



Міністерство надзвичайних ситуацій України

Академія пожежної безпеки
імені Героїв Чорнобиля

№9'2011

***ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА:
ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА***

Збірник наукових праць

ББК 38.96

П 46

П 46 Пожежна безпека: теорія і практика : збірник наукових праць. – Черкаси : АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2011. – № 9. – 174 с.

Редакційна колегія:

к.психол.н., професор *Кришталь М.А.* – головний редактор
к.пед.н., доцент *Капля А.М.* – заступник головного редактора
д.ф.-м.н., професор *Акіньшин В.Д.* – науковий редактор
д.т.н., професор *Осипенко В.І.* – заступник наукового редактора
к.т.н., доцент *Поздєєв С.В.* – заступник наукового редактора
к.т.н. *Качкар Є.В.* – відповідальний секретар
д.т.н., професор *Ващенко В.А.*
д.психол.н, професор *Грибенюк Г.С.*
д.т.н., професор *Жартовський В.М.*
д.т.н., професор *Круковський П.Г.*
д.військ.н., професор *Мосов С.П.*
д.психол.н, професор *Охременко О.Р.*
к.психол.н., доцент *Бут В.П.*
к.т.н., доцент *Григор'ян Б.Б.*
к.т.н, доцент *Баракін О.Г.*
к.психол.н., доцент *Вареник В.В.*
к.психол.н., доцент *Тєсюк П.В.*
к.т.н., доцент *Заїка П.І.*
к.т.н., доцент *Лєвченко А.Д.*
к.т.н., доцент *Стась С.В.*
к.т.н., доцент *Тищенко О.М.*
к.т.н., доцент *Цвіркун С.В.*
к.т.н., доцент *Кириченко О.В.*
к.ф.-м.н., доцент *Виноградов А.Г.*
к.т.н., доцент *Маладика І.Г.*

Рекомендовано до видання

*Вченою радою Академії пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
(Протокол № 2 від 23.11.2011 р.)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 17574-6424 ПР, видане Міністерством юстиції України 21.03.11 р.*

*Включено ВАК до переліку фахових видань в галузі технічних наук, в яких можуть
публікуватись результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора
і кандидата наук (Постанова ВАК від 27 травня 2009 року № 1-05/2)*

За точність наведених фактів, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів.
При передрукуванні посилання на збірник «Пожежна безпека: теорія і практика» обов'язкове.

