

## ІСТОРІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ПОВНОМАСШТАБНИХ НАТУРНИХ ВОГНЕВИХ ВИПРОБУВАНЬ

© Була С.С., Бойко Р.О., 2013

Проаналізовано існуючі натурні вогневі випробування як в Україні, так і за кордоном. Наведено тенденції розвитку цього методу випробувань.

**Ключові слова:** повномасштабні вогневі випробування, тенденції розвитку.

**The analysis of existing full-scale fire tests is made both in Ukraine and abroad in the article. Trends of this method of testing are showed here.**

**Key words:** full-scale fire tests, trends.

### Вступ

Сьогодні дослідженню методів визначення межі вогнестійкості приділяють все більшої уваги, як в межах України, так і за кордоном. Одним з основних напрямів цих досліджень є врахування сумісної роботи конструкцій будівлі, тобто дослідження не окремих конструкцій, а всієї конструктивної системи загалом. Важливим методом у цьому напрямі досліджень є повномасштабні натурні випробування будівель або їх фрагментів.

### Аналіз існуючого стану питання

Визначення вогнестійкості будівель та споруд за допомогою натурних вогневих експериментів є питанням досить складним і неоднозначним. Проте необхідність використання саме такого методу диктується складністю сучасних технічних рішень та конструктивних систем. У такому випадку використання результатів визначення вогнестійкості окремих конструкцій для оцінювання вогнестійкості споруди загалом є некоректним, а в окремих випадках зовсім неможливим. Аналіз пожеж останніх років (табл. 1) свідчить про серйозні наслідки пожеж сучасних багатоповерхових житлових, громадських та виробничих споруд.

Таблиця 1

**Пожежі багатоповерхових будівель [1, 2]**

Назва будівлі та її призначення, кількість поверхів	Місце знаходження будівлі та дата пожежі	Тип конструкцій, матеріали і пожежний захист будівлі	Руйнування
1	2	3	4
One New York Plaza, офіси, 50	Нью-Йорк, США 5 серпня 1970	Сталевий каркас з залізобетонним ядром	Відбувся зріз болтових з'єднань у місцях обпирання балок перекриття
Andraus Building, офіси, 31	Сан-Паулу, Бразилія 24 лютого 1972	Залізобетон	Відшарування захисного шару на зовнішніх стінах і колонах
Готель “Vendome”, житло, 5–6	Бостон, США 17 червня 1972	Кладка з чавуном	Усі поверхи частково зруйнувалися

1	2	3	4
Центр збереження персональних військових даних, офіси, 6	Оверленд, США 12 липня 1973	Залізобетон з спринклерними системами до другого поверху	Покрівля і підтримувальні колони частково зруйнувалися після 12 годин від початку пожежі
Joelma Building, офіси, 25	Сан-Паулу, Бразилія 1 лютого 1974	Залізобетон	Відшарування захисного шару на зовнішніх стінах
Готель "MGM Grand", житло, 26	Лас-Вегас, Невада, США 21 листопада 1980	Змішана конструктивна система	немає інформації
Katrantzos Sport Department Store, комерційне, 8	Афіни, Греція 19 грудня 1980	Залізобетон	Часткове руйнування 5–8 поверхів
Alexis Nihon Plaza, офіси, 15	Монреаль, Канада 26 жовтня 1986	Сталевий каркас з сталобетонними балками і плитами перекриття з протипожежним покриттям	Часткове руйнування 11 поверху
CESP, офіси, 21	Сан-Паулу, Бразилія 21 травня 1987	Залізобетонний каркас з ребристими плитами	Часткове руйнування внутрішнього ядра жорсткості
Перший міждержавний банк, офіси, 62	Лос-Анджелес, Каліфорнія, США 4 травня 1988	Сталевий каркас зі сталобетонними балками і плитами перекриття з протипожежним покриттям	Значні пошкодження 4 поверху
Broadgate Phase 8, офіси, 14	Лондон, Великобританія 1990	Сталевий каркас без протипожежним покриттям	немає інформації
Mercantile Credit Insurance Building, офіси, 12	Площа Черчіля, Бесінгстоук, Великобританія 1991	Сталевий каркас зі сталобетонними балками перекриття з протипожежним покриттям	немає інформації
One Meridian Plaza, офіси, 38	Філадельфія, США 23–24 лютого 1991	Сталевий каркас зі сталобетонними балками і плитами перекриття з протипожежним покриттям	Значні пошкодження 9 поверхів
Апартаменти на центральній площі, житло, 8	Кембридж, США 1 жовтня 1993	Цегляна споруда	Руйнування декількох перекриттів
Апартаменти, житло, 8	Бронкс, Нью-Йорк, США 5 квітня 1994	Цегляна споруда	Задня частина будівлі зруйнована
Soeur de Royale Condominium, житло, 4	Крив-Коуер, США 25 серпня 1994	Немає інформації	Часткове руйнування даху
Будинок пристарілих, житло	Портмаус, США 6 квітня 1998	Немає інформації	Місьцеве руйнування даху
Виробничий комплекс, промислове, 4	Ньютон, США 9 лютого 2000	Цегляна споруда	Руйнування почалося на верхньому поверсі і прогресувало
Житло в Вандергріфті, житло, 6	Пітсбург, США 7 травня 2000	Дерево	Руйнування задньої стіни запустило процес прогресуючого руйнування

