

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Ігор Ткачук

Директор ТОВ «ТЕСТ»



Олександр Риппа

Провідний інженер-випробувач будівельних конструкцій випробувального центру ТОВ «ТЕСТ»



Згідно зі статистичними даними МНС в Україні пожежа щодня знищує близько 60-ти будівель і споруд. Зважаючи на це, а також на застосування нових технологій у будівництві, одним із важливих аспектів забезпечення пожежної безпеки будинків і споруд у наш час є застосування будівельних конструкцій із чітко визначеними показниками вогнестійкості та поширення вогню в будівлях і спорудах різного ступеня вогнестійкості.

Основним класифікаційним показником, із точки зору пожежної безпеки, є ступінь вогнестійкості будинку. Залежно від цього показника згідно з ДБН В.1.1-7-2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва» нормуються його поверховість, площа забудови та відстані до інших будинків і споруд. Ступінь вогнестійкості будинку визначається межами вогнестійкості його будівельних конструкцій та межами поширення вогню цими конструкціями. Тому значення меж вогнестійкості будівельних конструкцій, із яких складається будинок, істотно впливають на його архітектурне рішення й параметри забудови в цілому.

Найбільшого поширення під час будівництва житлових, громадських і промислових будинків набув залізобетон, із якого виготовляються перекриття й покриття, стіни, елементи сходів, колони, балки й ригелі. Згідно з ДБН В.1.1-7-2002 нормативні значення меж вогнестійкості цих конструкцій можуть досягати 150 хв., а для несучих конструкцій висотних будинків — навіть 180 хв.

Виходячи з цього врахування підходів до забезпечення нормованих меж вогнестійкості конструкції та особливостей їх поведінки під високотемпературним (вогневим) впливом є досить актуальним.

Основним стандартом, який регламентує загальні підходи до визначення вогнестійкості будівельних конструкцій, є ДСТУ Б В.1.1-4-98* «Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість» (EN 1363-1:1999, NEQ).

На теперішній час в Україні введено низку стандартів, що регламентують методи випробувань на вогнестійкість окремих видів залізобетонних конструкцій.

Так, межа вогнестійкості залізобетонних балок визначається за ДСТУ Б В.1.1-13:2007 «Захист від пожежі. Балки. Метод випробу-

вання на вогнестійкість» (EN 1365-3:1999, NEQ), колон — за ДСТУ Б В.1.1-14:2007 «Захист від пожежі. Колони. Метод випробування на вогнестійкість» (EN 1365-4:1999, NEQ), не несучих стін (перегородок) — за ДСТУ Б В.1.1-15:2007 «Захист від пожежі. Перегородки. Метод випробування на вогнестійкість» (EN 1364-1:1999, NEQ), несучих стін — за ДСТУ Б В.1.1-19:2007 «Захист від пожежі. Несучі стіни. Метод випробування на вогнестійкість» (EN 1365-1:1999, MOD), покриттів і перекриттів — за ДСТУ Б В.1.1-20:2007 «За-

«значення меж вогнестійкості будівельних конструкцій, із яких складається будинок, істотно впливають на його архітектурне рішення й параметри забудови в цілому»

хист від пожежі. Перекриття та покриття. Метод випробування на вогнестійкість» (EN 1365-2:1999, NEQ), сходів — за ДСТУ Б В.1.1-23:2009 «Захист від пожежі. Сходи. Метод випробування на вогнестійкість».

Відповідно до ДБН В.1.1-7-2002 та ДСТУ Б В.1.1-4-98* розрізняють такі види граничних станів будівельних конструкцій із вогнестійкості:

- граничний стан за ознакою втрати несучої здатності (умовне літерне позначення *R*);
- граничний стан за ознакою втрати цілісності (*E*);
- граничний стан за ознакою втрати теплоізолявальної здатності (*I*).

Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвиликах) від початку вогневого

випробування за стандартним температурним режимом до настання одного із граничних станів конструкції.

Граничним станом *R* є обвалення зразка або виникнення в ньому граничних деформацій. Допускається здійснювати оцінку цього граничного стану за даними вимірювань температур прогріву несучої арматури й перерізу зразка.

Межу вогнестійкості залізобетонних стін, колон, балок і ригелів із несучою арматурою може бути визначено після досягнення температури цієї арматури, яка більш наближена до її поверхні, значень, наведених у п. 9.1.2 ДСТУ Б В.1.1-4-98* ($\nabla 500^{\circ}\text{C}$). Для несучих стін, виконаних із залізобетону з не несучим конструкційно-технологічним каркасом, межа вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності може бути прийнята рівною межі вогнестійкості конструкції за ознакою втрати теплоізолювальної здатності (температура всередині перерізу стіни менша за критичну температуру 500°C).

