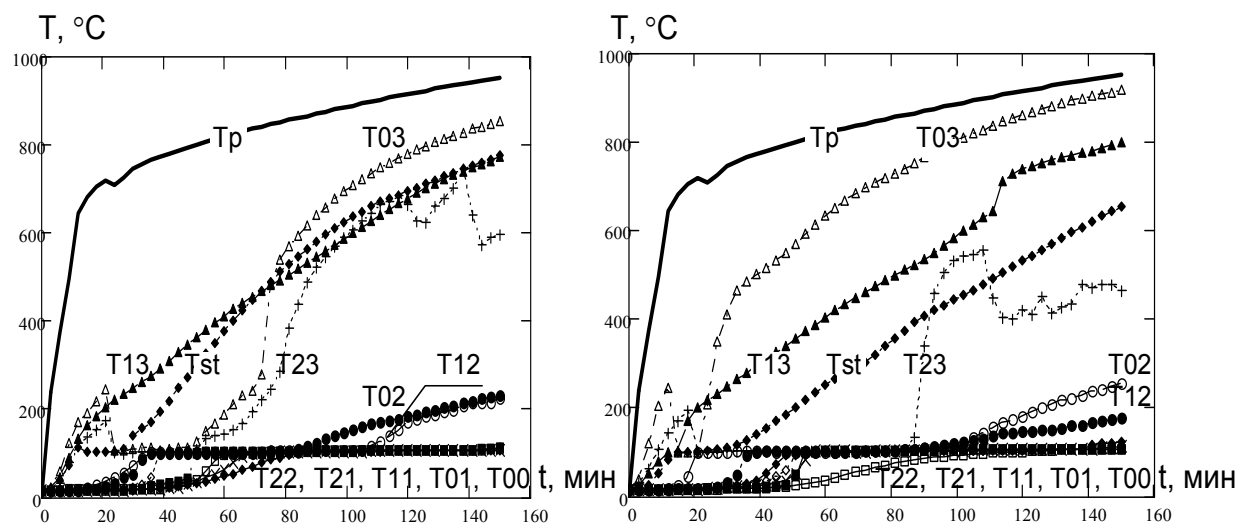


Рисунок 5 – Результати вимірювань температур в колоні

На рис. 6 подані результати інтерполяції температур у вузлових точках перерізу колони за допомогою розроблених методів. У табл. 1 подані результати аналізу адекватності даних, отриманих після інтерполяції.

Таблиця 1 – Дані порівняльного аналізу результатів інтерполяції

Метод інтерполяції	Максимальне відхилення, °C	Середнє відносне відхилення, %	Середньоквадратичне відхилення, °C
1 метод	75	7,8	26,3
2 метод	89	6,5	25,5

У результаті інтерполяції було отримано адекватні дані, які можна використовувати для розв’язку міцнісної задачі. Для розв’язку міцнісної задачі був використаний метод, який рекомендується у додатку В пунктом В3 державного стандарту України [].