1	2	3	4
Текстильна фабрика, промислове, 6	Александрія, Єгипет 21 липня 2000	Залізобетон	Повне
Faces Nightclub and Memories Lounge Bar, комерційно-житлове, 4	Мазервелл, Ланаркшир, Великобританія 27 лютого 2001	Немає інформації	Повне
Всесвітній торговий центр 7, офіси, 47	Нью-Йорк, США 11 листопада 2001	Сталевий жорсткий каркас з сталобетонними балками і плитами перекриття, спринклерні системи	Повне
Всесвітній торговий центр 2, офіси, 110	Нью-Йорк, США 11 листопада 2001	Сталевий каркас стоволової системи з сталобетонними плитами перекриття, спринклерні системи	Повне
Всесвітній торговий центр 1, офіси, 110	Нью-Йорк, США 11 листопада 2001	Сталевий каркас стоволової системи з сталобетонними плитами перекриття, спринклерні системи пожежогасіння	Повне
Всесвітній торговий центр 5, офіси, 9	Нью-Йорк, США 11 листопада 2001	Сталевий жорсткий каркас з сталобетонними балками і плитами перекриття, спринклерні системи пожежогасіння	Часткове руйнування 4 поверхів і 2 прольотів
Пентагон, офіси, 5	Вашингтон, США 11 листопада 2001	Залізобетон	Часткове руйнування перекриття
Апартаменти на вул. Джексона, житлове, 21	Гамільтон, Онтаріо, Канада 8 лютого 2002	Залізобетон	Часткове руйнування залізобетонного перекриття
Секція будівлі, житло, 19	Санкт-Петербург, Росія 3 червня 2002	Залізобетон	Повне
Santana Row, комерційно-житлове, 5	Сан-Хосе, Каліфорнія, США 19 серпня 2002	Дерев'яна каркасна будівля, на стадії зведення, протипожежний захист і спринклерні установки не були готові чи функціонували	Повне загальне руйнування
Parque Central, офіси, 50	Каракас, Венесуелла 18 жовтня 2004	Немає інформації	Вигоріло 20 верхніх поверхів будівлі
Національний банк, офіси, 45	Чикаго, США 7 грудня 2004	Немає інформації	Незначні пошкодження будівлі
Вінзор, офіси, 32	Мадрид, Іспанія лютий 2005	Залізобетонна будівля з ядром жорсткості	Частково зруйноване
Висотою 220 м	Мадрид, Іспанія 5 вересня 2006	Під час зведення виникла пожежа на 42-43 поверхах	Незначні пошкодження
Deutsche Bank, офіси, 40	США 19 серпня 2007	На стадії розбору будівлі	немає інформації
Житловий будинок, 34	Нью-Йорк, США 9 лютого 2008	Немає інформації	немає інформації
Будинок центрального телебачення Китаю, офіси, 54	Пекін, Китай 9 лютого 2009	Металевий каркас	Вигоріло 80 % будівлі
50 поверховий житловий будинок	Нанкін, Китай 19 квітня 2009	Немає інформації	Значні пошкодження цілої будівлі
52 поверховий хмарочос	Абу-Дабі, ОАЕ 19 жовтня 2009	Немає інформації	Незначні пошкодження