ЗМІСТ

<i>Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Руденко О.В., Пруський А.В.</i> Дослідження надходження ^{137}Cs в повітря при лісових пожежах в Чорнобильській зоні	5
<i>Бабич А.В., Барчан А.А., Буханцов А.В., Муравьев С.Д., Троян А.Л.</i> Устройство для подачи огнетушащего (флегматизирующего) состава за металлическую преграду	11
<i>Ващенко В.А., Заика П.И., Заика Н.П., Омельченко А.Н.</i> Влияние органических добавок на процессы горения нитратно-магниевых систем при различных внешних условиях.....	18
<i>Виноградов А.Г., Гаєв Є.О.</i> Математичне моделювання вільного падіння сферичної водяної краплі у газовому середовищі	22
<i>Виноградов С.А., Грицина І.М., Качкар Є.В., Биченко С.М.</i> Визначення розмірів крапель, необхідних для гасіння газового фонтану	33
<i>Голоднов О.І., Отрош Ю.А., Ткачук І.А., Семиног М.М.</i> Визначення характеристик міцності бетону й арматури при проведенні досліджень вогнестійкості залізобетонних колон	37
<i>Жартовський С.В., Коваль О.Д., Маладика І.Г., Кришталь В.М.</i> Дослідження реологічних властивостей водної вогнегасної речовини ФСГ-2.....	44
<i>Жартовський В.М., Жартовський С.В.</i> Активний і пасивний протипожежний захист об'єктів з пожежним навантаженням із целюлозовмісних матеріалів	53
<i>Калиновський А.Я., Соколовський С.А.</i> Моделювання поширення ландшафтної пожежі з урахуванням вологості пального матеріалу та флуктуацій вітру.....	61
<i>Кириченко О.В., Акіншин В.Д., Ващенко В.А., Цибулін В.В.</i> Спалахування частинок алюмінію в продуктах розкладання нітратовмісних окислювачів та органічних речовин піротехнічних сумішей при підвищених температурах нагріву	65
<i>Ковалишин В.В.</i> Єдиний підхід до математичного моделювання розвитку і гасіння пожеж різними засобами	71
<i>Кривошей Б.І., Чигрин В.В.</i> Причини виникнення дисбалансу при роботі відцентрових насосів.....	77
<i>Литвиненко І.В., Єлагін Г.І.</i> Експериментальна перевірка можливості виникнення деяких пожеж в Україні у 2000-2009 рр. за механізмом теплового самонагрівання.....	82
<i>Марієвський В.Ф., Стрикаленко Т.В., Магльована Т.В., Нижник Т.Ю.</i> Ефективні дезінфектанти як важлива складова попередження епідемічних ускладнень внаслідок надзвичайних ситуацій, викликаних повеннями.....	88
<i>Мосов С.П., Капля А.М., Чубань В.С., Ротар В.Б.</i> Організаційно-управлінські заходи реформування органів управління та сил цивільного захисту	93
<i>Нуянзін О.М., Поздєєв С.В.</i> Дослідження впливу конструкції вимірювальної арматури вогневих печей на адекватність результатів випробувань на вогнестійкість .	99
<i>Поздєєв А.В., Тищенко А.М., Некора О.В., Рудик І.В.</i> Влияние добавок, повышающих подвижность бетонной смеси на теплофизические характеристики при пожаре	106
<i>Соколовський С.А., Лагутін В.Л., Грінченко Є.М.</i> Визначення параметрів віброзахисної системи для транспортування вибухонебезпечних вантажів.....	115
<i>Тимченко А.А., Підгорний М.В., Мельник В.П.</i> Життєвий цикл створення систем моніторингу транспортування небезпечних вантажів.....	121
<i>Тищенко Є.О., Андрієнко М.В., Трояновська І.О.</i> Проблеми забезпечення пожежної безпеки резервуарів з нафтопродуктами.....	128

Федоренко Р.М., Ларін О.М., Шостак Р.М. Визначення параметрів надійності та накопичення пошкоджуваності залізничних цистерн для перевезення нафтопродуктів	133
Яценко І.П., Каракоця А.В., Поліщук В.Д. Метод збільшення потужності і динамічності автомобільного двигуна.....	140
Анотації/abstracts.....	153
Автори (алфавітний покажчик)	163
Вимоги до оформлення статей	164

УДК 69.059.22:699.8

Голоднов О.І., д.т.н., професор, вчений секретар ради,
ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського»,
Отрош Ю.А., к.т.н., доцент кафедри будівельних конструкцій,
Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля,
Ткачук І.А., інженер, ТОВ «Тест», м. Бровари,
Семиног М.М., інженер, Броварське управління ГУ МНС України в Київській обл.

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ БЕТОНУ Й АРМАТУРИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ДОСЛІДЖЕНЬ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН

Викладено методичні підходи до визначення вогнестійкості залізобетонних колон. Наведено методика та результати експериментальних досліджень залізобетонних колон на вогнестійкість.

Ключові слова: залізобетонні колони, випробування, вогнестійкість, характеристики міцності.

Постановка проблеми. Досвід експлуатації залізобетонних колон свідчить про достатній запас їхньої несучої здатності за умов відсутності непередбачуваних високотемпературних впливів. Як одна з найбільш істотних причин підвищеної небезпеки для таких конструкцій розглядається нерівномірний нагрів і зміна характеристик міцності та деформативності бетону й арматури під час пожежі.

Межа вогнестійкості колон визначається за ДСТУ Б В.1.1-4-98* “Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги” [1] та ДСТУ Б В.1.1-14:2007 “Захист від пожежі. Колони. Метод випробувань на вогнестійкість” (EN 1365-4:1999, NEQ) [2]. Метод полягає у нагріві в стандартному температурному режимі згідно з ДСТУ Б В.1.1-4-98* [1] зразків колон (далі – зразків), які встановлюються у вогневу піч, та визначенні часу, коли досягається граничний стан за ознакою втрати несучої здатності.

