

*Т.М.Шналь, к.т.н, доцент, Ю.Е.Павлюк, к.т.н. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності), М.І.Стасюк, к.т.н, доцент, І.І.Кархут, к.т.н, доцент, Б.С.Штангрет, к.т.н. (Національний університет "Львівська політехніка")*

## ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖІ В ОДНОПОВЕРХОВІЙ ПРОМИСЛОВІЙ БУДІВЛІ З ЗАЛІЗОБЕТОННИМ КАРКАСОМ

В статті наведено результати аналіз температурного розвитку пожежі в одноповерховій промисловій будівлі. Зроблено висновок про стан залізобетонних конструкцій після тривалого впливу високих температур та необхідність врахування при аналізі стану конструкцій реальних температурних режимів розвитку пожежі.

**Постановка проблеми.** Дослідження температурних режимів розвитку пожеж в будівлях є основою для прогнозування поведінки конструкцій та оцінки їх технічного стану після пожежі і є однією із складових системи пожежної безпеки будівель. Аналіз наслідків пожеж свідчить, що їх температурний розвиток в будівлях суттєво відрізняється від температурних режимів, які використовуються при проектуванні конструкцій, будівель та споруд. Застосування в будівництві нових конструктивних рішень, використання нових матеріалів, зміна характеристик пожежних навантажень вимагають більш ретельного вивчення температурних режимів реальних пожеж.

**Аналіз останніх досліджень.** Розрахункові режими пожеж виражають співвідношення між розподілом температур в приміщенні та часом і можуть бути такими:

- умовна крива "температура-час", рівномірна по цілому об'ємі в приміщенні;
- режим реальної пожежі визначений або в параметричних членах вогневої експозиції, або поданий у вигляді аналітичних формул для визначеної локалізованої пожежі, або отриманий при комп'ютерному моделюванні.

В більшості національних будівельних нормах межі вогнестійкості наведені коли нагрів відбувається до погодженої кривої "температура-час", визначеної в ISO 834 (або Eurocode 1 частина 2-2), яка не відображає типу реальної пожежі. Ця стандартна крива "температура-час" стосується постійно зростаючої температури всередині пожежного відсіку, навіть після того коли, всі горючі матеріали вигоріли. Для конструкцій, для яких визначається межа вогнестійкості зовні будівлі, може використовуватись температурна крива "зовнішньої пожежі". У випадку, де відбувається складування вуглеводневих матеріалів використовується жорсткіша температурна крива, крива "вуглеводневої пожежі". Формули, які описують відповідні криві, подано у виразах 1- 3 [1] :  
стандартна крива "температура-час"

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1); \quad (1)$$

крива зовнішньої пожежі

$$\theta_g = 660(1 - 0.687e^{-0.32t} - 0.313e^{-3.8t}) + 20; \quad (2)$$

вуглеводнева крива

$$\theta_g = 1080(1 - 0.325e^{-0.167t} - 0.675e^{-2.5t}) + 20. \quad (3)$$

Ці три номінальні (умовні) криві "температура-час" відповідно формул (1), (2), (3) показано на рис.1.

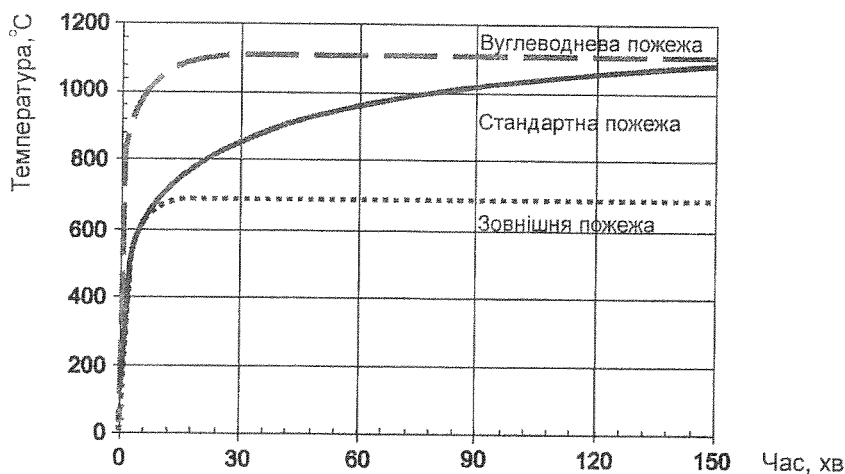


Рис.1. Номінальні криві "температура-час"