1	2	3	4
Готель “Україна”, житло	Москва, Росія 14 листопада 2010	Немає інформації	Пожежа в квартирі на 29 поверсі в камінній витяжці
Житло, 28	Цзинань, КНР 15 листопада 2010	Знаходився на ремонті	Значні пошкодження всього будинку
Готель “Dynasty Wanxin”, житлове	Шеньян, Китай 3 лютого 2011	Немає інформації	Пошкоджені фасади 2 веж готельного комплексу
Вежа “Восток”, комерційно-житлове, 93	Москва, Росія 2 квітня 2012	Монолітний залізобетонний каркас	Пожежа в процесі зведення будівлі на 66–67 поверхах
Tamweel Tower, житло, 40	Дубаї, ОАЕ 18 листопада 2012	Залізобетон	Значно пошкоджені 10 квартир і фасад будівлі
Тріумф Палас, житло, 50	Москва, Росія 25 січня 2013	Монолітний залізобетонний каркас	Немає інформації
Грозний-Сіті, житло, 42	Грозний, Росія 3 квітня 2013	Монолітний залізобетонний каркас	Повністю згоріли фасадні конструкції будівлі

Нині в Україні чинним нормативним документом, що регламентує проведення натурних вогневих експериментів будівель або їх фрагментів, є ДСТУ Б.В.1.1-18:2007 “Споруди та фрагменти будівель. Метод натурних вогневих випробовувань. Загальні вимоги.” [3]. Цей документ установлює загальні вимоги до методу натурних вогневих випробувань будівельних об’єктів або їх фрагментів за температурним режимом, наближеним до стандартного.

Відповідно до [3] можна виділити такі основні положення щодо проведення цих експериментів. Для випробувань використовують реальний будівельний об’єкт, який відповідає проектній документації на нього. У випадку, якщо реальний будівельний об’єкт випробувати неможливо через технічні або економічні причини, допускається використання фрагмента будівельного об’єкта, який має бути побудований з урахуванням вимог цього стандарту.

Для створення пожежного навантаження використовують модельне вогнище пожежі, спалювання якого забезпечує створення температурного режиму, наближеного до стандартного.

Конструкція фрагмента має задовольняти такі вимоги: для багатоповерхових будівельних об’єктів мати не менше трьох поверхів; об’ємно-планувальне рішення має бути розроблено на підставі проектної документації на будівельний об’єкт; несучі та огорожувальні конструкції повинні мати найменшу межу вогнестійкості серед однойменних конструкцій за проектною документацією; статичні навантаження на несучі конструкції фрагмента мають бути еквівалентними статичним навантаженням на об’єкт; конструктивні рішення вузлів з’єднання мають відповідати прийнятим у проектній документації на будівельний об’єкт; приміщення, в якому розташовують модельне вогнище пожежі, має бути відокремлено від навколишнього середовища відповідно до проектних рішень будівельного об’єкта.

Подібні нормативні документи існують у інших країнах: НПБ 233-96 “Здания и фрагменты зданий. Метод натурных огневых испытаний. Общие требования.” [4] (Росія), BS 476-32:1989 “Fire tests on building materials and structures. Guide to full scale fire tests within buildings” [5] (Великобританія), ASTM E119-“Standard Test Methods for Fire Tests of Buildings Constructions and Materials” [6], UL 263-“ Fire Test of Building Construction and Materials” [7] (США), AS-1530 “Methods for fire tests on building materials, components and structures” [8] (Австралія), EN 1363-1:2012 “Fire resistance tests. General requirements” [9] (країни Євросоюзу) і т.д.

### Постановка проблеми

Для успішного проведення повномасштабного вогневого експерименту важливим є опрацювання досвіду вже існуючих проведених досліджень і розуміння напрямів розвитку даних досліджень.

### Висвітлення основних положень

Основні положення щодо методології вогневих випробувань почали розробляти в кінці XIX ст. Перший метод вогневих випробувань прийнято в 1903 р. на конференції Міжнародної організації з протипожежного захисту. У СРСР вогневі випробування будівельних конструкцій проводилися з 1936 р. на базі методик, розроблених ВНИИПО МВД та інших організацій. Основні з цих випробувань наведено у табл. 2.

