

УДК 624.012

УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ВИПРОБУВАНЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ

А. С. Бєліков, д. т. н., проф., В. К. Словінський*, Д. С. Федоренко*, к. і. н.,
І. В. Федченко*, С. В. Поздєєв*, д. т. н., проф.

*Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України

Ключові слова: вогнестійкість, інтерпретація, залізобетонна колона, міцнісна задача, вогневі випробування

Постановка проблеми. Випробування залізобетонних колон на вогнестійкість відбувається відповідно 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 з розрахунковою схемою конструкції будівлі. Такі чинники створюються відповідними вузлами випробувальних установок, які поєднують вогневу піч з опорно-навантажувальним пристроєм. Вогнева піч має вогнетривке огороження, конфігурацію, що забезпечує рівномірний обігрів елемента конструкції, а також паливно-форсункову 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.

Під час реалізації таких умов виникають певні технічні складності, які полягають у невідповідності умов закріплення і навантаження колони в конструкції, невідповідності габаритних розмірів зразка для випробувань і реальної колони тощо. 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 мають обмеження на довжину випробовуваних колон, спосіб їх закріплення, тип і величину механічного навантаження на колону.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. 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 сформульовано мету дослідження.

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

У праці [4] запропоновано метод визначення фактичної межі вогнестійкості залізобетонних колон, що базується на розрахунковій інтерпретації їх вогневих випробувань без прикладання механічного навантаження. На рисунку 1 наведено схему реалізації даного методу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити питання відновлення температурних полів у перерізі колони за результатами точкового вимірювання температури у її внутрішніх шарах. У праці [4] описано методологію розв'язування 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 розроблено схему вимірювання (рис. 2).

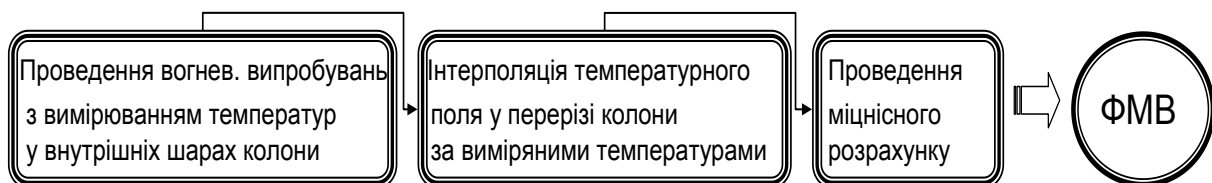


Рис. 1. Схема здійснення оцінки вогнестійкості за допомогою інтерпретації результатів вогневих випробувань

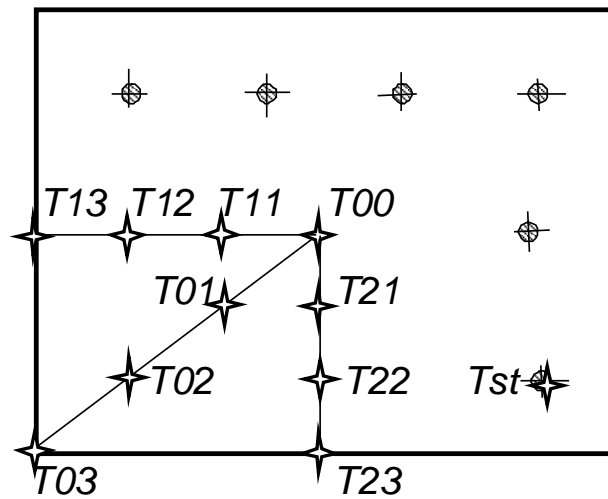


Рис. 2. Положення термодпар під час випробувань залізобетонної колони для реалізації розробленого методу оцінки вогнестійкості

Для відпрацювання процедур методів оцінки вогнестійкості за допомогою інтерпретації результатів вогневих випробувань були проведені означені випробування двох залізобетонних колон $500 \times 500 \times 3000$ мм. з важкого бетону на гранітному заповнювачі у вогневій печі. Схему випробувальної установки наведено на рисунку 3.