Параметрична модель пожежі забезпечує простий спосіб врахування найбільш важливих факторів, які мають вплив на розвиток пожежі в частині будівлі. Подібно до номінальної пожежі, вона виражається у температурно-часовій залежності, хоча ця залежність містить деякі параметри, які частково відображають характер реальної пожежі. Як правило, у цю модель включають три параметри, а саме, пожежне навантаження в пожежному відсіку, отвори в стінах та/або даху, тип та природу різних матеріалів стін у відсіку. У цій моделі приймається, що температура є однаковою у відсіку. Використання моделі обмежується фазою після розгорання. Модель вимагає таких даних: щільності пожежного навантаження, величини тепловиділення, втрат тепла.

**Постановка завдання.** На підставі методик, викладених у [2] та [3], оцінки ушкоджень залізобетонних та кам'яних конструкцій та стану термоіндикаторів, дослідити температурний розвиток пожежі в одноповерховій промисловій будівлі з залізобетонним каркасом. Виконати аналіз впливу різних факторів на характер руйнування конструкцій згідно з реальним температурним режимом пожежі. Оцінити стан будівлі з урахуванням ступеня ушкодження окремих конструктивних елементів.

**Виклад основного матеріалу.** Будівля обстеження якої проводилась, за конструктивною схемою - це будівля з залізобетонним каркасом. Розмір будівлі в плані 36×42 м. Схема поперечної рами - одноповерхова двопролітна, висота цеху від підлоги до низу кроквяних конструкцій 5,92 м. Плити покриття збірні залізобетонні ребристі розміром 3×6 м, що опираються на сегментні ферми прольотом 18 м, до нижнього поясу яких закріплена кран балка вантажопідйомністю 3,2 т. Колони залізобетонні прямокутного перерізу. Зовнішнє огороження стінові керамзитобетонні панелі, простінки цегляні, внутрішня стіна - цегляна.

Пожежа у виробничому корпусі цеху з виготовлення гофрокартонної тари відносилась до класу А1. Загальний вигляд будівлі після пожежі показано на рис. 2. В акті про пожежу наведено такі дані: займання відбулося приблизно о 2 год. 54 хв, пожежу виявили о 3 год 00 хв, повідомлення про пожежу надійшло в СДПЧ о 4 год. 19 хв, ліквідація пожежі завершилась о 7 год 40 хв. Для гасіння пожежі було задіяно чотири автоцистерни АЦ-40. Причина виникнення пожежі - це дія висококалорійного джерела запалювання (підпалу), в результаті чого відбулось швидке поширення полум'я по цеху.

При достатньому повітрообміні, в результаті руйнування застелення, пожежа проходила з надлишком кисню, при цьому інтенсивність горіння визначалась площею горіння, тобто мала місце пожежа контрольована пожежним навантаженням. За характером впливу на огорожуючі конструкції - це об'ємна пожежа. Процес горіння пожежного навантаження наближався до умов горіння на відкритому просторі. Для об'ємної пожежі контрольованої

пожежним навантаженням, характерна відсутність газового прошарку між полум'ям та конструкцією. За умовами горіння пожежа мала обмежений характер і не розповсюдилась на інші приміщення.

Пожежне навантаження в цеху складалось з листів гофрокартону в кількості біля 100 тон, що були складено в штабелях. Результати розрахунку питомого пожежного навантаження та тривалість еквівалентного вогневого впливу наведено в таблиці 1.

Розподіл температур в будівлі визначався на основі аналізу стану термоіндикаторів представлених на рис.3.