Таблиця 2

**Повномасштабні натурні вогневі випробування в СРСР [10, 11]**

Місце і рік проведення випробувань	Тип будівлі	Конструктивна схема будівлі	Характер руйнування
Москва, 1959	Серія П-32 з вібропрокатних панелей, 5 поверхів	3 поперечними несучими стінами	Місцеві
Москва, 1960	Серія К-7-2-4 з касетних панелей, 5 поверхів	3 балками-стінками	Місцеві, загальні
Ленінград, 1962	Серія Э-1-58 (Э-32-60) з касетних і ребристих панелей, 5 поверхів	3 поздовжніми несучими стінами	Місцеві
Краснодар, 1962	3 монолітних керамзитобетонних об'ємних елементів, 5 поверхів	3 поперечними несучими стінами	Немає
Мінськ, 1963	Серія 1-ОПБ-5-60 з монолітних бетонних блок-коробок, 5 поверхів	3 монолітних об'ємних блоків	Місцеві
Київ, 1965	3 монолітних керамзитобетонних блок-кімнат, 5 поверхів	3 монолітних об'ємних блоків типу ковпак	Місцеві, загальні
Київ, 1967	Серія БК-3 з монолітних залізобетонних блоків-кімнат, 5 поверхів	3 монолітних об'ємних блоків типу ковпак	Місцеві
Мінськ, 1970	Серія 30ПБ-108 з монолітних аглопоритобетонних блоків, 9 поверхів	3 монолітних об'ємних блоків типу ковпак	Місцеві
Закавказзя, 1988	Двоповерховий фрагмент 5-поверхового житлового будинку з об'ємних блоків полігонного виготовлення з важкого бетону	3 монолітних об'ємних блоків полігонного виготовлення	Місцеві

З табл. 1 видно, що вогневі натурні експерименти в СРСР були здебільшого присвячені дослідженню поведінки будівель з об'ємних блоків, що пов'язане з тенденціями розвитку будівельної галузі в той час.

Першими були проведені вогневі випробування, що пов'язані зі системою перекриття будівлі та її поведінкою під час пожежі [12]. Ці тести відбулися в Денвері в 1890 році. У 1894 р. в США були вперше створені станції для проведення вогневих випробувань будівельних конструкцій та матеріалів.

У практиці вогневих випробувань розрізняють дрібномасштабні та повномасштабні методи.

Тогочасний розвиток конструктивних рішень дав змогу застосовувати методи випробувань невеликих зразків або елементів конструкцій невеликого розміру. Подальші вогневі випробування базувалися на випробуваннях у спеціальних печах за режимом стандартної пожежі.

У 1980-х роках відбувається критика вогневих експериментів у печах з використанням стандартного вогневого режиму. Основними аргументами проти вогневих тестів у печі було таке:

- стандартна пожежна крива не відображає реальної пожежі в реальній будівлі, навпаки вона фізично нереальна і суперечить законам пожежної динаміки;
- навантаження і закріплення конструкцій при випробуваннях у печах не відображають реальних умов роботи конструкції в будівлі;
- вогневі тести виконуються для окремих конструкцій зменшеного розміру (масштабний фактор);

- вогнева експозиція, як правило, відбувається лише з одного боку (окрім колон та балок);
- випробування закінчується до руйнування конструкції (як правило, до досягнення нормованої межі вогнестійкості або втрати ізолювальної здатності чи жорсткості конструкції);
- невелика кількість даних та вимірювань, що дають розуміння роботи конструктивної системи.

Тому з того часу в Європі і США відбувається розвиток повномасштабних вогневих випробувань з імітацією реальних пожеж. Основні з них зведені у табл. 3.

У розвитку вогневих повномасштабних випробувань спостерігається декілька напрямів:

- покращення систем вогневого захисту в будівлях;
- проведення вогневих випробувань на будівлях з проектним навантаженням;
- зменшення розмірів масштабів дослідних зразків, що дають достовірні результати для повномасштабних будівель;
- дослідження динаміки розвитку реальних пожеж у реальних будівлях.