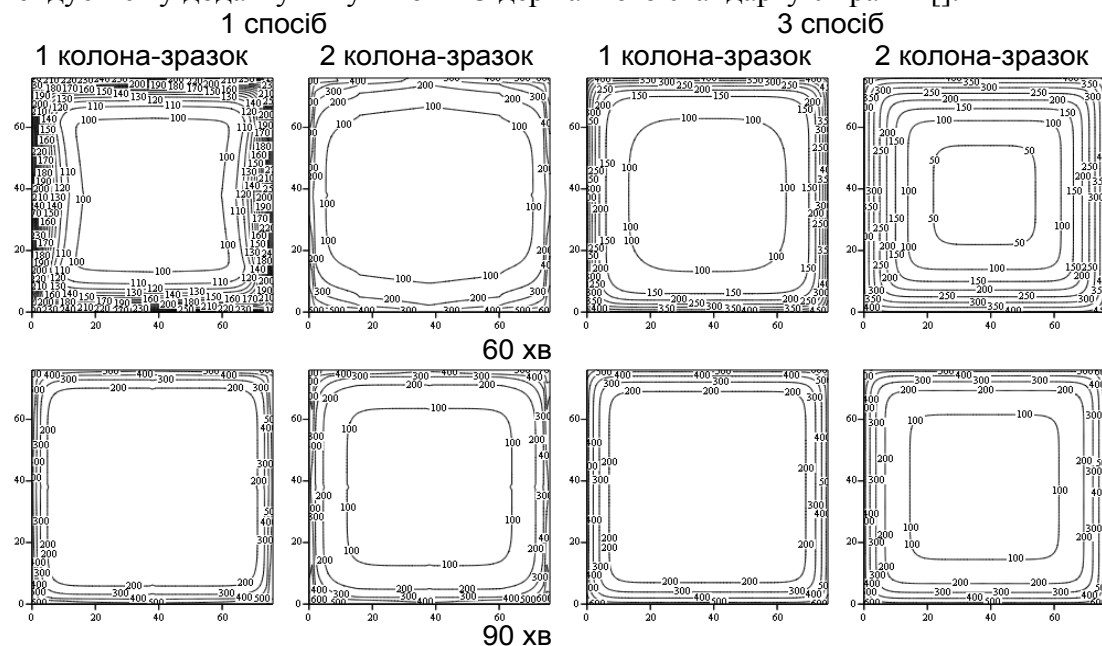


Рисунок 6 – Результати інтерполяції температур (°C) в перерізі колони

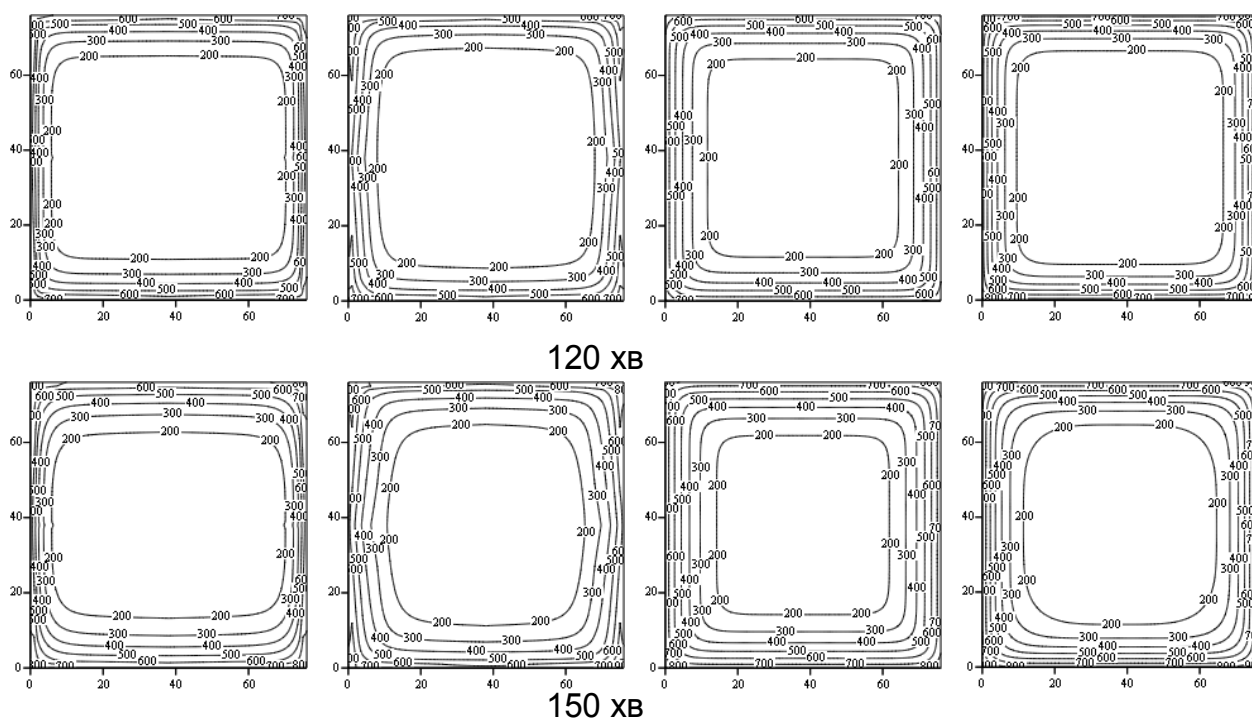


Рисунок 6 – Результати інтерполяції температур (°C) в перерізі колони (продовження)

