

Кінетика накопичення сигналів акустичної емісії відповідає процесам утворення і розвитку тріщин в залізобетонних балках та несе в собі інформацію про стан конструкції в цілому. Проведені комплексні дослідження бетонних і залізобетонних зразків дозволяють знайти зв'язок між сигналами акустичної емісії, напружено-деформованим станом та процесами тріщиноутворення в бетоні.

1. Філоненко С.Ф. *Акустическая эмиссия. Измерение, контроль, диагностика.* – К., 1999. – 312 с. 2. Коваль П.М., Сташук П.М. *Перспективи технічної діагностики мостів з використанням методу акустичної емісії // Будівельні конструкції.* – 2001. – Вип. 54. – С. 310–316. 3. Маламедов И.М. *Физические основы надежности.* – Л., 1970. – 152 с.

УДК 614.841.3

Т.М. Шналь , В.І. Хоржевський, Ю.Е. Павлюк, Р.В. Пархоменко
Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра БКМ

ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ТА ПОДАЛЬША ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІСЛЯ ПОЖЕЖІ

© Шналь Т.М., Хоржевський В.І., Павлюк Ю.Е., Пархоменко Р.В., 2002

У статті розглянуті питання технічної діагностики та подальшої експлуатації залізобетонних конструкцій після пожежі. Описано критерії оцінки стану залізобетонних конструкцій та методи їх визначення. Розглянуті способи відновлення пошкоджених конструкцій.

Після пожежі в будівлях і спорудах виникає задача з оцінки фактичного стану будівельних конструкцій, розв'язувати яку можна за параметрами, що характеризують їх придатність до подальшої нормальної експлуатації [1, 2]. З цією метою можна використовувати систему технічної діагностики, що включає засоби визначення стану залізобетонних конструкцій будівель після пожежі без їх демонтажу й випробування руйнуючим навантаженням. Це дозволяє об'єктивно оцінити стан будівлі в цілому після пожежі, її конструкцій і порівняти визначені параметри з їх нормативними значеннями (рис. 1, 2).

Руйнівний вплив пожежі на будівлю характеризується такими параметрами:

- вогневим навантаженням на будівельні конструкції;
- тривалістю теплового впливу;
- максимальною температурою пожежі;
- температурою прогрівання конструкції за перерізом.

Для практичної оцінки впливу пожежі на конструкції доцільно будівлю розділити на зони з різною інтенсивністю вогневого впливу, наприклад, слабкої, підвищеної, високої і надвисокої. Максимальні температури по цих зонах можна прийняти відповідно 400, 800, 1 200 і більше 1 200 °С [відповідно до рекомендацій Н.А. Ільїна, 3].

Експлуатаційні якості конструкцій після пожежі характеризують основні і додаткові параметри. До основних параметрів конструкцій можна зарахувати:

- збереженість і ремонтпридатність;
- стійкість і залишкову несучу спроможність конструкцій;
- відсутність аварійного стану.

Додатковими параметрами можна вважати:

- залишкові деформації матеріалів у вигляді додаткових прогинів, кутів повороту і перекосів конструкцій;
- додаткові тріщини і збільшена ширина їх розкриття.

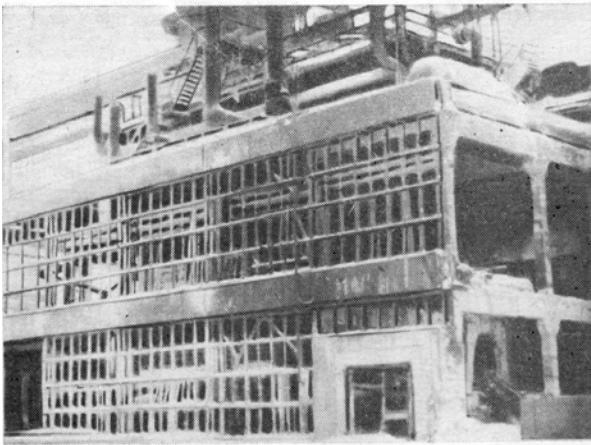


Рис. 1. Залізобетонний каркас промислової будівлі після пожежі [3]