Таблиця 3

**Повномасштабні натурні вогневі випробування у світі [13–15]**

Місце і рік проведення випробувань (організація)	Тип будівлі	Результати випробувань
1	2	3
1976 (Петтерссон)	Немає інформації	Залежності час-температура газу в різних пожежних відсіках
1977 (Вітвін)	Жорсткі та нежорсткі металеві рами	Стійкість жорстких та нежорстких рам у разі підвищених температур
США, 1980	Ангар для великих літаків типу Боїнг 707	Дослідження розвитку пожежі в разі загоряння літака
США, 1982 (AISI/NBS)	Двоповерховий, чотирипролітний сталевий каркас з залізобетонним перекриттям розміром 9,75×12,2 м	Перевірка програми комп'ютерного моделювання FASBUS
Німеччина, 1985 (Університет Штутгарту)	Сталобетонна будівля з пожежним навантаженням за допомогою дров	Дослідження відновлення будівель після пожежі
1985 (Лесем)	Немає інформації	Криві температура-час для незахищених сталевих конструкцій
1986 (Енон)	Немає інформації	Поведінка сталевих та композитних конструкцій в умовах пожежі
1987 (Кук і Лесем)	Сталевий каркас повністю завантажений з пожежним навантаженням за допомогою дров	Досліджувалася загальна поведінка будівлі
Австралія, 1992 (ВНР)	Сталобетонний каркас з кроком колон 4×4 м, з пожежним навантаженням за допомогою офісної фурнітури	Демонстрація використання спринклерних систем для запобігання руйнування будівлі
Австралія, 1994 (ВНР)	Сталобетонний каркас з кроком колон 8,4×3,6 м з пожежним навантаженням за допомогою офісної фурнітури	Тест доводив, що непотрібно вогнестійкого захисту для балок і зовнішніх колон будівлі
Кардінгтон, Великобританія, 1996 (BRE)	Сталобетонна каркасна будівля з пожежним навантаженням за допомогою дров з пожежею розміром від 9×6 м до 21×18 м	Досліджувалася сумісна робота елементів каркасу будівлі
Японія, 1996 (Дослідний інститут будівництва Японії)	Повномасштабний експеримент триповерхової дерев'яної каркасної будівлі висотою 12,7 м	Дослідження розвитку пожежі в будівлі і її вплив на сусідні будівлі
Франція, 1998 (СТІСМ)	Паркінг виконаний у вигляді незахищеного сталобетонного каркасу розміром 16×32 м з пожежним навантаженням з 3 машин	Доведено позитивний вплив діафрагм жорсткості на загальну поведінку будівлі в разі пожежі

1	2	3
Кардінгтон, Великобританія, 1999, (BRE)	Каркасна будівля з дерева розміром 24,1×12,4 м з пожежним навантаженням у вигляді дров	Досліджувалася загальна поведінка будівлі і поширення пожежі
Кардінгтон, Великобританія, 2001 (BRE)	Залізобетонна каркасна будівля з пожежним навантаженням у вигляді дров з пожежею площею 225 м <sup>2</sup>	Доведено позитивний вплив діафрагм жорсткості на загальну поведінку будівлі в разі пожежі
Кардінгтон, Великобританія, 2003 (BRE)	Каркасна залізобетонна будівля розміром 12×12 м з пожежним навантаженням у вигляді дров і пластмаси	Дослідження динаміки розвитку пожежі
Кардінгтон, Великобританія, 2003 (STU)	Сталобетонна будівля з розміром комірки 11×7 м з пожежним навантаженням за допомогою дров	Досліджувалася загальна поведінка будівлі
Острава, Чехія, 2006 (STU)	Сталобетонна будівля розміром 3,8×6 м з пожежним навантаженням за допомогою дров	Досліджувалася динаміка розвитку пожежі і теплофізичні процеси в конструкціях
Тцукуба, Японія, 2006 (Інститут будівельної інженерії Цюриха)	Трьох поверхова дерев'яна будівля розміром 6,935×6,935 м з пожежним навантаженням у вигляді житлової фурнітури і дров	Дослідження розвитку пожежі в будівлі і завданих пошкоджень
Харбін, Китай, 2007 (Інститут технологій Харбіна)	Сталобетонна будівля з двох прольотів розміром 3,6×3,6 м з пожежним навантаженням за допомогою 4 дизельних пальників	Дослідження вузлів з'єднання балки з колоною
Великобританія, 2007 (BRE)	Будівля з попередньо напруженими пустотними плитами розміром 18×7 м з пожежним навантаженням в вигляді дров	Дослідження загальної поведінки конструкції
Мокрско, Чехія, 2008 (STU)	Сталобетонна будівля розміром 12×18 м з поєднанням різних конструктивних систем з пожежним навантаженням за допомогою дров	Досліджувалися місцеві характери руйнування
Метц, Франція, 2008 (FRACOF)	Фрагмент каркасної сталобетонної будівлі розміром 8,8×6,7 м з пожежею в кутовому відсіку з пожежним навантаженням за допомогою газового пальника	Дослідження загальної поведінки конструкції
Метц, Франція, 2008 (CROSSFIRE)	Фрагмент каркасної сталобетонної будівлі розміром 6,7×9 м з пожежею в кутовому відсіку з пожежним навантаженням за допомогою газового пальника	Дослідження загальної поведінки конструкції
Гонконг, Китай, 2010 (Гонконгський політехнічний університет)	Залізобетонна будівля розміром 7,8×4,8 м з пожежним навантаженням за допомогою етанолу	Дослідження відшаровування і пожежного захисту колон
Австралія, 2010 (CCAA-CESARE)	Попередньо напружені плити перекриття на колонах з високоміцного бетону розміром 6×5 м з пожежним навантаженням за допомогою дров	Розроблено рекомендації щодо застосування поліпропіленової фібри
Великобританія, 2010 (Університет Алстера)	Сталобетонна будівля розміром 15×9 м з пожежним навантаженням за допомогою дров	Дослідження загальної поведінки конструкції