Одержані результати інтерполяції є адекватними і їх можна використовувати для розрахунку межі вогнестійкості згідно з одним з методів розв’язку міцнісної задачі. Для аналізу міцнісної задачі пропонується використовувати рекомендації євронорм щодо проектування вогнестійких залізобетонних конструкцій Eurocode 2 частина друга [5] пункту В3 доповнення В. Для реалізації даного методу були застосовані механічні властивості бетону й арматурної сталі при високих температурах. Використані властивості компонентів залізобетону мають вигляд, який показаний на рис. 7 та рис. 8.

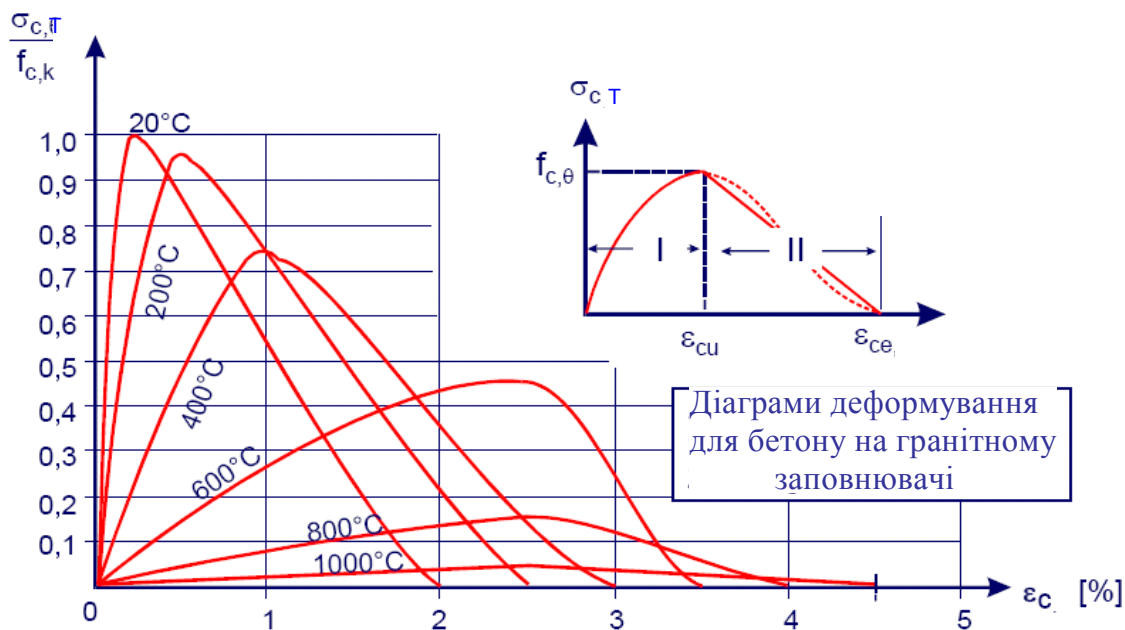


Рисунок 7 – Графік зміни механічних властивостей бетону за різних значень температур

