УДК 624.131.64

І.П. Данкевич, Т.М. Шналь, Б.Г. Демчина
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельних конструкцій та мостів

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ У МОДЕЛЬНОМУ ПРИМІЩЕННІ

© Данкевич І.П., Шналь Т.М., Демчина Б.Г., 2013

Описано експеримент пожежі у модельному приміщенні. Проведено аналіз дослідних даних та здійснено порівняння з останніми подібними дослідженнями. Результати дослідження вказують на необхідність вдосконалення методик розрахунку пожеж за кривими, які якнайточніше відображають розвиток пожеж у приміщеннях.

Ключові слова: пожежа, крива температура-час, температура, експеримент.

The paper describesan experimentin modelfireroom.The analysis of experimental data is conducted and comparing is carried out to the last similar researches.The resultsindicate the needforcalculatingfirecurvethat best representsexperimentaldata.Forexample isthe use ofcurveBFD.

Key words: fire, time-temperature curve, temperature, furnace, experiment.

Постановка проблеми. Пожежна безпека будівель і споруд залежить від адекватної оцінки вогнестійкості конструкцій. Належна оцінка вогнестійкості конструкцій можлива лише під час використання для розрахунків таких температурних моделей пожеж, які якнайточніше відповідають реальним пожежам. Математичний опис пожежі у приміщенні передбачає наявність даних про розміри приміщення, його отворів, щільність пожежного навантаження, значення максимальної температури пожежі та час її настання тощо. Деякі дослідні дані є певною мірою суперечливими, що зумовлено відмінностями у завданнях конкретного дослідження. Необхідно якомога глибше і детальніше вивчити закономірності виникнення та розвитку пожеж у приміщенні.

Аналіз останніх досліджень. Динаміку пожежі описують переважно температурно-часовими кривими, серед яких: стандартні криві температура-час ISO-834, параметричні криві, крива BFD тощо [3, 5−8]. Методика проведення експерименту та визначення необхідних параметрів описані в [1, 2]. У [3] показано криву BFD, основні формули, рисунки з порівняннями експериментальних кривих та розрахункових.

Експериментальні дослідження. Пожежні випробування у модельному приміщенні здійснили для дослідження температурних режимів розвитку пожежі у приміщенні.

Експеримент був проведений в лабораторному корпусі №10а кафедри будівельних конструкцій та мостів на універсальній дослідній печі [9]. Температура повітря в лабораторії становила 16 ºС, вологість повітря − 44 %, атмосферний тиск – 764 мм рт. ст.

Нижній рівень печі був закладений чотирма рядами цегли та гіпсокартонним листом для отримання висоти до стелі печі 0.8 м. Пожежне навантаження у вигляді вільхових брусків розмірами 0.45х0.45х0.25 м було рівномірно розподілене по підлозі печі площею 1 м^2. Щільність пожежного навантаження становила 12 кг/м^2, враховуючи висоту модельного приміщення, це навантаження є еквівалентне до навантаження близько 50 кг/м^2. Фасад печі закрили за допомогою стінки з вогнестійкого гіпсокартону (рис. 1). У фасадній стінці були виконані отвори: умовне вікно розмірами 0.25х0.22 м та двері – розмірами 0.45х0.22 м (коефіцієнт отворів дорівнює 0.02 м$^{0.5}$).

Виміри температур проводили за допомогою восьми хромель-алюмелевих термопар та восьмиканального регулятора-вимірювача типу РТ-01-02. Термопари були розміщені у двох вертикальних площинах (рис. 2).

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

а *б*

Рис. 1. Вигляд дослідної печі: а – розташування пожежного навантаження; б – гіпсокартонна стінка з модельними отворами

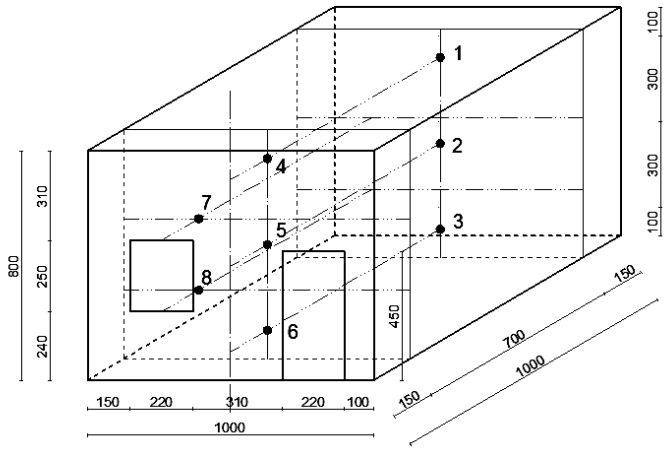

Рис. 2. Схема розміщення термопар в об'ємі модельного приміщення: 1–8 – термопари

Займання пожежного навантаження здійснили за допомогою рідини для запалювання вугілля, суміші дизпалива з бензином (0.5 л) та запаленого сірника. На рис. 3 показано фотографії, що ілюструють динаміку пожежі.