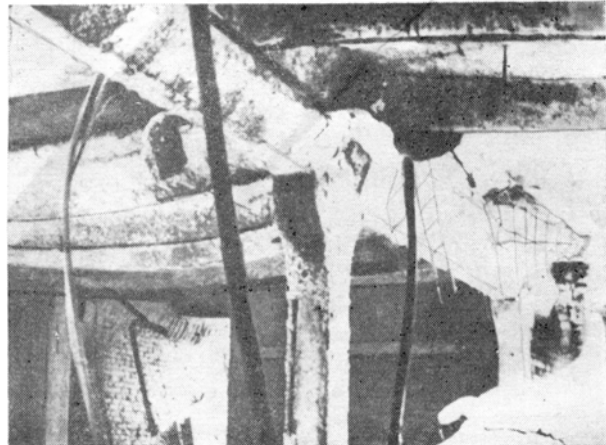


Рис. 2. Пошкоджені конструкції перекриття та колони після впливу вогневого навантаження [3]

Для оцінки стану бетону за перерізом залізобетонної конструкції після пожежі необхідно визначити такі його основні характеристики:

- товщину зруйнованого шару бетону, тобто товщину поперечного перерізу конструкції, що була прогріта вище критичної температури бетону (500–600 °С);
- залишкову міцність і деформативність бетону в поперечному перерізі елемента, нагрітого при пожежі;
- теплофізичні характеристики бетону (коефіцієнт теплопровідності, теплоємність).

Товщину повністю зруйнованого вогнем шару бетону визначають для оцінки ступеня зменшення робочого перерізу залізобетонного елемента. Міцнісні і деформативні властивості прогрітого бетону досліджують для оцінки залишкової несучої спроможності, жорсткості,

тріщиностійкості і вогнестійкості конструкцій [4, 5]. Теплотехнічні характеристики і вологість бетону використовують для оцінки ступеня прогрівання розрахункових перерізів елементів.

Для оцінки стану залізобетонних елементів після пожежі необхідно визначити такі характеристики арматурної сталі:

- температурну повзучість сталі під час вогневого впливу з метою оцінки тріщиностійкості і вогнестійкості конструкцій;
- значення втрат попереднього напруження робочої арматури для оцінки жорсткості елементів;
- межу текучості відпаленої сталі, що характеризує залишкову міцність залізобетонних конструкцій;
- міцнісні і пластичні властивості сталі, після впливу високих температур, для оцінки несучої спроможності і ремонтоздатності будівельних конструкцій.

При оцінці технічного стану залізобетонних конструкцій, після температурного впливу можна використовувати суб'єктивні й об'єктивні методи діагностування.

До суб'єктивних методів діагностики належить візуальний огляд будівельних конструкцій і оцінка міцності бетону склерометричним методом (простукування молотком). Це може дати якісну характеристику стану конструкцій після пожежі.

Для об'єктивного технічного діагностики користуються вимірювальними приладами, пристосуваннями й інструментами. Найбільшого поширення набули механічні, оптичні й електричні засоби вимірювання. У деяких випадках можна застосувати віброакустичні й ультразвукові прилади, оптичну мікроскопію і металографію. У таблиці наведені методи діагностики ушкоджень залізобетонних конструкцій будівель і споруд.

Методи діагностики ушкоджень залізобетонних конструкцій будівель і споруд

Ушкодження конструкцій	Діагностичні параметри	Метод діагностики
1	2	3
Хаотично розташовані температурно-усадочні тріщини	Довжина, глибина і місце розташування тріщин	Візуальний, візуально-оптичний, ультразвуковий
Тріщини в місцях розташування подовжньої арматури, не наскрізні	Місце розташування тріщин	Оцінка ширини розкриття
Прогрів частини перерізу елемента понад критичну температуру нагрівання бетону	Товщина прогріву бетону по перерізу елемента понад 500 °С	Механічні методи: відколювання ушкодженого шару бетону, висвердлювання отворів, відколювання кутів прогрітих перерізів
Відшарування захисного шару бетону	Товщина відшарування	Магнітний метод, відколювання при простукуванні молотком
Відколювання бетону від поверхоень конструкцій і їх елементів	Товщина відколотого бетону; площа ділянок ушкоджених відколами	Механічні методи оцінки товщини відколотого бетону

Продовження табл.