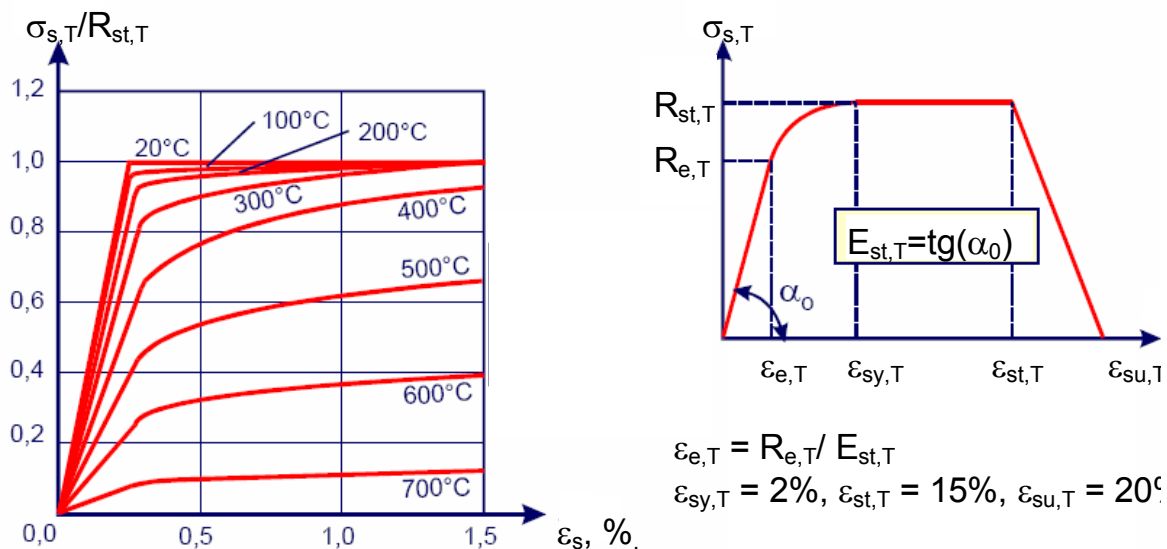


Рисунок 8 – Графік зміни механічних властивостей арматурної сталі за різних значеннях температур

Розрахунок проводився у такій послідовності

1. Поперечний переріз колони розділяється на певну кількість квадратних зон площею A_{sij} і координатами $x_{ij}y_{ij}$ центра кожної зони
2. Визначте будувється діаграма для сили N_{Edfi} , у залежності від кривизни колони $\chi = 1/\rho$ (ρ - радіус кривизни колони), користуючись для кожного арматурного стержня та кожної бетонної зони відповідною діаграмою “напруження-деформація” згідно з рис. 7 та рис.8.
3. З а побудованою діаграмою визначається критична сила для даного моменту часу випробування за принципом, який поданий на рис. 9.
4. Порівнюючи отриману силу із діючою силою в колоні робиться висновок щодо відповідної межі вогнестійкості.

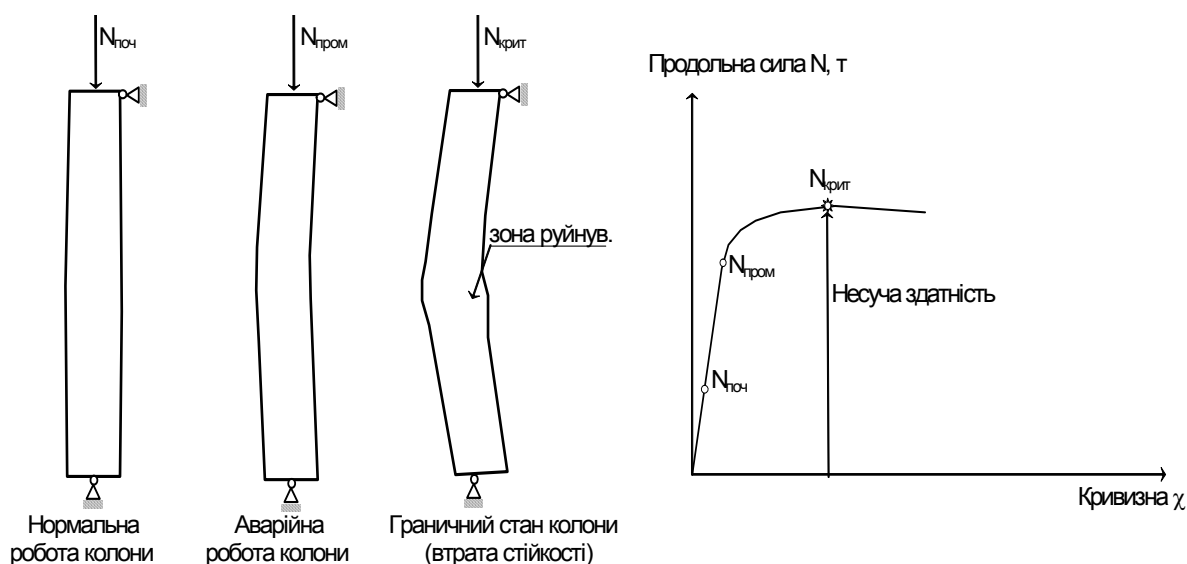


Рисунок 9 – Схема визначення несучої здатності колони для кожної хвилини випробувань