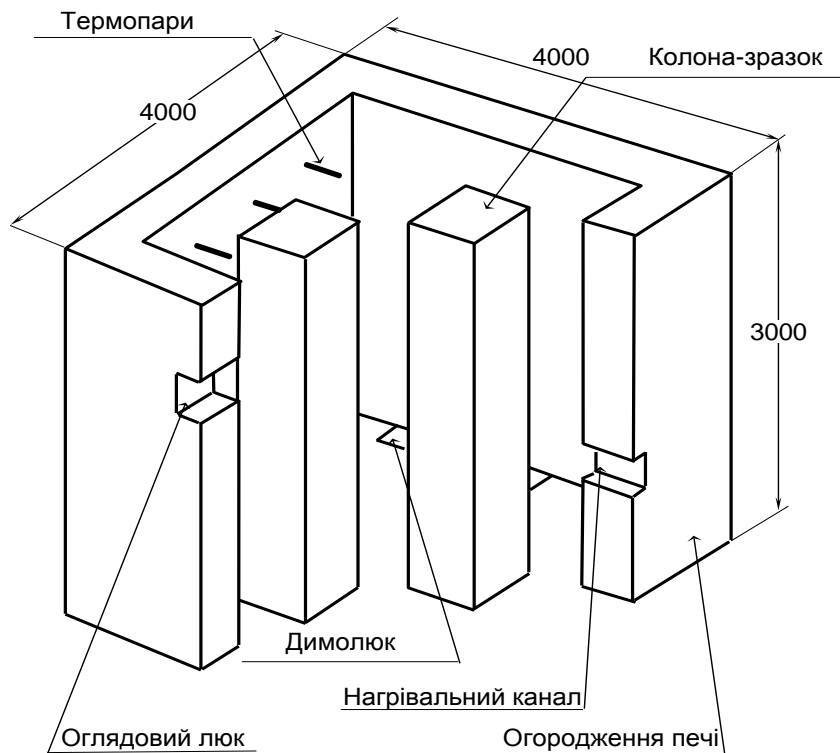


Рис. 3. Схema випробувальної установки

На рисунку 4 наведено схему армування та схему розташування термодпар у перерізі колони.

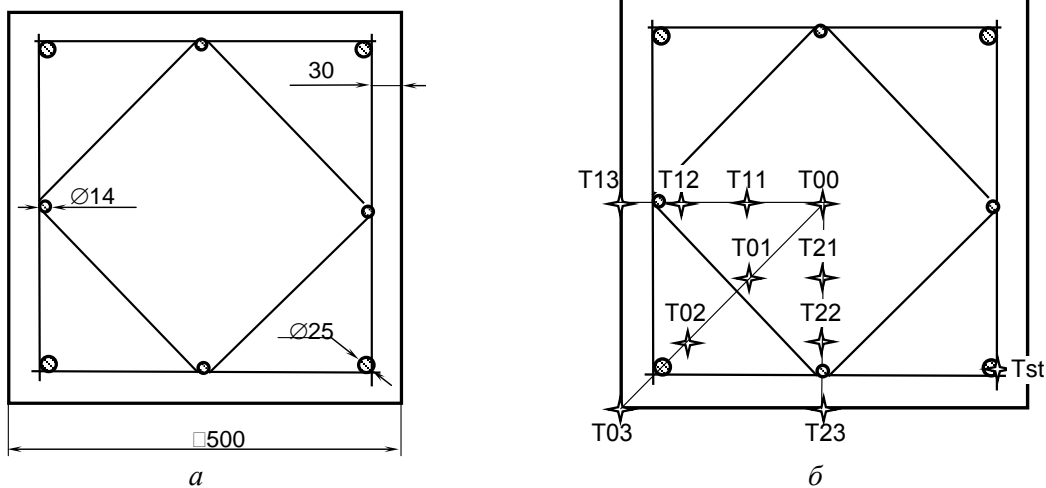


Рис. 4. Схема армування (а) та схема розташування термонар (б) залізобетонної колони

На рисунку 5 показано результати вимірювань температури у внутрішніх шарах колон, підданих вогневим випробуванням.