В разі неможливості відтворення під час випробувань реальних умов обпирання та навантаження на колону, допускається проводити випробування без навантаження на двох однакових зразках колон заввишки не менше ніж 1000 мм.

Межа вогнестійкості колон, що випробовуються без навантаження, за ознакою втрати несучої здатності (ознака **R**) визначається, виходячи з розподілу температур (арматури та бетону) по перерізу колони під час випробувань. Несуча здатність може бути оцінена по перевищенню середньої температури у стержнях несучої арматури, які більш наближені до поверхні, від початкового значення температури на 480⁰С.

Постановка задачі та її розв'язання. Мета роботи – експериментальні дослідження залізобетонних колон на вогнестійкість з визначенням характеру зміни характеристик міцності бетону й арматури і розробленням заходів щодо її підвищення.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Для залізобетонних зразків, які випробовують без навантаження, необхідно встановити рівномірно розташовані у напрямках двох осей перерізу зразка посередині його висоти термопари для отримання розподілення значень температури по перерізу. Термопари необхідно встановити також на несучій арматурі зразка, що найбільш наближена до поверхні, де очікується вогневий вплив.

За результат випробування приймається межа вогнестійкості, що визначається за формулою:

$$t_{fr} = t_{mes} - \Delta t, \quad (1)$$

де t_{fr} – межа вогнестійкості конструкції, хв.; t_{mes} – найменше значення часу від початку випробування до досягнення граничного стану з вогнестійкості, що визначається за результатами випробувань двох однакових зразків, хв.; Δt – похибка випробування, хв.

Значення похибки Δt визначається за формулою:

$$\Delta t = (0,015 \cdot t_{mes} + 3)(A_s - A_f) / (A_s - A_{min}), \quad (2)$$

де A_s , A_f , A_{min} – інтегральні значення (площі, що знаходяться під кривими) стандартної температури, середньої температури в печі та мінімальної допустимої температури в печі, відповідно, $^{\circ}\text{C}$ Ч хв. Якщо $A_f > A_s$, то $\Delta t = 0$.

Для випробувань були виготовлені два ідентичні зразки залізобетонних колон перерізом 600х600 мм заввишки 2000 мм. Зразки були виготовлені на Броварському ЗБВ у металевій опалубці.

Кожний зразок мав несучий каркас, який складався з восьми поздовжніх арматурних стержнів Ш20 мм А400С за ДСТУ 3760:2006 [3]. Поперечна арматура прийнята Ш10 мм А240С за ДСТУ 3760:2006 [3] і була встановлена по зовнішньому контуру поздовжніх арматурних стержнів. Крім того, було встановлено арматуру Ш10 мм А240С за ДСТУ 3760:2006 [3], яка об'єднала між собою центральні стержні по кожній грані (рисунок 1).

Бетон було використано класу за міцністю В25.

Для встановлення характеристик застосованих матеріалів було проведено інструментальні дослідження. Визначення міцності бетону колон було виконано ультразвуковим методом за ГОСТ 17624-87 [4]. Ультразвукові випробування бетону було виконано за допомогою приладу УК-14ПМ. Суть ультразвукового методу полягає у вимірах часу t проходження ультразвуку (УЗК) від випромінювача до приймача і бази L прозвучування (відстані між випромінювачем і приймачем). По вимірних величинах було розраховано швидкість $C = L/t$ проходження ультразвукових коливань і по встановленій залежності між швидкістю і міцністю визначено міцність бетону на контрольованій ділянці. Виміри швидкості ультразвуку було виконано способом наскрізного прозвучування (рисунок 2).

Число і розташування контрольованих ділянок в колонах було встановлено відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-224:2009 [5].

Для визначення міцності бетону в місцях контролю було використано базову градувальну залежність «швидкість–міцність», встановлену для використаного приладу за багаторічними статистичними даними результатів порівняльних ультразвукових і механічних випробувань бетону класів В15, ..., В35. За результатами проведених досліджень було встановлено, що бетон за міцністю відповідає класу В25.