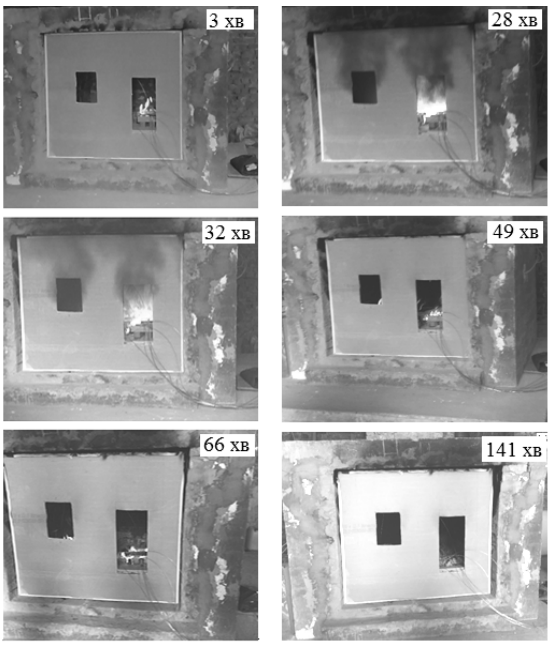

Рис. 3. Розвиток пожежі у модельному приміщенні під час пожежі

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

У табл. 1 наведено покази термопар Т1-Т8 впродовж пожежі у модельному приміщенні.

Таблиця 1

Температури в об'ємі модельного приміщення під час пожежі

№	Час, хв	Т1,°С	Т2,°С	Т3,°С	Т4,°С	Т5,°С	Т6,°С	Т7,°С	Т8,°С
1	0	16	16	16	16	16	16	16	16
2	5	18	18	17	16	16	16	16	16
3	10	62	53	30	61	52	21	28	57
4	15	371	322	297	396	320	408	279	344
5	**19**	**652**	**733**	**811**	**424**	**398**	**437**	**353**	**402**
6	20	468	473	498	342	328	448	290	331
7	25	576	609	660	411	386	427	334	386
8	30	534	482	542	400	381	401	335	380
9	35	568	511	519	455	434	497	383	429
10	40	478	443	463	441	458	462	432	421
11	45	472	457	471	466	455	465	399	409
12	50	450	448	444	476	454	469	427	459
13	55	427	396	400	429	421	441	405	424
14	60	378	359	333	373	370	362	344	376
15	65	321	327	277	320	315	263	277	311
16	70	286	286	264	280	278	236	246	270
17	75	258	260	246	258	254	213	227	239
18	80	233	228	241	235	221	194	202	211
19	85	216	210	197	218	206	174	185	204
20	90	202	195	179	205	189	160	174	188
21	95	191	183	165	194	179	149	158	186
22	100	181	170	154	183	166	132	143	176
23	105	171	159	143	174	152	126	130	169
24	110	162	148	131	164	141	111	119	157

Зафіксовані експериментальні температури порівняли з температурами стандартного режиму, розрахунковими даними параметричної кривої та кривої BFD (табл. 2). За даними експерименту максимальна температура 811 °С зафіксована на 19-й хв випробування. Для розрахункових даних параметричної кривої та кривої BFD максимальна температура настає на 20 хв, що зумовлено принятим часом t_{lim} = 20 хв (середній розвиток пожежі), і становить 478 та 916 °С відповідно.