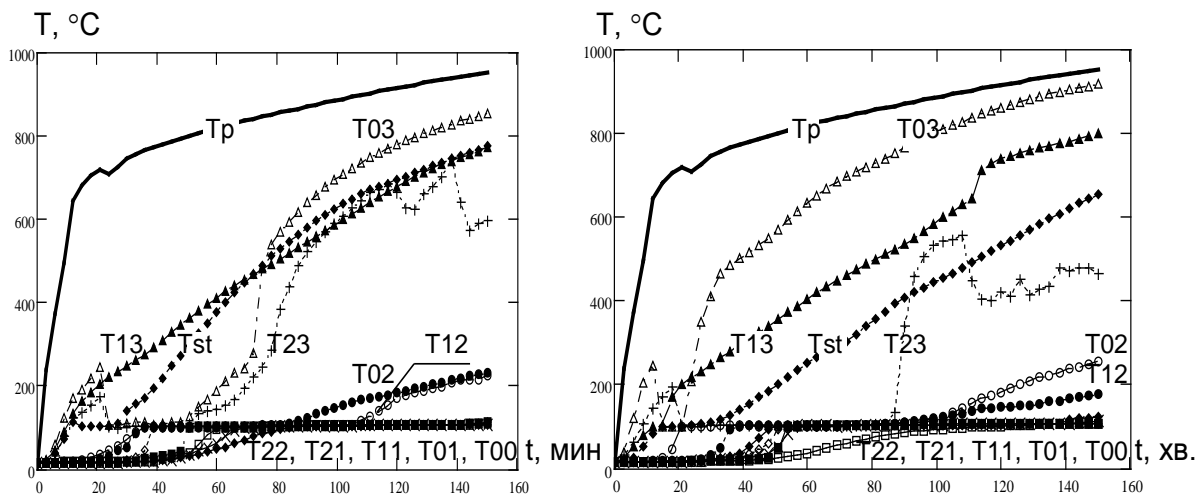


Рис. 5. Результати вимірювань температур у колоні

На рисунку 6 наведено результати інтерполяції температур у вузлових точках перерізу колони за допомогою розроблених методів. У таблиці наведено результати аналізу адекватності даних, отриманих після інтерполяції.

Таблиця

Дані порівняльного аналізу результатів інтерполяції

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

У результаті інтерполяції отримано адекватні дані, які можна використовувати для розв'язання міцнісної задачі. Для розв'язання міцнісної задачі був застосований метод, який рекомендується у додатку В пунктом В3 Державного стандарту України.

Одержані результати інтерполяції є адекватними і їх можна використовувати для розрахунку межі вогнестійкості згідно з одним із методів розв'язування такої задачі. Для аналізу міцнісної задачі пропонується використовувати рекомендації євронорм щодо проектування вогнестійких залізобетонних конструкцій Eurocode 2, частина друга [5] пункту

ВЗ доповнення В. Для реалізації даного методу були застосовані механічні властивості бетону й арматурної сталі за високих температур. Використані властивості компонентів залізобетону мають вигляд, показаний на рисунках 7 та 8.