Після проведення попередніх випробувань було виконано вогневі випробування колон. Випробування колон було виконано на відповідному обладнанні випробувального центру ТОВ «ТЕСТ». Для випробувань було використано спеціальну випробувальну піч та відповідні засоби вимірювальної техніки, які забезпечували отримання результату (рисунок 3). Перед випробуваннями зразки було витримано у приміщенні для кондиціонування зразків згідно з п. 7.1.4 ДСТУ Б В.1.1-4-98* [1].

Характеристики арматури визначались за результатами стандартних випробувань зразків, вилучених з арматурних стержнів.

Оскільки колони випробувались без навантаження, межу вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності (ознака **R**) було визначено, виходячи з розподілу температур по перерізу колони. Несучу здатність було оцінено по перевищенню середньої температури стержнів несучої арматури від початкового значення температури на 480°C .

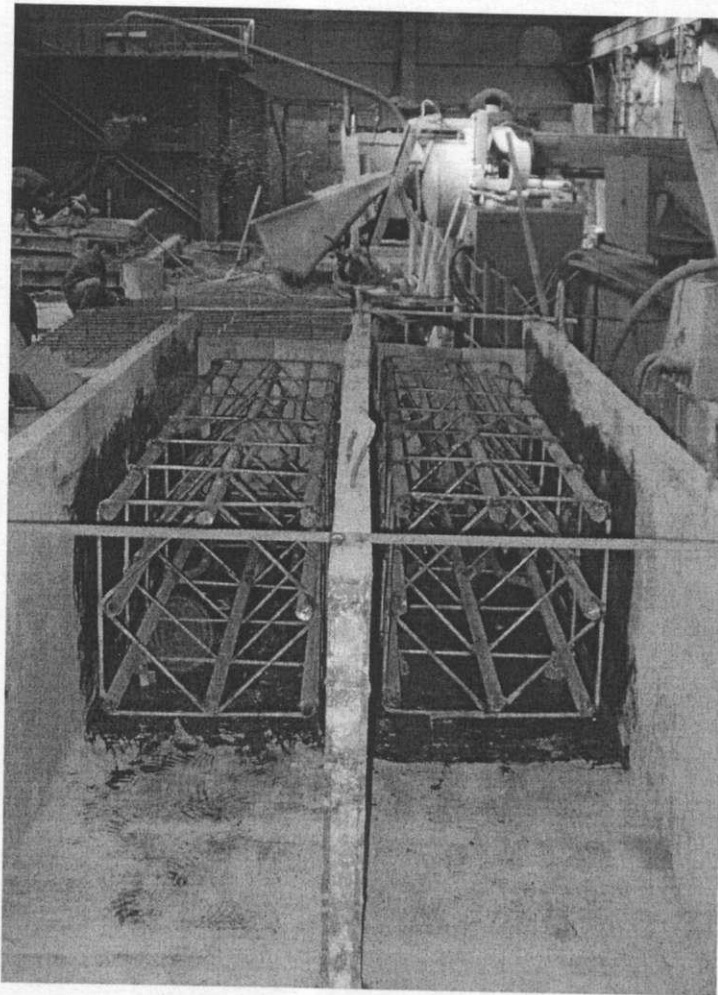


Рисунок 1. Встановлення арматурних каркасів в опалубку.