1	2	3
Наскрізні тріщини	Ширина розкриття і глибина розвитку тріщин	Візуально-оптичний, ультразвуковий
Зміна міцнісних і деформативних характеристик прогрітого бетону	Міцність прогрітого бетону при стиску, модуль пружності бетону	Візуально по кольору, зовнішньому вигляду бетону, по міцності бетону (склерометричний метод); акустичний; методи, засновані на ударі або забиванні стрижнів, випробуванні на відрив і сколювання бетону, на свердлінні отворів у бетоні конструкцій; випробування ушкоджених конструкцій
Зміна механічних властивостей прогрітих до високих температур арматурних сталей	Міцнісні характеристики, модуль пружності сталі	Візуально-оптичний метод, добір проб і визначення механічних властивостей і хімічного складу сталі; оцінка міцності по твердості металу, випробування стрижневої арматури на холодний згин, дротової – на перемінний згин

Розрахунок залишкової несучої спроможності елементів залізобетонних конструкцій виконують як по нормальних, так і похилих перерізах. При цьому використовують методи розрахунку, прийняті в будівельних нормах, з урахуванням зміни властивостей бетону й арматури, а також їх спільної роботи після пожежі [6, 7].

Для визначення зусиль у перерізах можна прийняти опори бетону, нагрітого вище 300 °С розтягу і вище 500 °С стиску, які дорівнюють нулю.

Ступінь ушкодження залізобетонних конструкцій після пожежі можна характеризувати, дещо умовно, величиною зниження їх несучої спроможності: конструкції, цілком зруйновані вогнем – зниження несучої спроможності на 80 і більше %; аварійні конструкції 76–80 %; конструкції, що одержали важкі ушкодження 51–75 %; сильні ушкодження – 26–50 %; середні ушкодження 11–25 %; слабкі ушкодження – 5–10 %.

Під час обстеження залізобетонних конструкцій, ушкоджених вогнем, доцільно скласти такі документи: робочу програму проведення робіт; технічний акт про пожежу; акти огляду конструкцій; перевіркові розрахунки міцності елементів; протоколи випробувань; технічний висновок.

Внаслідок пожежі залізобетонні конструкції повністю або частково втрачають свою несучу здатність. Зниження несучої здатності відбувається внаслідок зміни характеристик міцності бетону та арматури, порушення їх спільної роботи, зменшення геометричних розмірів перерізів та зміни схеми роботи елементів конструкцій в результаті нерівномірного їх прогрівання [2].

Коли внаслідок пожежі конструкції частково втрачають свої експлуатаційні якості, то виникає запитання, наскільки є доцільним їх повторне використання.

Відновлювати конструкції після пожежі можливо тільки після ретельного технічного й економічного аналізу. Технічне рішення про доцільність відновлення конструкцій обґрунтовують даними обстеження і статичним розрахунком. Економічний розрахунок повинен включати: економію витрат від відновлення будівельних конструкцій; економічний ефект у сфері експлуатації будівельних конструкцій за термін їхньої служби; економічний ефект функціонування об'єкта за період дострокового запровадження його в експлуатацію.

Технічне рішення про доцільність повторного використання конструкцій можна прийняти за результатами обстеження і лабораторного визначення міцнісних властивостей бетону та арматури, розрахунку несучої здатності залізобетонних конструкцій, з урахуванням зміни фізико-механічних та пружно-пластичних властивостей бетону та сталі після вогневого впливу. Коли після проведення відповідних розрахунків приймається рішення про можливість повторного використання конструкцій після їх відповідного посилення, розроблюється проект реконструкції.

Переважаючим рішенням, що приймається, є посилення конструкцій обіймами при важких та середніх пошкодженнях. Елементи, які мають незначні пошкодження захисного шару бетону, ремонтуються [9]. При розрахунку залізобетонних обійм необхідно враховувати залишкову несучу здатність посилених конструкцій відповідними коефіцієнтами умов роботи бетону та арматури, пошкоджених під час пожежі, з врахуванням спільної роботи обійми з посилюваною конструкцією.