1	2	3
Росія, 2011 (ЦНИСК)	Фрагмент фасаду будівлі на два поверхи	Дослідження поширення пожежі по фасаду будівлі
Мюнхен, Німеччина, 2011 (TU)	Сталобетонна будівля розміром 5×12,5 м з пожежним навантаженням за допомогою дров	Немає інформації
Відень, Австрія, 2011 (TU)	Залізобетонна каркасна будівля з пожежним навантаженням за допомогою газових пальників	Розроблено рекомендації щодо застосування поліпропіленової фібри
Руркі, Індія, 2011 (Університет Едінбургу/Інститут технологій Індії)	Залізобетонна каркасна будівля розміром 9×12 м з попереднім пошкодженнями для імітації дії землетрусу	Дослідження загальної поведінки конструкції
Оттава, Канада, 2011 (NRC)	Залізобетонна колона з пожежним навантаженням за допомогою газового пальника	Дослідження нового виду імітації закріплення конструкції
Веселі, Чехія, 2011 (STU)	Сталобетонна будівля розміром 10,4×13,4 м з пожежним навантаженням за допомогою дров	Немає інформації

Натурні вогневі випробування передбачають наявність потужних випробувальних центрів, що зможуть забезпечити необхідний рівень проведення досліджень. Матеріально-технічна база випробувальних центрів повинна забезпечувати: спеціальну вимірювальну апаратуру, відповідні способи прикладання та контролю силових та температурних навантажень, стенди для виконання повномасштабних фрагментів будівель із моделюванням стиків, способів закріплень тощо. Наявність таких центрів сприяє розвитку методів повномасштабних вогневих випробувань. У табл. 4 наведено перелік основних із світових центрів дослідження вогневих впливів.

Таблиця 4

#### Перелік основних випробувальних центрів у світі [1]

Лабораторії	Країна
1	2
Underwriters Laboratories Inc, Armstrong World Industries, Southwest Research Institute, Factory Mutual Research Corporation, SGS/US Testing Laboratory – LA, Omega Point Laboratories, 3M Company, Carboline, US Forest Product Laboratory, Western Fire Center, US Gypsum – Research Facility, Guardian, NGL Testing Services, VTEC Labs, Commercial Testing, UC Berkley, Intertek – WI	США
Underwriters Laboratories of Canada, National Research Council	Канада
DITUC, IDIEM	Чилі
Intertek Testing – US & Canada	США/Канада
INTI	Аргентина
IPT	Бразилія
REDCO, Univ. of Ghent	Бельгія
SP	Швеція
Danish Institute of Fire Technology	Данія
VTT	Фінляндія
SINTEF	Норвегія
Institute for QC of Bldg	Угорщина
Lorient, BRE, Warrington	Великобританія
Warrington, Lorient, CSIRO	Австралія
Tianjin Fire Research Institute, China Nat. Center for QC & Testing of Bldg, Sichuan Fire Research Institute	Китай
Architecture & Building Research Institute	Тайвань