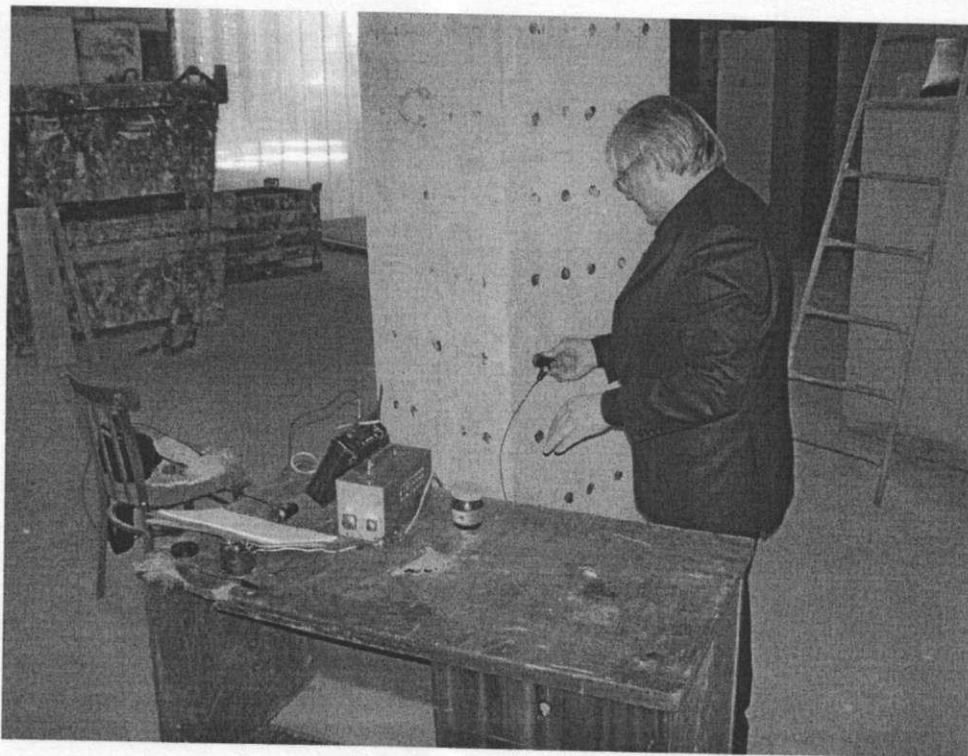


Рисунок 2. Виконання випробувань бетону колони ультразвуковим методом.

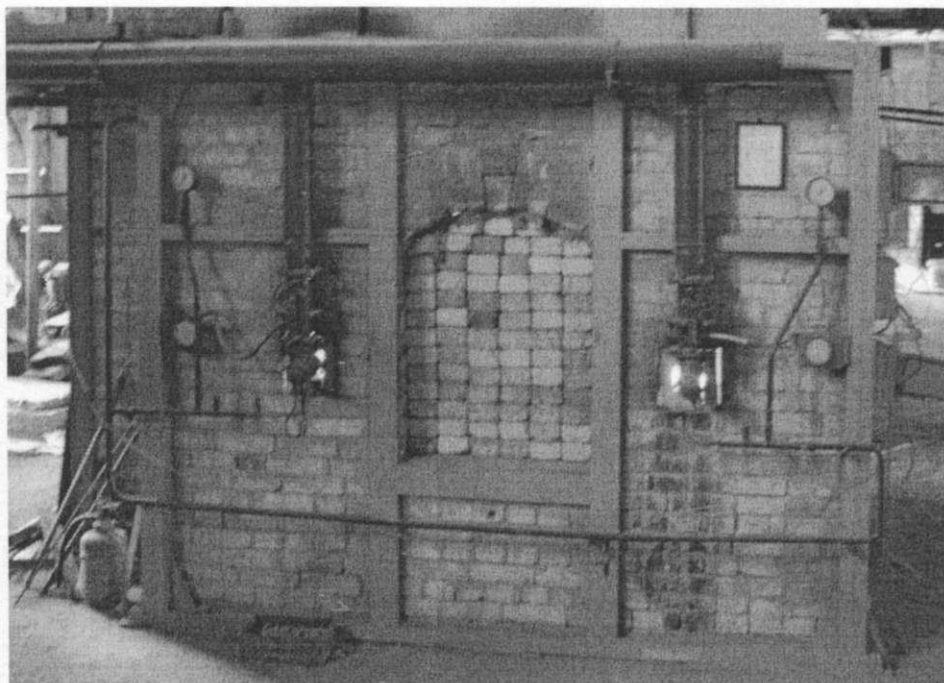


Рисунок 3. Вигляд печі під час випробування колони.