При влаштуванні обійм передбачається відповідна підготовка посилюваних конструкцій у вигляді сколювання поверхневого шару на товщину пошкодженого вогнем бетону, нанесення насічки на їх бокові поверхні, обробки піскоструменевим апаратом. Після встановлення повздовжньої та поперечної арматури, поверхня елементів промивається струменем води з тиском 20 мм вод. ст., через 1,5–2 год на вологу поверхню наноситься шар, наприклад, торкрет –бетону.

Ремонт поверхневих тріщин можна виконувати з використанням полімеррозчинних композицій та здійснювати розшивкою останніх з подальшим заповненням утвореної порожнини матеріалом. Ремонт глибинних тріщин виконують ін'єктуванням полімеррозчинної композиції в тріщину за допомогою нагнітаючої трубки та шприц- ін'єктора [10].

Для надійної експлуатації посилених та відремонтованих елементів конструкцій в проектах необхідно передбачати післяремонтний захист у випадку повторного впливу пожежі. Галузь застосування сучасних способів вогнезахисту конструкцій визначається з урахуванням: величини необхідної межі вогнестійкості, типу захищеної конструкції та орієнтації захищуваних поверхонь в просторі, виду навантаження, яке діє на конструкції, температурно-вологісних умов експлуатації та виконання робіт з вогнезахисту, ступеня

агресивності матеріалу вогнезахисту до матеріалу поверхні, яку захищають, збільшення постійного навантаження від маси вогнезахисту, моменту монтажу або нанесення вогнезахисту (під час зведення або його ремонту та реконструкції), естетичних вимог.

Як показує закордонний та вітчизняний досвід, одним з найефективніших способів захисту конструкцій від дії вогню є покриття, які наносяться на поверхню конструкції і які при дії вогню спучуються, утворюючи пористий теплоізоляційний шар.

Внаслідок досліджень проведених авторами були розроблені ефективні склади спучуваних покриттів як на основі неорганічних, так і органічних речовин та матеріалів, захищені авторськими свідоцтвами та патентами України.

З використанням вищеописаної системи технічної діагностики, авторами був запропонований і здійснений варіант відновлення і подальшої експлуатації несучих конструкцій (ферми і колони) цеху кольорових телевізорів Акціонерного Товариства концерну “Електрон” (м. Львів, Україна), що одержали ушкодження внаслідок пожежі. Для надійного подальшого вогнезахисту, у разі повторної пожежі, усі несучі конструкції цеху в 1991 р. були захищені вогнезахисним покриттям, що спучується, склад і технологія нанесення якого запропоновані авторами [8].

1. Михно Е.П, Восстановление разрушенных сооружений. – М., 1974. – 272 с.
2. Ильин Н.А. Последствия огневого воздействия на железобетонные конструкции. – М., 1979. – 128 с.
3. Ильин Н.А. Техническая экспертиза зданий, поврежденных пожаром. – М., 1983. – 197 с.
4. Жуков В.В. Основы стойкости бетона при действии повышенных и высоких температур: Дис. ...д-ра техн. наук. – М., 1982. – 223 с. – Машинопись.
5. Панюков Э.Ф. Оценка состояния железобетонных конструкций после пожара: Дис. ...д-ра техн. наук. – М., 1991. – 387 с. – Машинопись.
6. Милованов А.Ф. Огнестойкость железобетонных конструкций. – М., 1986. – 224 с.
7. Милованов А.Ф., Камбаров Х.У. Расчет железобетонных конструкций на воздействие температуры. – Ташкент, 1994. – 360 с.
8. Орловский Ю.И., Ивашкевич Б.П., Труш Л.Е., Шналь Т.Н. Вспучивающиеся покрытия для огнезащиты конструкций из стали и алюминиевых сплавов // Изв. вузов. Строительство. – 1995. – № 9. – С. 55–60.
9. Хило Е.Р., Попович Б.С. Усиление железобетонных конструкций с изменением расчетной схемы и напряженного состояния. – Львов, 1976. – 146 с.
10. Лисенко В.А. Защитно-конструкционные полимер-растворы в строительстве. – К., 1985. – 136 с.