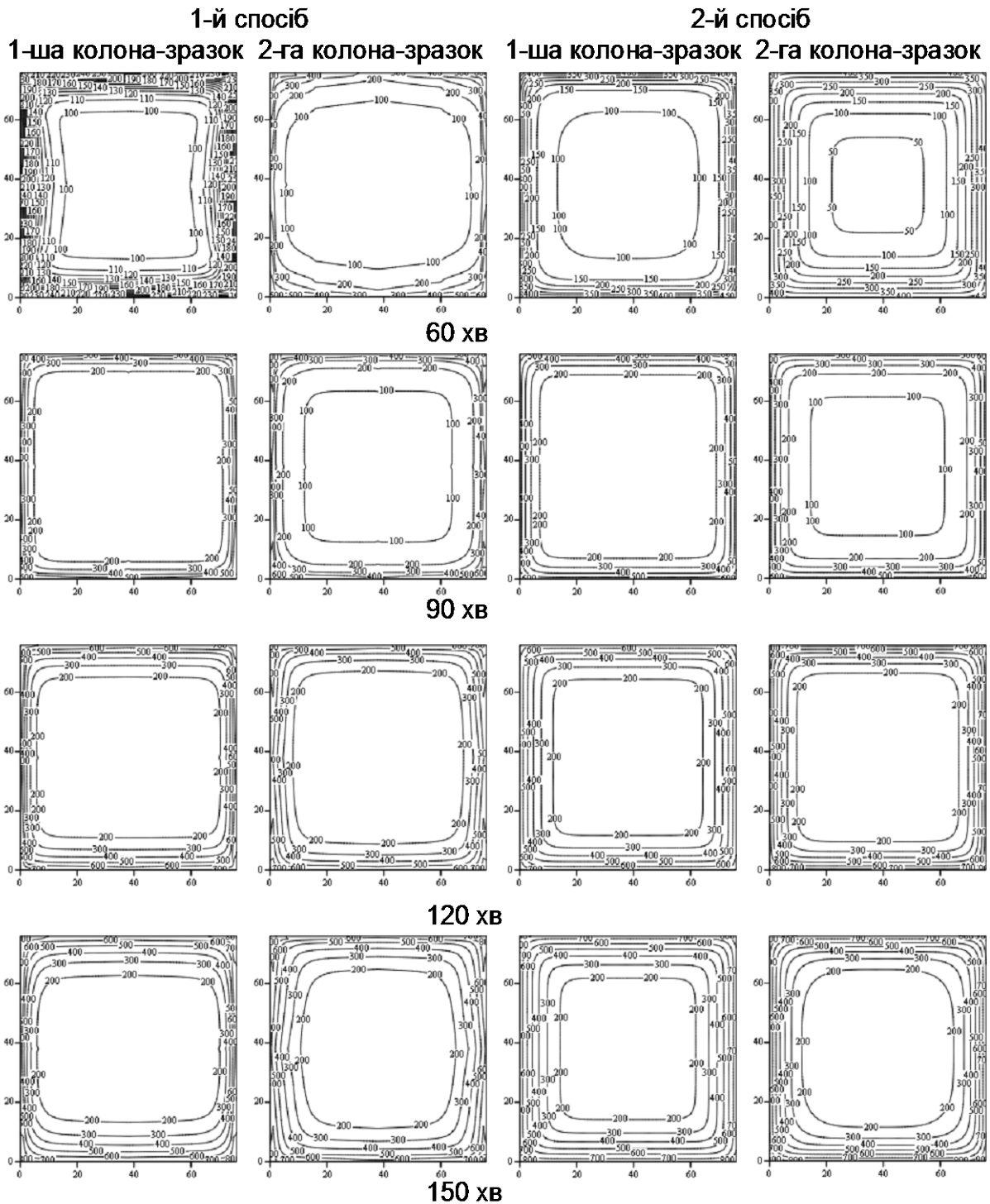


Рис. 6. Результати інтерполяції температур ($^{\circ}\text{C}$) у перерізі колони