Для вимірювання температури поздовжньої арматури зразків під час випробувань на чотирьох арматурних стержнях кожного зразка було встановлено термопари ТХА. Для отримання розподілу значень температури по перерізу зразка було встановлено по п'ять термопар ТХА. Загальний вигляд колони після випробувань наведено на рисунку 4.

Під час проведення випробувань температура та надлишковий тиск у печі відповідали вимогам, що регламентовані чинним стандартом. Надлишковий тиск у печі на 5-й хвилині склав 8 Па, а з 10-ї хвилини – 11 Па.

Втрата несучої здатності зразка №1 під час випробувань відбулась на 152 хвилині, оскільки значення середньої температури ($T_{1,cp}$) поздовжньої несучої арматури зразка перевищило початкове значення на 480°C .

Втрати несучої здатності зразка №2 під час випробувань протягом 160 хвилин не відбулося, оскільки значення середньої температури несучої арматури зразка не перевищило початкове значення на 480°C .

Значення A_s , A_f , A_{min} для часу випробувань 151 хвилини склали 141041, 140519, 135378 $^{\circ}\text{C}$ Ч хв., відповідно. Похибка випробувань (Δt) згідно залежності (2) під час випробувань склала 0,485 хвилини.

Після випробувань було виконано обстеження колони. За результатами обстеження було встановлено, що бетонна поверхня колони зазнала суттєвих руйнувань у вигляді тріщин. Виконати випробування колони ультразвуковим методом з метою визначення міцності бетону виявилось неможливим внаслідок суттєвих руйнувань бетону.

Після випробувань було виконано розрізання колони №1 з метою визначення характеру руйнування та характеристик бетону по перерізу. Розрізання зразка виконано в умовах заводу на спеціалізованому обладнанні (рисунок 5). Розрізання дозволило встановити, що в кутових зонах і по периметру відбулося руйнування бетону з утворенням тріщин по колу. В центральній частині перерізу було сформовано ядро, яке майже не зазнало руйнувань під час випробувань (рисунок 6). Вилучені з колони зразки (куби зі стороною 150 мм) при випробуваннях в пресі на стиск показали міцність майже в 1,5 рази меншу за ту, яку показали зразки-куби без нагрівання (165 МПа проти 275 МПа). При цьому, куби, які було вилучено з колони, для можливості випробування прийшлося склеювати за допомогою епоксидної смоли.

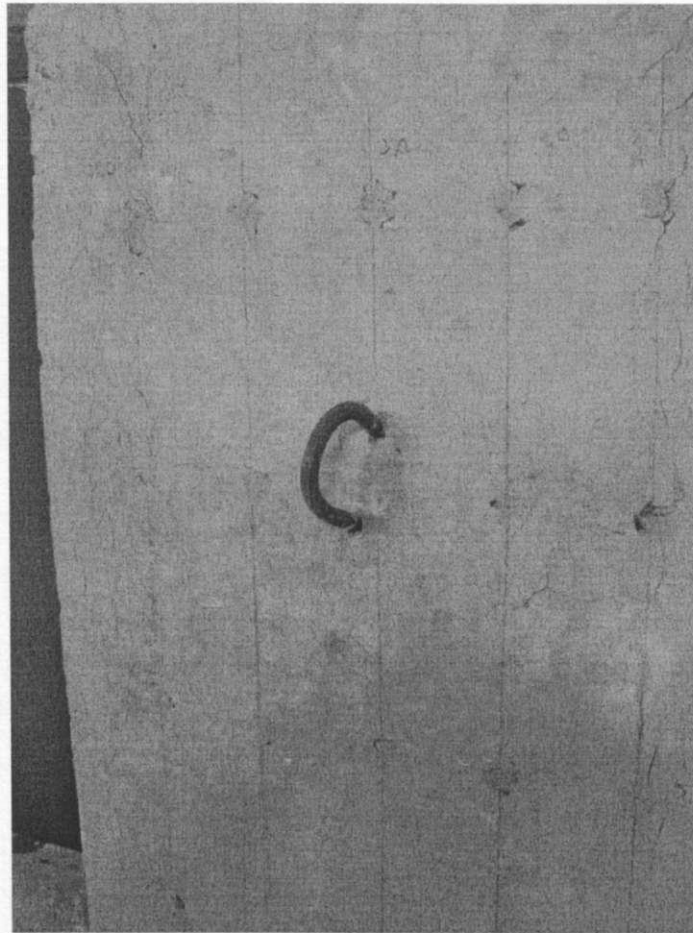


Рисунок 4. Загальний вигляд колони після випробувань.