1	2
PSB/SISIR	Сингапур
SIRIM	Малазія
CTICM, CSTB	Франція
Building Res. Institute, Res. Institute of Marine Engineering, Gen Building Res. Corp, Japan Testing Center for Building Const.	Японія
Fire Research Institute	Чехія
Univ. of Canterbury, BRANZ	Нова Зеландія
BAM, MPA – Materialprüfungsamt	Німеччина
TNO	Голландія
Institute of Building Technology	Польща
ДОНСТРОЙТЕСТ, Лаборатория противопожарных исследований, сертификационных испытаний и экспертизы в строительстве, МГСУ, ПожСтандарт, НИЦ “Строительство”, ЦНИСК	Росія

Розвиток повномасштабних вогневих випробувань, на жаль, стримується складною економічною ситуацією, недосконалою нормативною базою та необхідністю значних капіталовкладень у функціонування випробувальних центрів. Зокрема, в Україні основними такими центрами є випробувальний центр «ТЕСТ» (м. Бровари Київської обл.) та НВЦ «Євростандарт» (сmt. Черляни Київської обл.), ТОВ «ПОЖТЕСТ» (м. Київ). Проте інформації про проведення ними саме великомасштабних вогневих випробувань немає.

В Україні проведення декількох натурних вогневих випробувань відбулося саме в контексті розвитку наукових досліджень Національного університету «Львівська політехніка» (табл. 5)

Таблиця 5

#### Натурні вогневі випробування в Україні [11, 16]

Місце і рік проведення випробувань (організація)	Тип будівлі	Результати випробувань
1	2	3
Вінниця, 1996 Б.Г. Демчина	П'ятиповерховий житловий будинок системи ГОЛЬДПЛАН розмірами 24,25×21×17,1 м з пожежним навантаженням у вигляді дров	Дослідження роботи замкнених об'ємних блоків під час пожежі
Львів, 2008 Т.М. Шналь	Фрагмент панельного будинку розміром 7,3×7,5×7,5 м з пожежним навантаженням у вигляді дров	Дослідження загальної поведінки будівлі під час пожежі

Частковим вирішенням непростої ситуації, яка склалася, є проведення натурних випробувань *моделей конструктивних систем*, що є певним компромісом між дрібномасштабними випробуваннями окремих конструкцій та повномасштабними випробуваннями фрагментів будівель.

Такі випробування не вирішують ситуацію комплексно, але є основою для апробації численних методів та визначення їх адекватності до реальної роботи конструктивної схеми. На цей момент ці експерименти є здебільшого науковими [17–19], але попри певні невизначеності у зв'язку із масштабним фактором дають позитивні результати.

#### Висновки

Дрібномасштабні вогневі випробування на вогнестійкість окремих конструкцій використовувалися багато років і, на перший погляд, вони забезпечують певну міру безпеки, оскільки здебільшого виникнення пожежі не приводить до руйнування будівлі. Цього не відбувається завдяки багатьом факторам: обмежена площа поширення полум'я, перерозподіл зусиль на елементи, що не зазнають вогневого впливу, збільшений запас міцності конструктивних елементів,

спрацювання протипожежних заходів тощо. Але, незважаючи на певний успіх у цьому напрямі, руйнування внаслідок пожеж все ж трапляються і, враховуючи динаміку виникнення таких пожеж (табл. 1), траплятимуться і надалі.

Випадки руйнування будівель під час пожежі свідчать про те, що методи визначення вогнестійкості конструктивних систем повинні базуватися на реальній їх роботі. І у цьому випадку напрацьована експериментальна база дрібномасштабних випробувань буде базою для подальших досліджень реальних великомасштабних конструкцій. У результаті ці дослідження стануть основою для розвитку та вдосконалення численних методів розрахунку конструктивних систем.

Прийняття нормативної бази, гармонізованої з Єврокодами, покращення економічної ситуації з часом, безсумнівно, відновлять проведення повномасштабних вогневих випробувань, проте у теперішній ситуації треба більшу увагу звернути на розвиток та удосконалення численних методів на основі експериментів з моделями конструктивних систем та будівель.