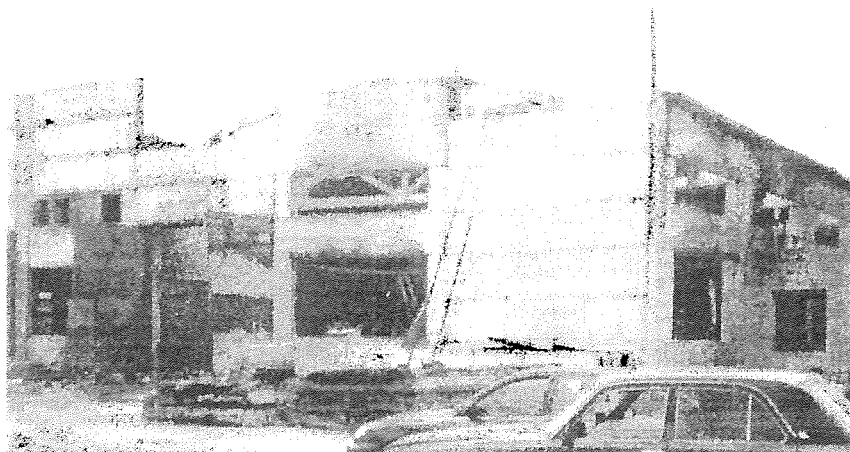


Рис.2. Частина будівлі ушкоджена пожежею. Фасад в осях Б-В

Таблиця 1.

Розрахунок питомого пожежного навантаження та тривалості еквівалентного вогневого впливу

Коефіцієнт вигорання, $b_0$	Маса горючого матеріалу, кг	Теплота згорання, МДж/кг	Площа горіння, $m^2$	Питоме пожежне завантаження, МДж/ $m^2$	Тривалість еквівалентного вогневого впливу, хв
1	100000	17	648	2623,46	178,70

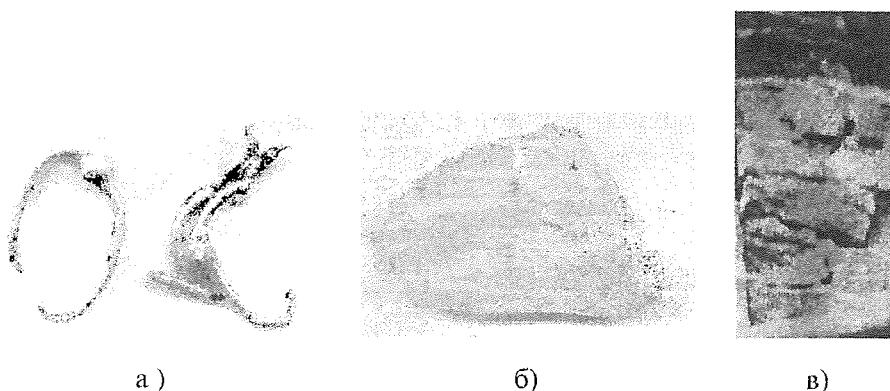
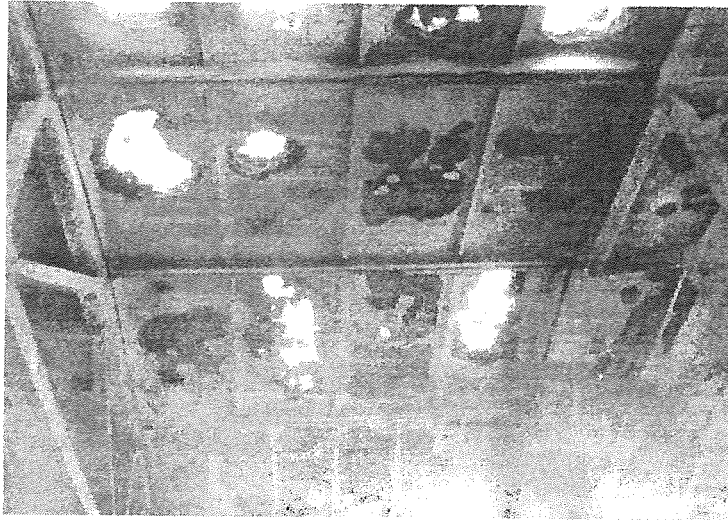


Рис.3. Термоіндикатори:

а - розплавлений алюмінієвий дріт електричних кабелів, температура зміни зовнішнього виду 650 °С; б – віконне скло, втрата форми 850 °С; в – сильне ушкодження шару кладки на 10-15 мм, відколювання лещадок, викришування розчину на 15-20 мм – 1000-1200 °С

В результаті обстеження основних несучих конструкцій після пожежі отримані такі дані. Внаслідок впливу високих температур покрівля корпусу в осях Б-В зруйнована. В результаті пожежі частина плит покриття (30 %) зруйнувалась, а частина плит, що залишилась, знаходилась в аварійному стані (70 %), спричиненому крихким руйнуванням бетону полицок плит та потребувала демонтажу. Характер пошкодження плит внаслідок високотемпературного впливу показано на рис.4.