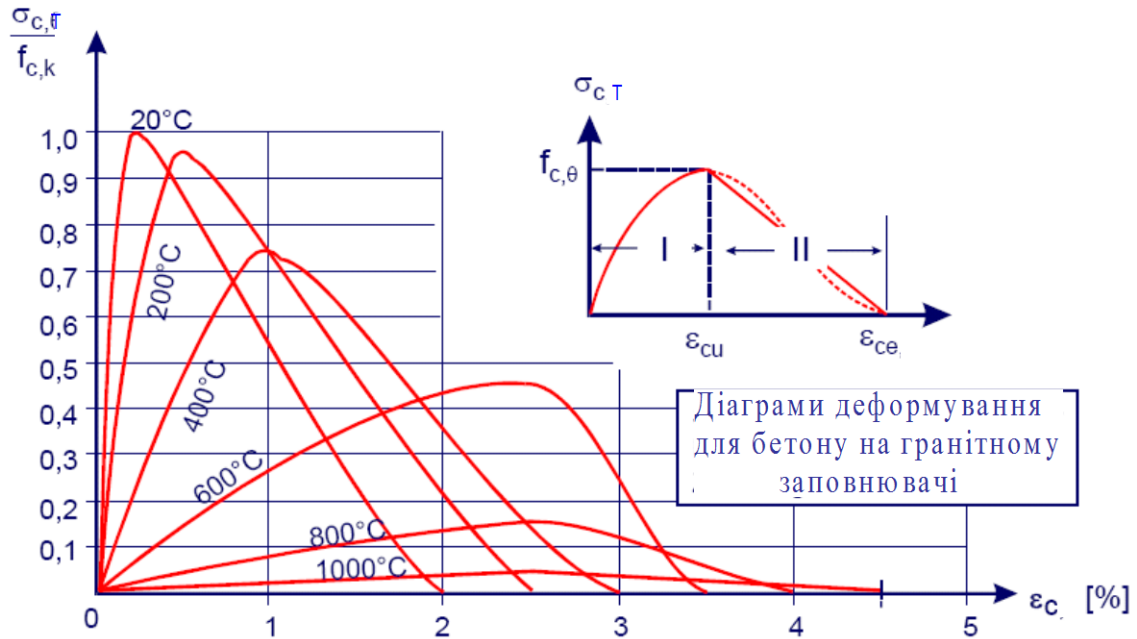


Рис. 7. Механічні властивості бетону за високих температур

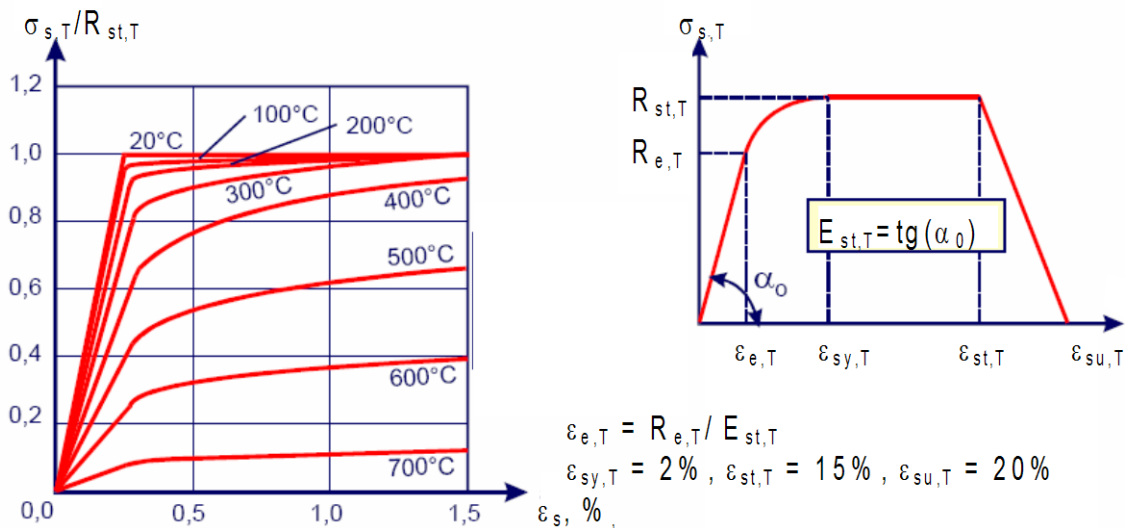


Рис. 8. Механічні властивості арматурної сталі за високих температур

Розрахунок проводився у такій послідовності.