Граничним станом *E* є поява полум'я на необігрівній поверхні зразка конструкції, що випробовується протягом часу не менше ніж 10 с, або утворення в ньому наскрізних отворів певного розміру.

Граничним станом *I* є перевищення середньої температури на необігрівній поверхні зразка над початковою середньою температурою цієї поверхні на 140°C або перевищення температури в довільній точці необігрівної поверхні зразка над початковою температурою в цій точці на 180°C .

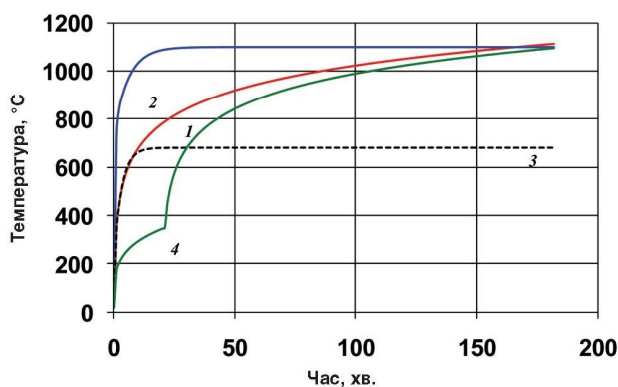
Для залізобетонних колон, балок, ригелів, сходових площадок і маршів межа вогнестійкості визначається по досягненні лише граничного стану за ознакою несучої здатності (*R*), для покриттів — несучої здатності й цілісності (*RE*), для зовнішніх не несучих стін — цілісності (*E*), для перегородок — цілісності й теплоізолювальної здатності (*EI*), для несучих стін, покриттів і покриттів, що експлуатуються, — несучої здатності, цілісності й теплоізолювальної здатності (*REI*).

Зразки для випробувань на вогнестійкість повинні мати розміри й конструктивне виконання, які відповідають проектним розмірам і рішенням. Якщо зразки проектних розмірів випробувати неможливо, допускається використання зразків-фрагментів конструкцій. Наприклад, згідно з ДСТУ Б.В.1.1-15:2007, ДСТУ Б.В.1.1-19:2007, ДСТУ Б.В.1.1-20:2007 випробуванням піддаються зразки несучих стін, перегородок, покриттів, покриттів у натуральну величину (проекту); якщо зразки таких розмірів випробувати неможливо, використовують зразки-фрагменти несучих стін і перегородок із мінімальними розмірами

частини зразка, яка піддається вогневому впливу в печі, не менше за 3000×3000 мм, зразки перекриттів і покриттів із мінімальними розмірами частини зразка, яка піддається вогневому впливу в печі, не менше за 4000 мм завдовжки і 3000 мм завширшки.

Випробування на вогнестійкість здійснюють на вогневих печах, які відповідають ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Температурний режим у печах забезпечується спалюванням рідкого пального.

Сутність роботи вогневих печей полягає в забезпеченні одностороннього чи багатостороннього теплового впливу на зразки конструкцій і виробів за стандартним або альтернативними (вуглеводнева пожежа, зовнішня пожежа, пожежа, що повільно розвивається) температурними режимами пожежі (див. графік).



Температурні режими пожежі:

- 1 — стандартна пожежа;
- 2 — вуглеводнева пожежа;
- 3 — зовнішня пожежа;
- 4 — пожежа, що повільно розвивається.

На теперішній час у випробувальному центрі ТОВ «ТЕСТ» (м. Бровари) проведено понад 300 комплексних випробувань на вогнестійкість залізобетонних конструкцій, результати яких вказують на значну кількість факторів, що впливають на межу їх вогнестійкості, нехтування котрими може призвести до руйнування будівельних конструкцій та які враховуються проектними організаціями під час проектування будівель і науковими організаціями при розробці нормативних документів.

Фактори, що впливають на вогнестійкість конструкцій будинків і споруд

На підставі досліджень, спостережень і результатів випробувань можна зробити такі висновки:

- збільшення товщини стіни з бетону, цегли та стінових блоків із ніздрюватого бетону веде до підвищення її вогнестійкості. Так, збільшення товщини стіни вдвічі зазвичай обумовлює підвищення її вогнестійкості більш ніж у два рази;
- вогнестійкість залізобетонних конструкцій залежить від теплопровідності, марки бетону, в'язучого матеріалу й наповнювачів. Так, конструкції з бетону В15, який менш теплопровідний, мають вищу вогнестійкість, ніж із бетону В30.