Таблиця 2

Порівняння експериментальних температур з температурами стандартного режиму, параметричної кривої та кривої BFD

№	Час, хв.	Температура, ° С			
		експеримент (максимальні температури)	стандартний режим	параметрична крива	крива BFD
1	0	16	20	20	16
2	5	18	576	184	457
3	10	62	678	309	769
4	15	784	739	405	889
5	19	811	774	465	915
6	30	614	842	458	863
7	45	483	902	430	721
8	60	340	945	402	591
9	90	198	1006	345	405
10	120	135	1049	289	290

На рис. 4 зображено графік максимальних температур. Із графіка зрозуміло, що від початку пожежі відбувався швидкий підйом температури. Далі відбувалося зниження температури, спочатку нерівномірне, з кількома підвищеннями температур, потім можна спостерігати майже плавний спад температури.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

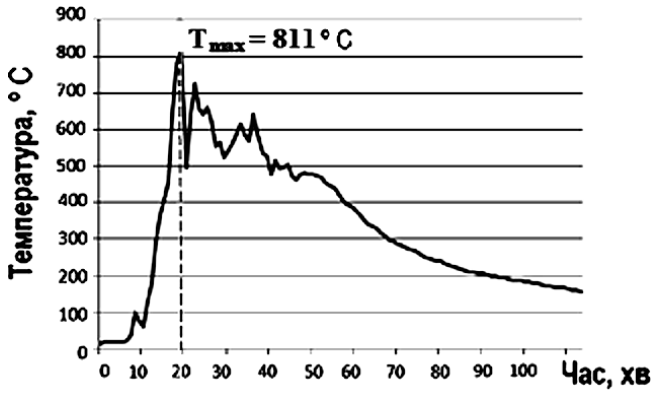

Рис. 4. Графік залежностей максимальних експериментальних температур від часу

Оскільки термопари знаходилися на двох вертикальних площинах, можемо оцінити розподіл температур по цих площинах та по кожній термопарі зокрема. На рис. 5 показано графіки залежностей температура-час.

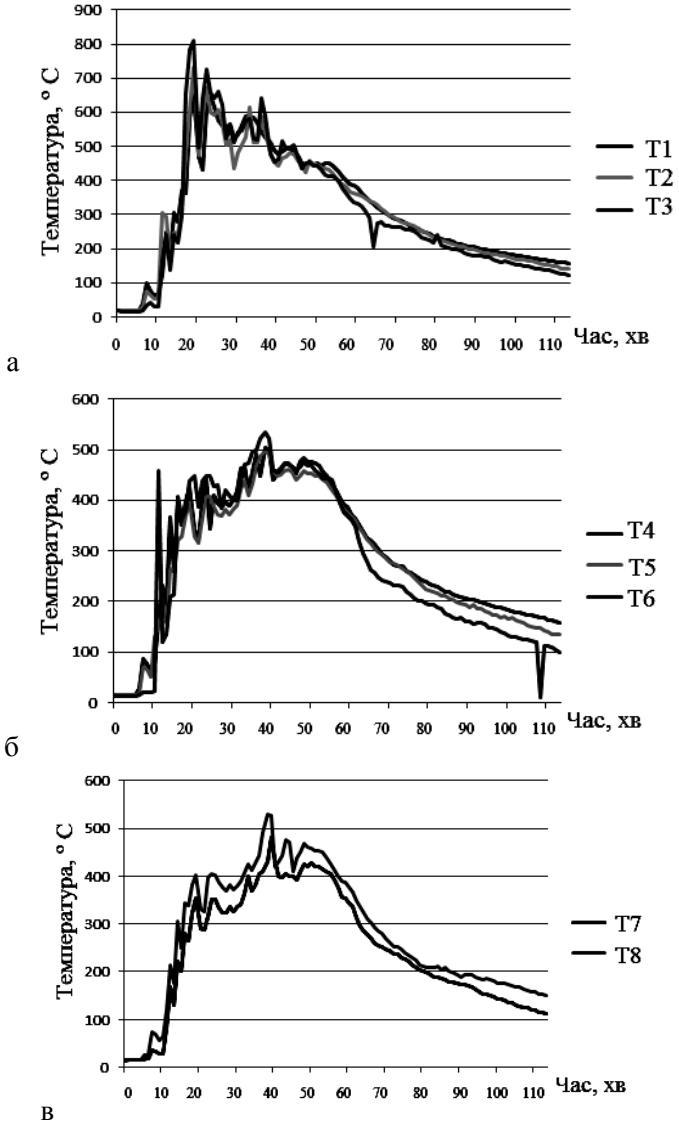

Рис. 5. Графіки температура-час: а – графіки температура-час для термопар Т1, Т2, Т3, які розташовані на одній вертикальній площині на відстані 0.15 м від задньої стінки печі; б – графіки температура-час для термопар Т4, Т5, Т6, які розташовані на одній вертикальній площині на відстані 0.15 м від фасадної стінки печі; в – графіки температура-час для термопар Т7, Т8, які розташовані на одній вертикальній площині з Т4, Т5, Т6 і поблизу отворів (вікна)

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Як бачимо з рис. 5, температури поблизу задньої стінки печі були на 130–150 ºС вищими, ніж біля фасадної, яка мала отвори. Також спостерігається певна подібність форми кривих температура-час Т1, Т2, Т3 та Т4, Т5, Т6, Т7, Т8, що зумовлено розташуванням відповідних термопар.