1. Поперечний переріз колони поділяють на певну кількість квадратних зон площею A_{sij} і координатами $x_{ij}; y_{ij}$ центра кожної зони
2. Будують діаграму для сили $N_{Ed,fi}$, залежно 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 рисунками 7 та 8.
3. За побудованою діаграмою визначають критичну силу для данного моменту часу випробування за принципом, показаним на рисунку 9.
4. Порівнюючи отриману силу з діючою силою в колоні, роблять висновок щодо відповідної межі вогнестійкості.

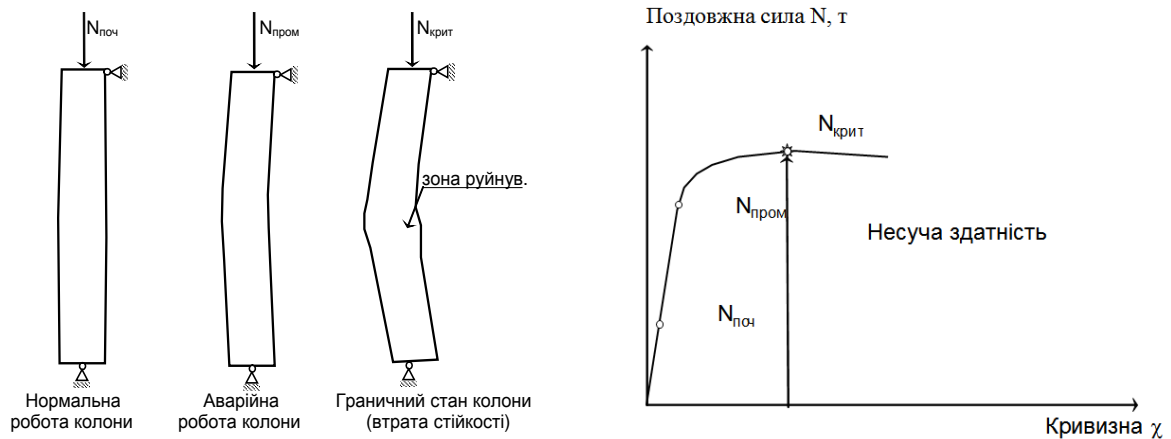


Рис. 9. Визначення несучої здатності колони для кожної хвилини випробувань

Після проведення розрахунків були отримані графіки критичної сили, при якій колона втрачає стійкість залежно від часу випробувань, які подані на (рис. 10).