1. J. Beitel *Analysis of needs and existing capabilities for full-scale fire resistance testing* / Jesse Beitel, Nestor Iwankiw. – Baltimore, USA: Hughes Associates, Inc., 2002. – 86 p. 2. *Руановости [Електронний ресурс]: Крупные пожары в небоскребах в мире в 2004—2013 годах – Режим доступа: <http://ria.ru/spravka/20130125/919826478.html>*. 3. *Споруди та фрагменти будівель. Метод натурних вогневих випробувань. Загальні вимоги.*: ДСТУ Б В.1.1-18:2007 – [Чинний від 01.04.2008]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – 13 с. – (Національний стандарт України). 4. *Здания и фрагменты зданий. Метод натурных огневых испытаний. Общие требования.* : НПБ 233-96 – [Чинний від 01.01.1997]. – М.: ВНИИПО, 1997. – 7 с. – (Національний стандарт Росії). 5. *Fire tests on building materials and structures. Guide to full scale fire tests within buildings.* : BS 476-32:1989 – [Чинний від 29.05.1989]. – : Fire Standards Committee, 1989. – 42 p. – (Національний стандарт Великобританії). 6. *Standard Test Methods for Fire Tests of Buildings Constructions and Materials* : ASTM E119 – [Чинний від 15.01.07]. – : ASTM International, 2007. – 34 p. – (Національний стандарт США). 7. *Fire Test of Building Construction and Materials* : UL 263 – [Чинний від 04.04.03]. – : Underwriters Laboratories Inc., 2003. – 29 p. – (Стандарт вогневої лабораторії США). 8. *Methods for fire tests on building materials, components and structures* : AS-1530.8.1 – [Чинний від 31.08.07]. – : Standard Australia, 2007. – 41 p. – (Національний стандарт Австралії). 9. *Fire resistance tests. General requirements* : EN 1363-1:2012 – [Чинний від 31.08.12]. – : BSI, 2012. – 56 p. – (Стандарт країн Євросоюзу). 10. Мосалков И. Л. *Огнестойкость строительных конструкций* / Мосалков И. Л., Плюсина Г. Ф., Фролов А. Ю. – М.: Спецтехника, 2001. – 496 с. 11. Демчина Б. Г. *Вогнестійкість одно- і багатопарових просторових конструкцій житлових та громадських будівель*: дис. доктора техн. наук: 05.23.01 / Демчина Богдан Григорович – К., 2002. – 367 с. 12. J. R. Lawson *A History of Fire Testing* / J. Randall Lawson. – Gaithersburg : U.S. Department of Commerce, 2009. – 41 p. 13. Gales, J. *Large-scale structural fire testing – how did we get here, where are we, and where are we going?* / John Gales, Cristián Maluk, and Luke Bisby // *15th International conference on experimental mechanics: Fire symposium.* – 2012. – 22 p. 14. Шналь Т. М. *Вогнестійкість та вогнезахист металевих конструкцій* / Шналь Тарас Миколайович. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 176 с. 15. *A Frangi Natural Full-Scale Fire Test on a 3 Storey XLam Timber Building* / Andrea Frangi, Giovanna Bochicchio, Ario Ceccotti, Marco Pio Lauriola – 2006. – 8 p. 16. Шналь Т. М. *Повномасштабні пожежні випробування фрагмента великопанельної будівлі* / Т. М. Шналь, М. С. Коваль, Б. Г. Демчина, П. М. Коваль, І. І. Кархут // *Вісн. Нац. ун-ту “Львів. політехніка”.* *Теорія і практика буд-ва.* – 2008. – № 627. – С. 208–212. 17. Ларбі Е. М. *Вогнестійкість монолітних залізобетонних конструкцій будівель*: дис. Кандидата техн. наук: 05.23.01 / Ель Мутассім Ларбі – Харків, 2001. – 209 с. 18. Фомин С.Л. *Экспериментальное исследование фрагмента каркасного здания при высокой температуре* / Фомин С.Л., Наджафи Рухоллах // *Научный вестник строительного.* – 2010 p. – 7 с. 19. *Ring Large-scale fire tests on concrete – design and results* / Thomas Ring, Matthias Zeiml, Roman Lackner – Budapest. – 2011. – 25 p.