Таким чином, за результатами випробувань найбільш ефективною формою поперечного перерізу залізобетонної колони можна вважати круглу. Під час нагрівання бетон буде розширюватись в поперечному напрямку рівномірно, а кільцева арматура буде забезпечувати роботу бетону без руйнування.

Випробування зразків арматури на розрив після вогневого впливу дозволили встановити, що втрата міцності арматури практично не відбулась. Зразки з колони показали міцність майже 620 МПа, а зразки без нагрівання – майже 630 МПа.

Висновки:

1. Наведено результати випробувань колон на вогнестійкість. Межа вогнестійкості залізобетонної колони квадратного перерізу (600x600 мм) склала 151 хвилину (R150). Такий результат відповідає вимогам чинних нормативних документів щодо вогнестійкості конструкцій [6, 7 та ін.].

2. За результатами випробувань колон на вогнестійкість було встановлено, що руйнування колони відбулося за рахунок нерівномірного розширення бетону і відриву кутових зон перерізу із формуванням в центрі перерізу квадратної колони круглого ядра. За цих умов форму перерізу залізобетонних колон рекомендується приймати круглою з огляду на роботу конструкції як при силових, так і при вогневих навантаженнях.

3. Зміна характеристик міцності несучої арматури класу А400С при нагріванні до температури 500 °С практично не відбулася. Це дозволяє зробити висновок про можливість використання характеристик міцності арматури, які рекомендовані чинними нормативними документами, для визначення остаточної несучої здатності конструкцій після пожежі за умов нагрівання до температур, які не перевищують 500 °С.

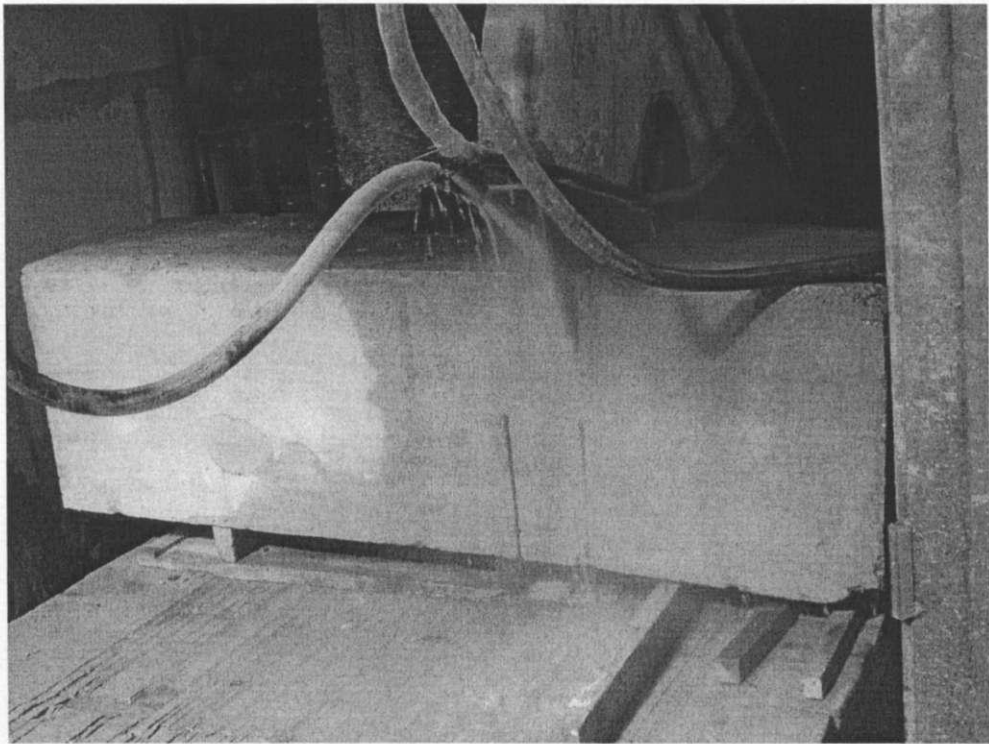


Рисунок 5. Розрізання колони алмазною пилою.