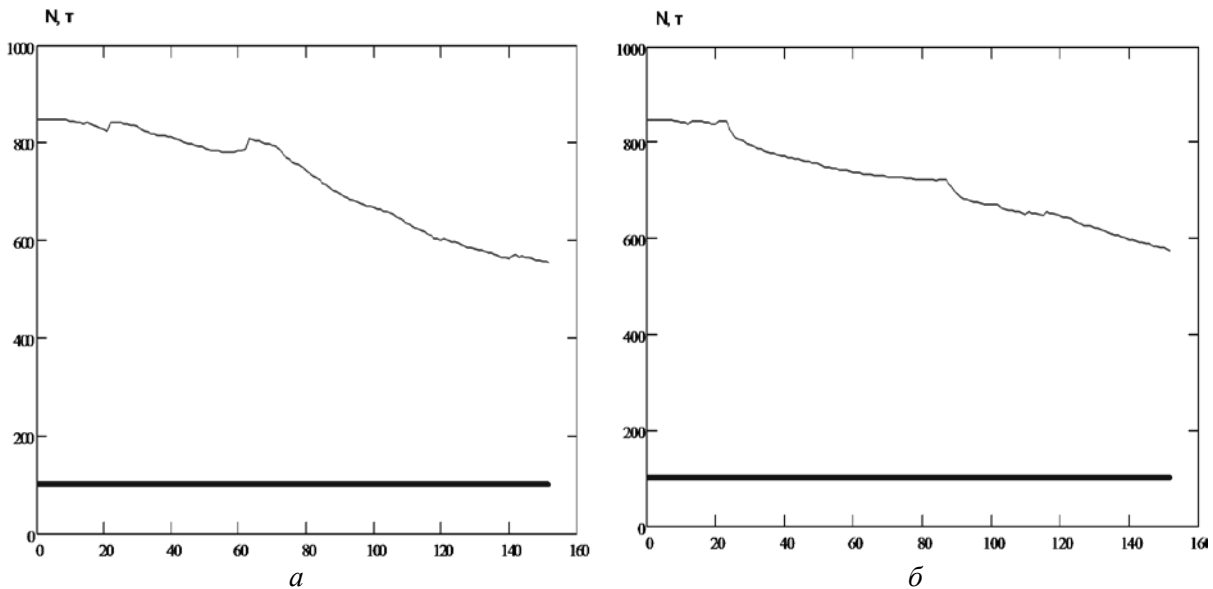


Рис. 10. Несуча здатність колони-зразка № 1 (а) і колони-зразка № 2 (б)

Висновки. У результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки.

1. Проведено вогневі випробування залізобетонних колон і на їх основі досліджено стійкість методів інтерполяції, внаслідок чого виділено найефективніший метод інтерполяції, заснований на апроксимації ізотерм поля.
2. Обґрунтовано 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 у ході вогневих випробувань із застосуванням розробленого методу міцнісного розрахунку визначено межу вогнестійкості залізобетонної колони, чим підтверджена його надійність та ефективність.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

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. **Поздєєв 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». Матер: XII Міжнар. вистав. форуму «Технології захисту» 15-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції. 24 – 25 вересня 2013 р. – К. : Ін-т держ. управ. у сфері цивіл. 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 / А. Ф. Милованов. – М. : Стройиздат, 1986. – 224 с.
7. **Поздєєв С. В.** Исследование эффективности математических моделей для решения теплотехнической задачи при определении огнестойкости железобетонных конструкций / С. В. Поздєєв, В. Г. Поклонский, О. В. Некора, А. В. Поздеев / Строительство, материаловедение, машиностроение : [сб. науч. тр.]. – Д. : ПГАСА, 2010. – Вып. 52 : [серия «Безопасность жизнедеятельности»]. – С. 44 – 48.

SUMMARY

The problem. Testing the concrete columns on fire is carried out in accordance with the applicable standards of Ukraine. According to these standards the column should be subjected to the firing action under the condition of the column load power factors that fully meet the load in the column under the design model of the building. These factors are created by the corresponding nodes of the testing facilities that combine fire oven with the support-loading device. Fire oven has fireproof enclosures, configuration that ensures evenly heating of the construction elements. It is also equipped with fuel-nozzle system on liquid fuel that ensures standard temperature mode of fire. Mechanical load is created by hydraulic press that ensures compressive strength up to 500 t.

The implementation of these conditions causes certain technical difficulties such as mismatch of conditions of fixing and loading the column in the construction, mismatch of out-sample for testing and the real column etc. That is why the standard for fire resistance test of columns does not prohibit testing without applying mechanical stress; meanwhile the aforementioned standard does not give any grounded methodology for determining the fire resistance of reinforced concrete columns based on such testing. Moreover, fire test of the columns have limitations on the length of the subjected columns, ways of their fixing, type and size of mechanical loading on the column.

Analysis of recent achievements and publications. Analysis of publications on computational methods for designing concrete columns by their fire safety shows that the appointed methods allow to take into account all of the listed features. Therefore the objective of the study is formulated.

Statement of the problem and its solution. The purpose of the study is to substantiate the method of solution strength problem to assess the fire resistance of reinforced concrete columns with rectangular cross section calculated on the basis of the interpretation of the results of fire tests.

The method of determination of actual fire resistance of reinforced concrete columns is given in the article. The stated method is based on the calculation interpretation of fire tests without applying mechanical stress.

To achieve this goal it is necessary to solve the problem of restoration of temperature fields in the cross section of the column by results of point temperature measurement in the inner layers. The methodology of the problem solution is described in the article. Under the terms of the implementation of the developed methods it is necessary to interpolate the results of measurements of temperature in the control points section of reinforced concrete columns. For testing procedures of fire assessment methods by interpreting the results of fire tests appointed testing of two reinforced concrete columns 500 × 500 × 3 000 from heavy concrete was conducted on granite filler in the fire oven.