Випробування фрагмента залізобетонної несучої стіни



Випробування фрагмента залізобетонного монолітного перекриття



Фрагменти залізобетонної колони

- вогнестійкість бетонних і залізобетонних конструкцій істотно знижується, коли в бетон додають пластифікатори. Це спричинено тим, що під час прогріву бетону по товщині з нього інтенсивно видаляється природна й хімічно зв'язана волога, яка за рахунок наявності пластифікаторів не дроселюється крізь пори бетону та розриває його шари;
- стоншення захисного шару несучої арматури залізобетонних конструкцій помітно знижує їх вогнестійкість;
- змінення прямокутного перерізу колон на круглий значно підвищує їх вогнестійкість;

- підвищення вогнестійкості залізобетонних конструкцій можливе за рахунок або збільшення захисних шарів арматури, або застосування відповідних облицювань. Так, установлення на залізобетонних колонах облицювання з одного шару гіпсокартону завтовшки 12,5 мм зазвичай підвищує їх вогнестійкість на 30 хв. Застосування облицювання нижньої сторони багатопустотних плит перекриття з вогнезахисних штукатурок чи вогнестійкими листовими матеріалами певної товщини дає змогу збільшити їх межу вогнестійкості із 45 хв.

(*REI* 45) до 180 хв. (*REI* 180), і навіть, як показали випробування, до 300 хв. (*REI* 300);

- збільшення товщини захисного шару арматури більш ніж на 50 мм (для меж вогнестійкості колон понад 150 хв.) може не дати бажаної межі вогнестійкості, якщо не здійснити додаткового армування захисного шару сталевю сіткою з чарунками, не більшими 50х50 мм, що запобігатиме вибухоподібному руйнуванню бетону;

- вогнестійкість плит перекриття з попередньо напруженою арматурою менша за вогнестійкість аналогічних плит зі звичайною арматурою (AIII, A400C). Це пов'язано з тим, що попередньо напружена арматура втрачає 50 % своєї міцності за температури 200—300°C, а арматура типу AIII й A400C — за 500—600°C;

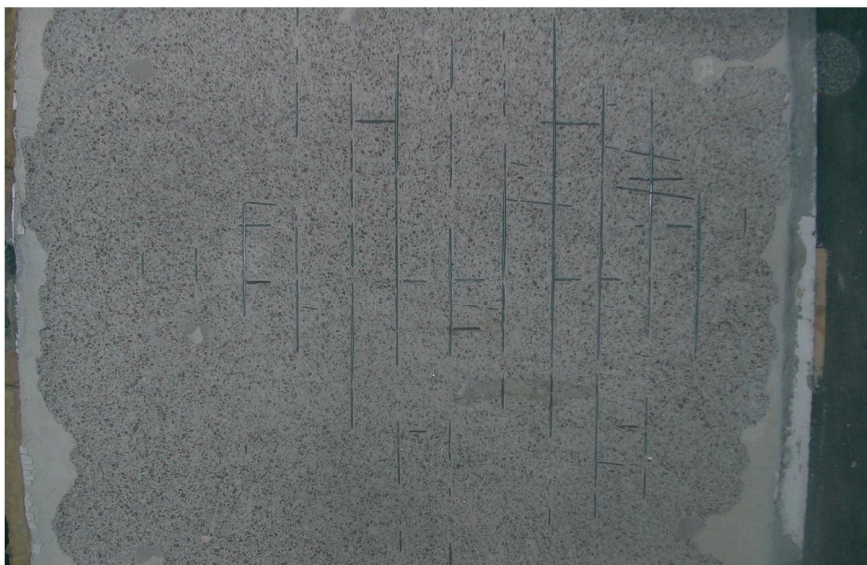
- межа вогнестійкості плит перекриття, що армовані гладкими канатами (багатопустотні плити безопалубного армування), нижча, ніж при застосуванні арматури періодичного профілю. Під час високотемпературного впливу канати переміщуються відносно шарів бетону (втягуються), що призводить до збільшення прогину плит і утворення тріщин у захисних шарах бетону. Підвищення вогнестійкості таких плит може бути досягнуто за рахунок розташування канатів на різних рівнях від поверхні, що обігрівається;

- для підвищення межі вогнестійкості блоків і ригелів, які армовані арматурою різного діаметра на різних рівнях по перерізу, арматуру більшого діаметра потрібно розташовувати далі від поверхні, що обігрівається в разі пожежі;