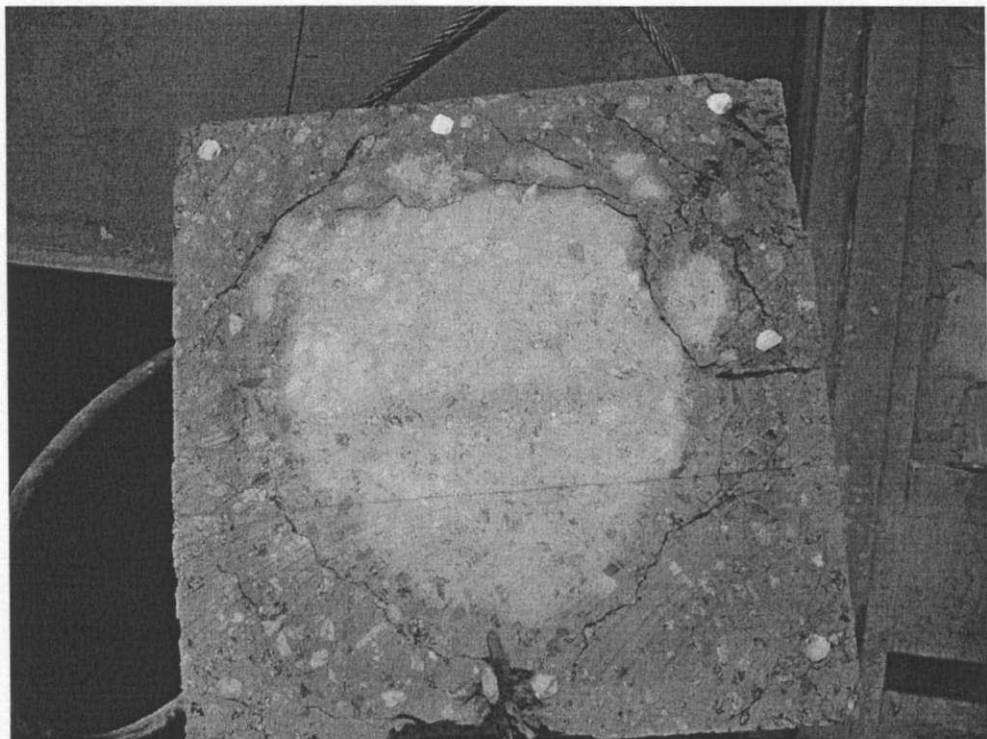


Рисунок 6. Переріз колони після розрізання

4. Міцність бетону колони після вогневого впливу зазнала суттєвих втрат (вона зменшилась майже в 1,5 рази). Це дозволяє зробити висновок про необхідність врахування такого фактору при визначенні залишкового стану конструкцій після пожежі. При розробці проекту підсилення конструкцій слід орієнтуватись на оббетонування конструкцій, що дозволить зруйнованому бетону працювати «в обоймі» і сприймати якимсь чином діючі навантаження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги / Держбуд України. – К.: Держбуд України, 2005. – 18 с.
2. ДСТУ Б В.1.1-14:2007. Захист від пожежі. Колони. Метод випробувань на вогнестійкість (EN 1365-4: 1999, NEQ). – К.: Мінрегіонбуд України, 2007. – 8 с.
3. ДСТУ 3760:2006. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. – Надано чинності 11.12.2006. К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 26 с.
4. ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 24 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Бетони. Правила контролю міцності. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 27 с.
6. ДБН В.1.1.7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003. – 41 с.
7. ДБН В.1.2-7-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Пожежна безпека. Основні вимоги до будівель і споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 30 с.