Conclusions. As a result of the research the following conclusions can be made.

1. Fire testing of reinforced concrete columns was conducted. On the basis of this testing the stability of interpolation methods was investigated. Therefore the most effective method of interpolation was selected. The method is based on approximation of field isotherms.

2. The sequence of procedures of strength calculation method on the basis of temperature measurement in the inner layers of the reinforced concrete column during fire testing was grounded.

3. The limit of fire resistance of reinforced concrete columns was determined on the basis of interpretation of the data obtained during the fire tests using the proposed method of calculating strength.

REFERENCES

1. DBN V.1.1-7-2002 Zakhyst vid pozhezhi. Pozhezna bezpeka ob'yektiv budivnytstva.
2. DSTU B V.1.1-14-98. Zakhyst vid pozhezhi. Kolony. Metod vyprobuvannya na vohnestiykist'. – K.: Ukrarkhbudininform, 2005.
3. DSTU B V.1.1-4-98. Budivel'ni konstruktsiyi. Metody vyprobuvan' na vohnestiykist'. Zahal'ni vymohy. Pozhezna bezpeka. – K. : Ukrarkhbudininform, 2005.
4. Pozdyeyev S. V., Vasylenko I. R., Kuz'min O. H., Slovins'kyy V. K. // Tezy dopovidey konferentsiyi «Metod interpretatsiyi rezul'tativ vohnovykh vyprobuvan' zalizobetonnykh kolon dlya otsinky yikh vohnestiykosti». Mater. XII Mizhnar. vystav. forumu «Tekhnolohiyi zakhystu» 15-yi Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. 24 – 25 veresnya 2013 r. – K. : In-t derzh. upravl. u sferi tsyvil. zakhystu, 2013 – S. 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. Mylovanov A. F. Ohnestoykost' zhelezobetonnykh konstruktsyy / A. F. Mylovanov. – M. : Stroyizdat, 1986. – 224 s.
7. Pozdyeyev S. V. Yssledovanye efektyvnosti matematycheskykh modeley dlya reshenyya teplotekhnicheskoy zadachy pry opredelenyy ohnestoykosti zhelezobetonnykh konstruktsyy / S. V. Pozdyeyev, V. H. Poklonsky, O. V. Nekora, A. V. Pozdeev // Stroytel'stvo, materyalovedenye, mashynostroenye : [cb. nauch. tr.]. – D. : PHASA, 2010. – Vip. 52 : [seria «Bezopasnost' zhyznedeyatel'nosti». – S. 44 – 48.

Відомості про авторів

Беліков Анатолій Серафимович, д. т. н., проф., завідувач кафедри безпеки життєдіяльності Придніпровської державної академії будівництва та архітектури, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua.

Словінський Віталій Казимирович, старший викладач кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля, e-mail: vetal71@inbox.ru.

Федоренко Дмитро Сергійович, к. і. н., доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля.

Федченко Ігор Вікторович, заступник начальника курсу Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля.

Поздєєв Сергій Валерійович, д. т. н., професор, начальник кафедри будівельних конструкцій Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля.

УДК 691.54:514.18

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ ЛОПАСТЕЙ СМЕСИТЕЛЕЙ И ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ДИСПЕРСНОЙ АРМАТУРЫ

К. К. Мирошниченко, д. т. н., проф.

Ключевые слова: *смеситель, лопасть, фибробетон, дисперсная арматура, геометрическое моделирование*

Постановка проблемы. Трещины, деформации или разрушения конструкций бетонных сооружений могут быть вызваны ударными, вибрационными и другими динамическими нагрузками. Существенно снизить их влияние на свойства материала можно применением фиброармированных бетонов. Использование фибробетонов позволяет усилить мостовые конструкции, промышленные бетонные полы, создать высокопрочные, ударо- и взрывостойкие