- межа вогнестійкості колон більшого поперечного перерізу з малим відсотком армування більша, ніж межа вогнестійкості колон з більшим відсотком армування. Для ко-



Фрагмент залізобетонного перекриття



Фрагмент залізобетонної стіни. Руйнування захисних шарів бетону до несучої арматури під впливом стандартного температурного режиму

лон із армуванням, яке забезпечує понад 40 % несучої спроможності, межа вогнестійкості може бути визначена за часом прогріву несучої арматури до критичної температури;

- колони із жорсткою арматурою, що розташована всередині перерізу, мають вищу межу вогнестійкості, ніж із армуванням



Руйнування (обрушення) залізобетонних плит перекриття з попередньо напруженою несучою арматурою під час випробувань

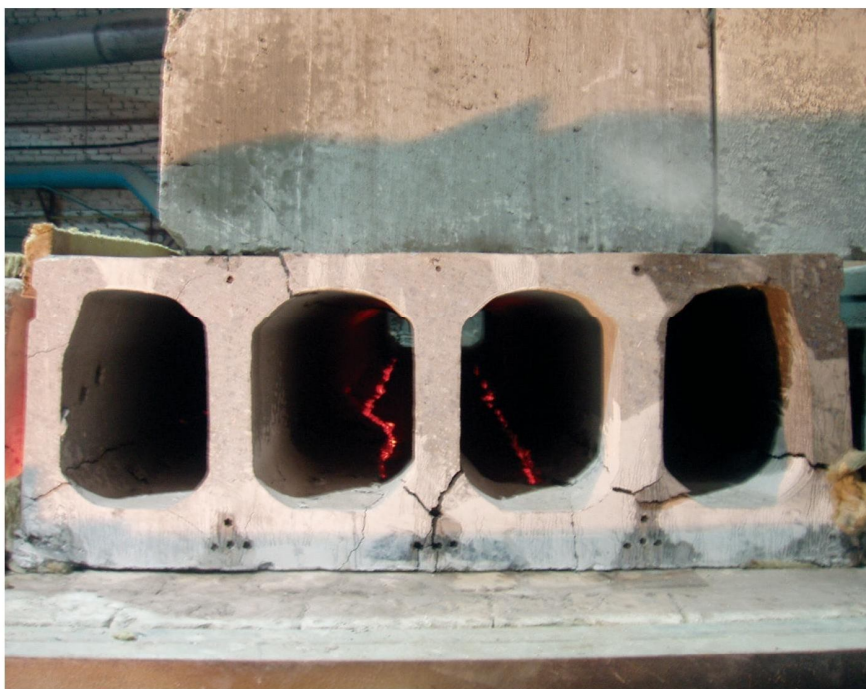


Вигляд пустотної плити перекриття з нанесеною вогнезахисною штукатуркою до й після випробування (180 хв.)



Вигляд залізобетонних колон, облицьованих гіпсокартоном, до й після випробувань





Утворення тріщин у захисних шарах бетону багатопустотних плит перекриття, армованих гладкими канатами

стрижневою арматурою, що розташована навколо поверхні, яка обігривається;

- для запобігання вигину повздожньої арматури колон (особливо арматури, що встановлюється по її кутах) та руйнування

захисних шарів бетону під час вогневого впливу, необхідно передбачати її поперечне армування з мінімальним кроком;

- колони з нез'ємною опалубкою зі сталевих труб без вогнезахисного облицюван-

ня, які заповнені бетоном без його додаткового армування, не можуть бути застосовані в будинках I—III, оскільки межа їх вогнестійкості не перевищує $R 45$;

- межа вогнестійкості статично невизначеної конструкції більша за межу статично визначеної конструкції;
- якщо вологість бетону вища від 3,5 %, то під час високотемпературного впливу можливе вибухоподібне руйнування захисних шарів бетону;
- на вогнестійкість залізобетонних конструкцій можуть істотно вплинути параметри наповнювача бетону. Бажано, щоб коефіцієнти температурного розширення наповнювача (граніт, вапняк тощо) й цементного каміння були наближені один до одного.

Враховуючи значну кількість факторів поведінки залізобетонних конструкцій в умовах вогневого впливу, застосування розрахункових методів для визначення їх вогнестійкості має суттєві обмеження. Так, згідно з ДБН В.1.1-7-2002 такі методи не можуть бути застосовані для оцінки межі вогнестійкості конструкцій, у яких одним із основних граничних станів є втрата цілісності. На сьогодні в Україні розрахункові методи застосовують для оптимізації конструктивних параметрів конструкцій, а також для інтерполяції й екстраполяції результатів випробувань конструкцій на вогнестійкість.