*Рис.4. Руйнування залізобетонних ребристих плит покриття внаслідок крихкого руйнування, втрата цілісності та несучої здатності*

При обстеженні ферм виявлено поздовжні тріщини вздовж робочої арматури та характерні тріщини внаслідок температурної усадки бетону. У вузлах ферм відбулось крихке руйнування бетону у вигляді відстрілу захисного шару та тріщини сколювання внаслідок температурних деформацій елементів нижнього поясу, розкосів та елементів верхнього поясу. Ширина розкриття тріщин нижнього поясу становила 0,5-1,0 мм.

При огляді колон виявлено руйнування поверхні бетону у вигляді сітки макротріщин, крихке руйнування бетону особливо у верхній частині колон та в їх консолях.

Стінові панелі отримали ушкодження у формі відшарування поверхневого шару керамзитобетону (див. рис.5). У внутрішній цегляній стіні повністю повідпадав тиньк та зруйнувалися поверхні цегляної кладки у вигляді відколювання частинок цегли на глибину до 1-2 см.



*Рис.5. Стінова панель, руйнування поверхневого шару бетону*

За результатами проведеного обстеження було встановлено розташування зон інтенсивності вогневого впливу в будівлі, визначено характер зміни ушкоджень в залежності від інтенсивності теплового впливу, виконано теплотехнічні розрахунки основних несучих конструкцій, а також відібрані та випробувані зразки арматурної сталі з ребристих плит покриття.

**Висновки.** Розвиток температур в будівлі під час пожежі в часі та за об'ємом значно відрізнявся від режиму "стандартної пожежі" на відповідність якому були запроєктовані несучі конструкції будівлі. При проектуванні та оцінці стану конструкцій після пожежі на промислових будівлях необхідно використовувати натуральні моделі пожеж та реальні сценарії їх розвитку. Характер ушкодження залізобетонних конструкцій визначався інтенсивністю впливу високих температур, вогневою експозицією конструкції, та геометрією перерізу конструкції. Найменші ушкодження отримали "масивні" перерізи колон – незначні ділянки крихкого руйнування бетону глибиною до 1-2 см. Найбільших ушкоджень завдано "тонким" перерізам полицок залізобетонних плит покриття з товщиною 5 см, які повністю зруйнувались внаслідок крихкого руйнування бетону на значних площах.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. EN 1991-1-2 (2002). *Eurocode 1: Actions and Structures, Part 1-2: General Actions-Actions on Structures Exposed to Fire.*
2. Ильин Н.А. *Техническая экспертиза зданий, поврежденных пожаром.* – М.: Стройиздат, 1983.– 197 с.
3. Шналь Т.М., Хоржевський В.І., Павлюк Ю.Е., Пархоменко Р.В. *Технічна діагностика та подальша експлуатація залізобетонних конструкцій після пожежі // Вісник Національного університету "Львівська політехніка": Теорія і практика будівництва. – №441. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка". – 2002. – С. 184-189.*

УДК 699.887

*З.О.Знак, к.т.н., доцент (Національний університет "Львівська політехніка"),  
В.О.Васійчук, к.т.н., доцент (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

#### УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ КОКСОХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ З ОДЕРЖАННЯМ РАДІАЦІЙНО-ЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Наводяться результати дослідження радіаційно-захисних властивостей різних модифікацій сірки та продуктів, одержаних внаслідок перероблення відходів коксохімічних виробництв та їх окремих компонентів за кислотним методом. Встановлено, що захисні властивості досліджуваних матеріалів визначаються їх складом та особливостями молекулярної будови.

**Вступ і постановка проблеми.** Сучасний стан розвитку виробничих сил в Україні характеризується такою негативною тенденцією як постійне нагромадження відходів виробництв за вкрай незадовільних темпів їх утилізації. Разом з тим, окремі галузі промисловості гостро потребують розвитку своєї матеріально-сировинної бази. Так, на коксохімічних підприємствах накопичено величезні обсяги розчинів натрію тіосульфату, що містять натрію роданід [1]. Хоча ці розчини представляють собою серйозну загрозу екосистемам природних водойм, проблема їх утилізації в достатньому обсязі не вирішена. З