Після проведення розрахунків були отримані графіки критичної сили, при якій колона втрачає стійкість у залежності від тривалості випробувань, які подані на рис. 10.

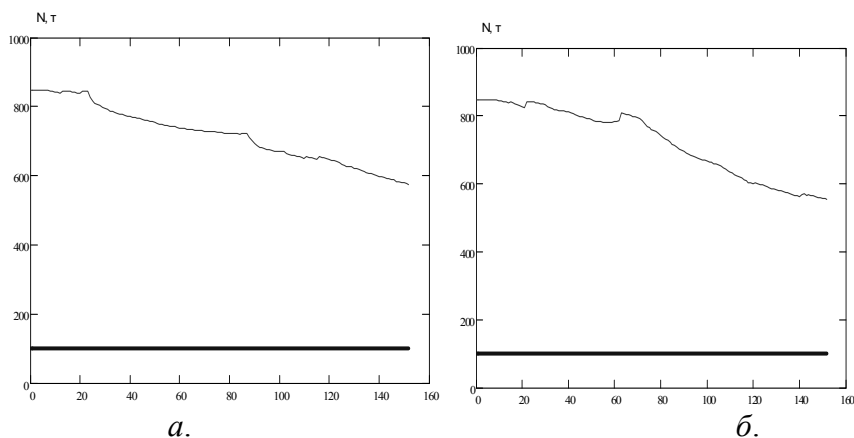


Рисунок 10 – Графік зміни несучої здатності колони-зразка №1 (а) і колони-зразка №2 (б) у залежності від тривалості випробувань

У результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки.

1. Проведені вогневі випробування залізобетонних колон і на їх основі досліджена стійкість методів інтерполяції внаслідок чого виділений найефективніший метод інтерполяції, який заснований на апроксимації ізотерм поля.

2. Обґрунтована послідовність процедур методу розрахунку міцності на основі результатів вимірювання температури у внутрішніх шарах залізобетонної колони під час вогневих випробувань

3. На основі інтерпретації одержаних даних в ході вогневих випробувань із застосуванням розробленого методу міцнісного розрахунку була визначена межа вогнестійкості залізобетонної колони, чим підтверджена його.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.1-7-2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
2. ДСТУ Б В.1.1-14-98. Захист від пожежі. Колони. Метод випробування на вогнестійкість. – К.: Укрархбудінформ, 2005.
3. ДСТУ Б В.1.1-4-98. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Пожежна безпека. – К.: Укрархбудінформ, 2005.
4. Поздеев С.В., Василенко І.Р., Кузьмін О.Г., Словінський В.К.// Тези доповідей конференції «Метод інтерпретації результатів вогневих випробувань залізобетонних колон для оцінки їх вогнестійкості». Матеріали XII Міжнародного виставкового форуму «Технології захисту» 15 Всеукраїнської науково-практичної конференції. 24-25 вересня 2013 р. – Київ: Інститут державного управління у сфері цивільного захисту, 2013 – С. 25-26.
5. EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures Part 1-2: General rules - Structural fire design, Brussels, 2004.
6. Милованов А.Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций / Милованов А.Ф. – М.: Стройиздат, 1986. – 224 с.
7. Поздеев С.В. Исследование эффективности математических моделей для решения теплотехнической задачи при определении огнестойкости железобетонных конструкций / Поздеев С.В., Поклонский В.Г., Некора О.В., Поздеев А.В. // Строительство, материаловедение, машиностроение : [сб. науч. трудов]. – Днепропетровск: ПГАСА, 2010. – Вып. 52 : [серия «Безопасность жизнедеятельности»]. – С. 44-48.