Поблизу задньої стінки печі відбувалося швидке нагрівання повітря і до того ж доволі стрімка фаза охолодження; а біля фасадної стінки підйом температури був дещо менший, але розтягнута фаза повного розвитку пожежі та менш стрімка фаза охолодження. Температури Т7, Т8, хоч і знаходяться на одній площині з Т4, Т5, Т6, але нижчі від останніх на 20–30 º С у фазі розвитку та вищі на 20–30 ºС – у фазі охолодження. Це зумовлено тим, що термопари Т7, Т8 знаходилися поблизу віконного отвору.

Порівняння експериментальних даних із даними подібних досліджень вказує на відповідність цього експерименту у модельному приміщенні пожежам у реальному приміщенні. Враховуючи подібності, наведено таке зіставлення, а саме: зіставлення кількох експериментальних кривих та стандартної кривої температура-час.

Як бачимо із рис. 6, експериментальні криві температура-час відрізняються від стандартної кривої не тільки формою, але й максимальними значеннями температур. Очевидно, що і для розрахунку температур потрібна інша форма кривої, яка краще відповідатиме експериментальним даним.

У [3] наведена BFD крива, згідно з якою:

$$T = T_a + T_m e^{-z},$$

де T – температура у будь-який час t (°C); T_a– температура навколишнього середовища (°C); T_m– максимальна температура (°C); z = (log t — log t_m)^2/s_c , де log дорівнює ln; t – час настання максимальної температури T_m(хв); s_c– константа форми для кривої температура-час.

На основі експериментальних даних та даних стандартної, параметричної та кривої BFD побудовано графік температура-час (рис. 7). Як бачимо, крива BFD краще відповідає формі експериментальної кривої, ніж стандартна та параметрична криві.

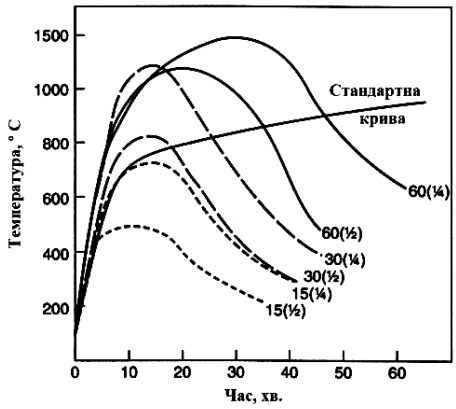

Рис. 6. Стандартна крива та експериментальні криві пожеж у приміщеннях (15 (1/2) – площа кімнати та коефіцієнт отворів відповідно) [4]

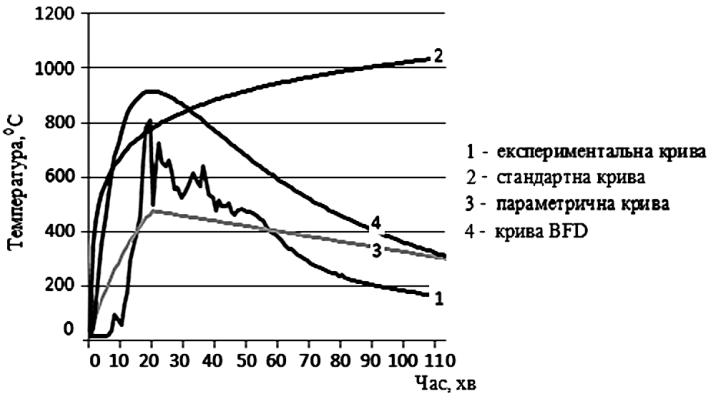

Рис. 7. Порівняння кривих температура-час: експериментальної, кривої BFD, параметричної та стандартної кривої

На підставі проведеного дослідження встановлено: крива BFD дає завищені температури на 40–80 °С (для максимальної температури – різниця 16 °С) і загалом добре описує форму експериментальної кривої; для цих параметрів параметрична крива дає занижені температури (для максимальної температури різниця становить 226 °С), оскільки збігаються покази температур для початку фази охолодження, а далі температури завищені на 100–130 °С; стандартна крива показує максимальну температуру, нижчу на 63 °С, ніж експериментальна, а далі замість спаду − постійний підйом температури, тобто зовсім не відповідає формі експериментальної кривої.

З метою створення відповідних математичних моделей розвитку пожеж планується провести експериментальні дослідження, у яких будуть змінюватися геометричні характеристики приміщення, коефіцієнт отворів, щільність пожежного навантаження.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Висновки. Математичний опис пожежі у приміщенні залежить від багатьох параметрів. Залежність температура-час можна подати різними формулами, однак потрібно вибрати ту, яка якнайкраще відповідає експериментальним даним.

Експериментальна пожежа у модельному приміщенні тривала 2 год 21 хв, максимальна температура була зафіксована на 19 хв розвитку пожежі і становила 811 °С.

Експериментальну криву порівняно добре описує розрахункова крива BFD порівняно зі стандартною та параметричною кривими. Проте треба або вдосконалити криву BFD, або створити іншу розрахункову криву, яка якнайточніше відповідатиме розвитку пожеж у приміщеннях.

1. Моделирование пожаров и взрывов: монография / [И.Ф. Астахова, В.П. Беляцкий, Н.Н. Брушлинский и др.]; под общ. ред. Н.Н. Брушлинского, А.Я. Корольченко; Ассоц. "Пожнаука". Пожар. безопасность и наука. – М.: Ассоц. "Пожнаука", 2000. – 482 с. 2. Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С., Шевляков А.Н. Термогазодинамика пожаров в помещениях / под ред. Ю.А. Кошмарова. – М., Стройиздат, 1988.– 448 с. 3. Barnett C.R. BFD Curve:A New Empirical Model for Fire Compartment Temperatures. – Fire Safety Journal № 37, 2002. – P. 437–463. www.elsevier.com/locate/firesaf. 4. Rasbash D., Ramachandran G., Kandola B., Watts J., Law M. Evaluation of Fire Safety. – John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, 2004. 5. ДБН В.1.2–7:2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. 6. ДСТУ Б В.1.1-4-98. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. 7. EN 1991-1-2 (2002). Eurocode 1: Actions and Structures. Part 1-2: General Actions on Structures Exposed to Fire. 8. Шналь Т.М. Характеристика моделей розвитку пожеж [Текст] / Т.М. Шналь, І.П. Синенько, М.І. Стасюк // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". – 2011. – № 697. – С. 252–256. 9. Демчина Б.Г. Дослідження вогнестійкості фрагмента огороджувальної конструкції із монолітного пінобетону [Текст] / Б.Г. Демчина, А.П. Половко, В.С. Фіцик // Вісник Національного університету "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". – 2008. – № 627. – С. 76–80.*

УДК 691.328.34 : 620.17

Б.Г. Демчина, В.Б. Верба, Р.В. Сухоцький, Т.П. Пиріг
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра будівельних конструкцій та мостів

АНКЕРУВАННЯ СТАЛЕВОЇ АРМАТУРИ ЗА РАХУНОК ЗЧЕПЛЕННЯ У ЗРАЗКАХ-БАЛКАХ З ПІНОБЕТОНУ

© Демчина Б.Г., Верба В.Б., Сухоцький Р.В., Пиріг Т.П., 2012

Наведено методику та результати лабораторних експериментальних досліджень зчеплення арматури з пінобетоном у зразках-балках за методикою RILEM, пристосованою до зразків з пінобетону. Проведено порівняння з попередніми дослідженнями.

Ключові слова: зчеплення, пінобетон, арматура періодичного профілю, балковий метод.

This article is devoted to the methods and the results of laboratory experimental tests of reinforcing steel bonding in foam concrete beam specimens. The RILEM beam test method was adapted to usage of foam concrete. These results were compared to formerly obtained data.

Key words: bonding, foam concrete, ribbed reinforcing steel bar, beam test.

Постановка проблеми. Проблема забезпечення надійної спільної роботи арматурних стрижнів та пінобетону є ключовою під час проектування пінобетонних армованих конструкцій. Передача зусиль на арматуру відбувається завдяки її анкеруванню, яке здебільшого забезпечується

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua