

**ВРАХУВАННЯ РЕАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРИ ПРИ ПОЖЕЖІ ТА ЙОГО  
ВПЛИВ НА ЗАЛИШКОВУ МІЦНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ**

Проаналізовано методики щодо визначення залишкової міцності після пожежі. Розроблено метод, що базується на визначенні залишкової міцності з урахуванням даних про розвиток пожежі. При цьому враховані всі стадії розвитку та гасіння пожежі. З використанням рівняння теплопровідності з граничними умовами третього роду, де температура середовища – функція від часу, розраховані температурні поля в залізобетонній плиті. За результатами розрахунків температурного поля перевірено умову міцності плити. Встановлено, що при гасінні пожежі, коли температура в приміщенні знижується, температура в перерізі плити деякий час продовжує зростати. При досягненні критичної температури арматури можливе руйнування конструкції.

**Ключові слова:** залишкова міцність, температурний режим, час вільного розвитку пожежі, залізобетонна плита перекриття

**Постановка проблеми.** При пожежі в приміщенні здійснюється високотемпературний вплив на будівельні конструкції, внаслідок якого відбувається незворотна зміна їх міцності. Після пожежі виникає необхідність підсилення чи розбирання будівельних елементів, що були охоплені вогнем. Для того, щоб дати оцінку носійної здатності залізобетонних плит перекриття після пожежі, необхідно на основі даних про її розвиток визначити температурний режим у приміщенні та температурні поля у поперечному перерізі цієї конструкції.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Існує ряд методик [1, 2] для визначення залишкової міцності залізобетонних конструкцій, в яких наведені коефіцієнти умов роботи. У роботі [1] рекомендується при розрахунках приймати прогрів за стандартним температурним режимом. У роботі [2] наведена методика приведення стандартного температурного режиму до реального, яка базується на порівнянні часу досягнення максимальної температури з часом її досягнення у стандартному режимі, і не враховує всіх стадій розвитку пожежі. У зв'язку з тим, що в Україні відсутні норми для визначення залишкової міцності конструкцій, користуються рекомендаціями [2]. У роботі [3] авторами проведені експериментальні дослідження значень коефіцієнтів умов роботи арматури та бетону під час дії місцевого нагрівання. Встановлено, що значення цих коефіцієнтів, що наведені в роботі [1], найбільш наближені до експериментальних. У роботі [4] також наведені експериментальні дані щодо зниження міцності бетону (на стиск і на розтяг) та арматури при пожежі та після неї. Автори вказують на необхідність враховувати реальну зміну температури, що діє на конструкцію. Крім того в роботі запропоновані методи оптимізації складу бетону для забезпечення міцності після пожежі.

**Невирішеною раніше частиною загальної проблеми** є моделювання пожежі в приміщенні з урахуванням початкової та розвинутої її стадії з метою визначення температурних полів у конструкціях для визначення залишкової міцності.

**Мета роботи.** Метою роботи є розроблення методу визначення залишкової міцності залізобетонних плит перекриття після пожежі у приміщенні.

**Постановка задачі та її розв'язок.** Для визначення залишкової міцності будь-яких конструкцій необхідно враховувати температурний вплив з урахуванням всіх стадій пожежі, а саме: початкової, розвинутої та стадії гасіння або затухання. Крім того необхідно враховувати різні обставини, що виникають у процесі пожежі (руйнування віконного скла, відкриття дверей та ін.). Також необхідно визначити причину та місце виникнення горіння для того, щоб змодельовати зростання площі пожежі (кутової 90°, кутової 180°, кругової). Деякі дані можна отримати в процесі розвідки пожежі (час повідомлення, час прибуття, час введення стволів та ін.), в процесі її гасіння (час локалізації, час ліквідації) та у результаті дослі-

дження пожежі (причину, час, місце виникнення та ін.). Решту даних отримують з довідкової літератури (теплота згорання горючого матеріалу, лінійна швидкість розповсюдження полум'я, питома швидкість вигорання, повнота згорання та ін.). На основі цієї інформації можна змоделювати пожежу в приміщенні, яка вже відбулася.

Час вільного розвитку пожежі складається з таких складових: часу до виявлення пожежі, часу збору і виїзду пожежно-рятувальних підрозділів, часу слідування до місця виклику і часу оперативного розгортання. Час до виявлення пожежі становить в містах від 8 до 14 хвилин. Час збору та виїзду в більшості випадків не перевищує однієї хвилини. Час слідування залежить від відстані від місця розташування пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику. Радіус району обслуговування частин не повинен перевищувати 3 км [5], хоча в деяких випадках шлях до крайньої точки району може бути більший за 5 км. Залежно від ситуації на дорогах міста, час, за який пожежний автомобіль доїжджає до місця виникнення надзвичайної ситуації, в середньому дорівнює 17 хв [6], хоча може бути більшим. Час оперативного розгортання залежить від кількості відділень, кількості пожежних стволів, кількості гідрантів та поверху, на якому виникла пожежа. Ця складова розраховується відповідно з Довідником КГП [7], і в середньому становить 10 хв. Отже, зважаючи на вищезазначене, час вільного розвитку пожежі в деяких умовах може становити 45 хв і більше. Хоча для кожної пожежі він різний.

Для визначення середньооб'ємної температури в приміщенні використаємо інтегральну модель пожежі. На основі диференціальних рівнянь матеріального стану та енергії пожежі нами отримано аналітичний розв'язок для визначення середньооб'ємної густини середовища приміщення при пожежі в закритому приміщенні [8]

$$\rho_m = \left( \rho_0 - \frac{c_m \rho_0 t_0}{\eta Q_n^p (1 - \varphi)} \right) \exp \left( - \frac{\eta \psi_n S_{II} Q_n^p (1 - \varphi)}{c_m \rho_0 t_0 V} \tau \right) + \frac{c_m \rho_0 t_0}{\eta Q_n^p (1 - \varphi)}, \quad (1)$$

де  $\rho_m$  – середньооб'ємна густина газового середовища в приміщенні, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_0$  – початкова густина газового середовища, кг/м<sup>3</sup>;  $c_m$  – ізобарна питома теплоємність, Дж/°С;  $t_0$  – початкова температура, °С;  $\eta$  – повнота згорання;  $Q_n^p$  – теплота згорання, Дж/кг;  $\varphi$  – коефіцієнт теплопоглинання;  $\psi_n$  – питома швидкість вигорання матеріалу, кг/(м<sup>2</sup>·с);  $S_{II}$  – площа пожежі, м<sup>2</sup>;  $V$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;  $\tau$  – час пожежі, с.

Також на основі диференціальних рівнянь нами отримано аналітичний розв'язок для визначення середньооб'ємної густини газоповітряної суміші в приміщенні з відкритими віконними та дверними отворами [9]

$$\frac{2\rho_0 VA}{\psi_{num} S_{II} DB} \left[ \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_m}} - \frac{DB^2 - A^2 + DA^2}{ABD} \cdot \left( \frac{1}{2} \ln \left| \left( \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_m}} + \frac{A - DA}{2BD} \right)^2 - \frac{(A - AD)^2 + 4B^2 D}{4B^2 D^2} \right| - \left( \frac{A - DA}{2BD} + \frac{AB}{DB^2 + A^2 - DA^2} \right) \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \frac{BD}{\sqrt{(A - DA)^2 + 4B^2 D^2}} \cdot \ln \left| \frac{\sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_m}} + \frac{A - DA}{2BD} - \frac{\sqrt{(A - DA)^2 + 4B^2 D^2}}{BD}}{\sqrt{\frac{\rho_0}{\rho_m}} + \frac{A - DA}{2BD} + \frac{\sqrt{(A - DA)^2 + 4B^2 D^2}}{BD}} \right| \right) \right] = \quad (2)$$

$$= \tau + \frac{2\rho_0 VA}{\psi_{num} S_{II} DB} \left[ 1 - \frac{DB^2 - A^2 + DA^2}{ABD} \cdot \left( \frac{1}{2} \ln \left| \left( 1 + \frac{A - DA}{2BD} \right)^2 - \frac{(A - AD)^2 + 4B^2 D}{4B^2 D^2} \right| - \left( \frac{A - DA}{2BD} + \frac{AB}{DB^2 + A^2 - DA^2} \right) \times \right. \right. \\ \left. \left. \times \frac{BD}{\sqrt{(A - DA)^2 + 4B^2 D^2}} \cdot \ln \left| \frac{1 + \frac{A - DA}{2BD} - \frac{\sqrt{(A - DA)^2 + 4B^2 D^2}}{BD}}{1 + \frac{A - DA}{2BD} + \frac{\sqrt{(A - DA)^2 + 4B^2 D^2}}{BD}} \right| \right) \right],$$

де  $D = \frac{Q_{\min} \cdot \eta \cdot (1 - \varphi)}{c_m \cdot t_0}$ ,  $A = s \cdot (y_* - y_n)^{\frac{1}{2}}$ ,  $B = s \cdot (y_e - y_*)^{\frac{3}{2}}$ ,  $s$  – ширина вікна, м;  $y_n$  – відстань від підлоги до нижнього краю вікна, м;  $y_e$  – відстань від підлоги до верхнього краю вікна, м;  $y_*$  – відстань від підлоги до позначки в приміщенні, на якій тиск дорівнює зовнішньому (атмосферному) тиску, м.

Для переходу від середньооб'ємної густини середовища до температури використовують таку залежність [12]:

$$t_m = \frac{\rho_0 t_0}{\rho_m} \quad (3)$$

Для визначення значень температури в перерізі плити перекриття, де температура середовища – функція часу  $t_m = f(\tau)$ , розглянемо задачу теплопровідності з граничними умовами третього роду, яка математично записується так:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a_{red} \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}; \quad (4)$$

з початковими умовами

$$t(x, 0) = t_0; \quad (5)$$

та граничними умовами

$$\text{при } x = 0 \quad \frac{\partial t}{\partial x} + \frac{\alpha}{\lambda} \cdot (t_c - t_w) = 0, \quad (6)$$

де  $t_w$  – температура поверхні конструкції, °С;  $\alpha$  – коефіцієнт теплообміну, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності бетону, Вт/(м·°С);  $a_{red}$  – коефіцієнт температуропровідності, м<sup>2</sup>/с.

Розглядаємо плиту перекриття як напівобмежене тіло, оскільки за короткий час пожежі, плита не прогріється до протилежної сторони. Розв'язок рівняння (4) з початковими та граничними умовами (5), (6), отриманий в роботі [10], має такий вигляд:

$$t(x, \tau) = \int_0^{\tau} f(\tau) \cdot \frac{\alpha}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{a_{red}}{\pi \cdot v}} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{4 \cdot a_{red} \cdot v}\right) dv - \int_0^{\tau} a_{red} \cdot \left(\frac{\alpha}{\lambda}\right)^2 \cdot \exp\left(\frac{\alpha}{\lambda} \cdot x + a_{red} \cdot \left(\frac{\alpha}{\lambda}\right)^2 \cdot v\right) \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_{red} \cdot v}} + \frac{\alpha}{\lambda} \cdot \sqrt{a_{red} \cdot v}\right) dv, \quad (7)$$

де  $v$  – змінна, яка набуває значення від  $\tau$  до 0;  $x$  – глибина прогріву, м.

При цьому вплив води, якою гасять пожежу, на залізобетонну плиту перекриття не враховувався. Для того, щоб визначити залишкову міцність, необхідно міцність арматури та бетону на  $i$ -ій товщині помножити на коефіцієнти зниження міцності після температурного впливу (табл. 1 та 2).

**Таблиця 1**

*Зниження міцності арматури після пожежі [2]*

Клас арматури	Коефіцієнт зниження міцності після пожежі, %, при температурі її прогрівання, °С		
	300	400	500
А-I, А-II, А-III	1	1	1
А-IV, А-V, А-VI	1	0,95	0,9
Ат-IV, Ат-V, Ат-VI	1	0,9	0,8
В-II, Вр-II, К7	1	0,7	0,4

Зниження міцності бетону після пожежі [2]

Вид бетону і умови твердіння	Коефіцієнт зниження міцності після пожежі, %, при температурі його прогрівання, °С						
	60	120	150	200	300	400	500
Важкий на гранітному заповнювачі, природне	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3
Важкий на гранітному заповнювачі, теплово-логісна обробка	0,85	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,55
Важкий на вапняному заповнювачі, теплово-логісна обробка	0,85	0,8	0,8	0,75	0,75	0,6	60
Легкий на керамзитовому заповнювачі, природне	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,85	0,8

Міцність залізобетонної плити перекриття за максимальним та допустимим згинальними моментами перевіряють з такої умови [11]:

$$M_{\max} \leq f_{d,sk} \cdot A_s \cdot z_b + f_{d,ck} \cdot b \cdot \chi \cdot z_b, \quad (8)$$

де  $M_{\max}$  – згинальний момент, Н·м;  $f_{d,sk}$  – міцність арматури на розтяг, МПа;  $A_s$  – площа поперечного перерізу арматури, м<sup>2</sup>;  $z_b$  – відстань від арматури до середини стиснутої зони, м,

$$z_b = h - (0,5 \cdot \chi + \delta + 0,5 \cdot d_s), \quad (9)$$

де  $h$  – товщина залізобетонної плити перекриття, м;  $\delta$  – товщина захисного шару бетону, м;  $d_s$  – діаметр арматурного стержня, м;  $\chi$  – висота стисненого шару бетону, м,

$$\chi = \frac{f_{d,sk} \cdot A_s}{f_{d,ck} \cdot b}, \quad (10)$$

де  $b$  – ширина плити, м;  $f_{d,ck}$  – міцність бетону на стиск, МПа.

Під дією високих температур міцність знижується. При розрахунку допустимого згинального моменту це враховують шляхом введення коефіцієнта зниження міцності арматури на розтяг  $k_s(t)$  та коефіцієнтів зниження міцності  $i$ -ого шару  $\chi_i$  стисненої зони бетону  $k_{bi}(t)$ . Ці коефіцієнти отримують з табл. 1 та табл. 2, залежно від температури в перерізі плити. Тоді умова міцності за згинальним моментом запишеться

$$M_{\max} \leq k_s(t) \cdot f_{d,sk} \cdot A_s \cdot z_b + z_b \cdot b \cdot \sum_{i=0}^n k_{bi}(t) \cdot \chi_i \cdot f_{d,ck} \quad (11)$$

Розглянемо визначення залишкової міцності залізобетонної плити перекриття на прикладі.

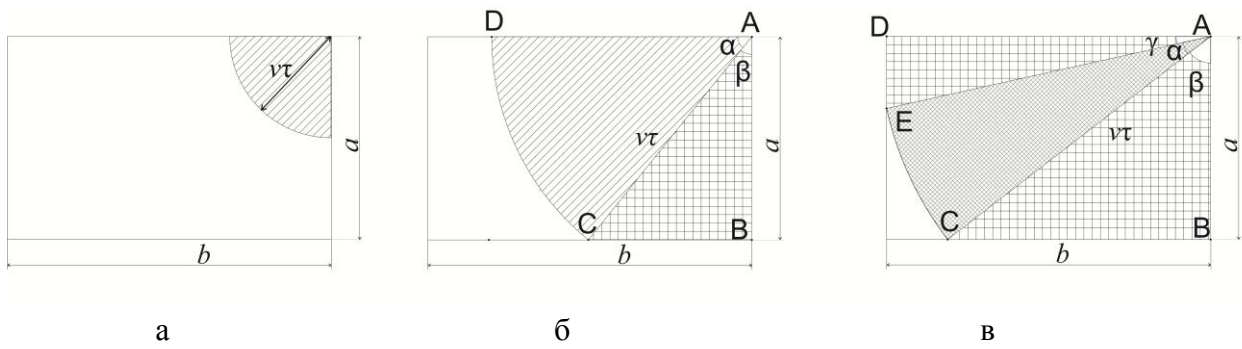
**Приклад.** Пожежа виникла в куті житлового приміщення розміром 6х4 м та висотою 2,5 м. У приміщенні було відкрите вікно розміром 1,3х1 м. Нижча температура згорання пожежного навантаження – 13800 кДж/кг, питома швидкість згорання – 0,0145 кг/(м<sup>2</sup>·с), лінійна швидкість розповсюдження полум'я – 0,0108 м/с. Час до виявлення пожежі дорівнює 14 хв, час збору та виїзду – 1 хв, час слідування склав 10 хв, а тривалість оперативного розгортання – 5 хв. Пожежу вдалося ліквідувати за 10 хв після введення пожежних стволів. Перекриття приміщення – залізобетонна монолітна плита розміром 6280х1790х220 мм. Бетон важкий на гранітному заповнювачі В15. Арматура: 6 шт. класу Ат-V, діаметром 12 мм. Нормативне навантаження на залізобетонну плиту становить 4903 Н/м<sup>2</sup>, а навантаження від власної ваги – 2927 Н/м<sup>2</sup>.

1. Визначаємо площу пожежі в приміщенні.

Радіус пожежі визначається добутком лінійної швидкості пожежі на час. На початковій стадії пожежі, доки фронт пожежі не досягне огорожувальної конструкції, площа пожежі визначається як площа чверті кола (рис. 1 а)

$$S_{II} = \frac{\pi \cdot (v \cdot \tau)^2}{4}, \quad (12)$$

де  $v$  – лінійна швидкість розповсюдження пожежі, м/с.



**Рис. 1.** Площа пожежі при її виникненні в куті приміщення:

а) радіус пожежі  $vt \leq a$ ; б) радіус пожежі  $a < vt \leq b$ ; в) радіус пожежі  $b < vt < \sqrt{a^2 + b^2}$

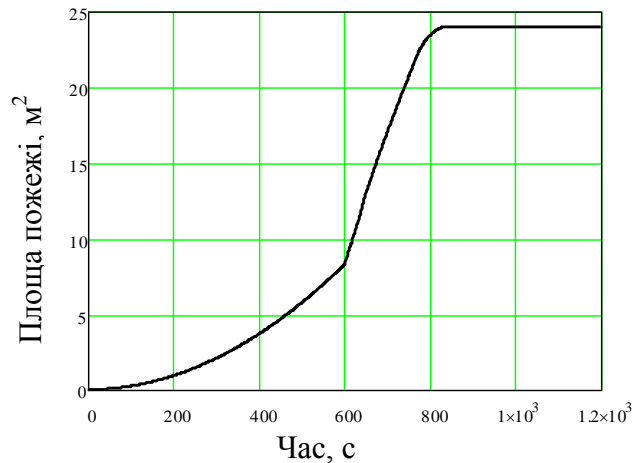
Після того, як фронт пожежі дійде до ближньої огорожувальної конструкції, площа пожежі рівна сумі площі сектора ACD та прямокутного трикутника ABC (рис. 1 б)

$$S_{II} = \frac{90 - \arctg \frac{\sqrt{(v\tau)^2 - a^2}}{a}}{360} \cdot \pi(v\tau)^2 + \frac{a \cdot \sqrt{(v\tau)^2 - a^2}}{2}. \quad (13)$$

Після того, як фронт пожежі дійде до віддаленої огорожувальної конструкції, площа пожежі дорівнює сумі площі сектора ACE та двох прямокутних трикутників – ABC та ADE (рис. 1 в)

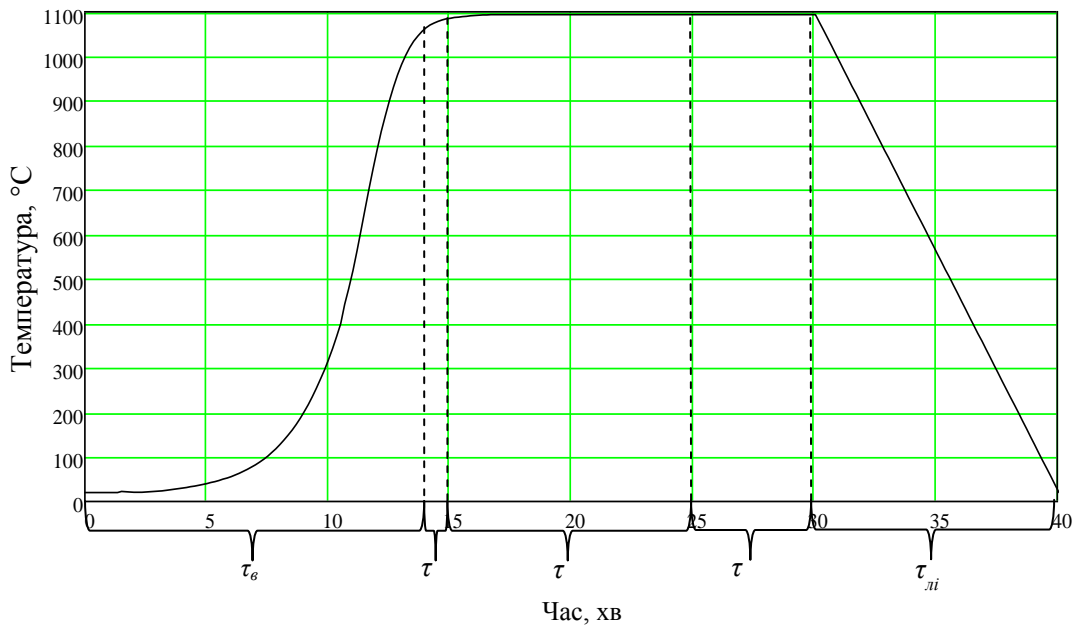
$$S_{II} = \frac{90 - \arctg \frac{\sqrt{(v\tau)^2 - a^2}}{a} + \arctg \frac{\sqrt{(v\tau)^2 - b^2}}{b}}{360} \cdot \pi(v\tau)^2 + \frac{a \cdot \sqrt{(v\tau)^2 - a^2}}{2} + \frac{b \cdot \sqrt{(v\tau)^2 - b^2}}{2}. \quad (14)$$

Протягом наступного часу площа пожежі дорівнює площі приміщення. При цьому слід врахувати, що перші 10 хв лінійна швидкість розповсюдження полум'я дорівнює  $0,5 \cdot v$ . Провівши розрахунки отримаємо таку залежність площі пожежі від часу (рис. 2).



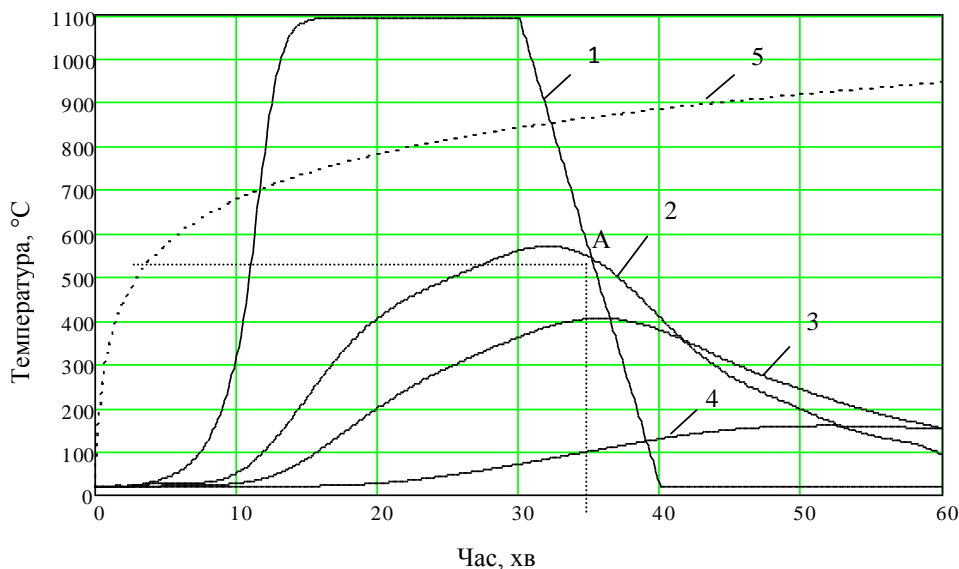
**Рис. 2.** Зміна площі кутової пожежі ( $90^\circ$ ) з часом

2. Визначаємо температурний режим за допомогою залежності (2) та (3). Результати розрахунків середньооб'ємної температури в приміщенні під час пожежі наведені на рис. 3. При розрахунках необхідно врахувати зміну площі пожежі в приміщенні. Розрахунки проводились за допомогою пакета прикладних програм MathCad.



**Рис. 3.** Температурний режим пожежі в житловому приміщенні

3. Визначаємо зміну температури в різних точках перерізу залізобетонної плити. Використаємо залежність (7), підставивши функцію зміни температури з часом  $f(\tau)$ , отриману за залежностями (2) та (3), та визначаємо температуру в перерізі плити (рис. 4). Розрахунки проводились за допомогою пакета прикладних програм MathCad.



**Рис. 4.** Температура: 1 – середовища; 2 – на глибині прогріву 0,01 м залізобетонної плити; 3 – арматури, 4 – на глибині прогріву 0,05 м залізобетонної плити; 5 – температура середовища за стандартним температурним режимом

Як бачимо з рис. 4, т. А, всередині плита продовжує нагріватись до певного моменту. Так арматура на 35 хв прогрівається до температури більше  $400^{\circ}\text{C}$  (вже у процесі гасіння пожежі). Згідно [2], при такій температурі міцність арматури знижується від 5 до 30 % залежно від класу арматури. У стиснутій зоні важкого бетону на гранітному заповненні його міцність знижується від 30 % при  $60^{\circ}\text{C}$  до 70% при  $500^{\circ}\text{C}$ . У нашому випадку бетон в стисненій зоні прогрівся до температури  $38^{\circ}\text{C}$ .

4. Перевіряємо умову міцності плити перекриття. Максимальний згинальний момент в однопролітній плиті буде становити

$$M_{\max} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{(q_n + p) \cdot b \cdot l^2}{8} = \frac{(4903 + 2927) \cdot 1,79 \cdot 6,28^2}{8} = 80330 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $q_n$  – нормативне навантаження на плиту, Н/м<sup>2</sup>;  $p$  – навантаження від ваги плити, Н/м<sup>2</sup>;  $l$  – довжина плити, м.

Оскільки температура в зоні арматури сягає максимального значення 400 °С, то коефіцієнт зниження міцності арматури  $k_s(400^\circ\text{C})$  буде дорівнює 0,9 (табл. 1). Температура в стисненій зоні не перевищує 38 °С, при якій міцність не знижується, тому коефіцієнт зниження міцності  $k_b(38^\circ\text{C})$  дорівнює 1 (табл. 2). Знаходимо значення правої частини залежності (11)

$$k_s(t) \cdot f_{d,sk} \cdot A_s \cdot z_b + z_b \cdot b \cdot \sum_{i=0}^n [k_{bi}(t) \cdot \chi_i \cdot f_{d,ck}] = \\ = 0,9 \cdot 706 \cdot 10^6 \cdot 6,78 \cdot 10^{-4} \cdot 0,18 + 0,18 \cdot 1,79 \cdot 1 \cdot 0,026 \cdot 9,35 \cdot 10^6 = 156100 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Як бачимо, умова міцності задовольняється ( $80330 \text{ Н} \cdot \text{м} < 156100 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ). Отже, після пожежі для цього випадку можлива подальша експлуатація існуючої залізобетонної плити перекриття. При стандартному температурному режимі арматура прогрівається до температури 350 °С. Значення коефіцієнта зниження міцності арматури на розтяг при цій температурі буде дорівнювати 0,95. Тоді значення допустимого моменту сил буде 163200 Н·м.

#### **Висновки:**

1. Розроблено метод визначення залишкової міцності залізобетонної плити перекриття після пожежі, який дає змогу отримати значення залишкової міцності, з використанням основних положень теплопередачі.

2. Проведені розрахунки залишкової міцності при пожежі в житловому приміщенні тривалістю 40 хв, в тому числі 30 хв вільного розвитку та 10 хв локалізації та гасіння, показали, що в зоні арматури температура сягає 400 °С при температурі на зовнішній поверхні плити – 798 °С, а її міцність зменшується на 10 %. Бетон прогрівається на глибині 1 см до температури 550 °С, на глибині 2 см – до 400 °С, на 5 см – до 150 °С, на 11 см (половина товщини плити) – до 40 °С. Стиснута зона бетону не нагрівається до критичних температур за наведений час ліквідації пожежі. В цьому випадку умова міцності забезпечується.

3. Значення допустимого моменту сил при розрахунках з використанням розробленого методу буде на 4,35% меншим, ніж при розрахунку за стандартним температурним режимом, що показує ефективність розробленої методики.

4. Наведений метод потребує подальшого удосконалення і може бути рекомендований для розрахунку міцності залізобетонних конструкцій за згинальним моментом після пожежі з використанням прикладних програм у будівельній практиці.

#### **Список літератури:**

1. **СТО36554501-006-2006** «Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций» – М., 2006. – 81 с
2. **Рекомендации** по обследованию зданий и сооружений, поврежденных пожаром – М., 1987. – 80 с.
3. **Була С.С.** Дослідження залишкової міцності залізобетонних елементів при дії місцевого нагрівання / Була С.С., Стойко Т.В. // Теорія і практика будівництва. – 2010. – №662. – С. 69-73.
4. **György L. Balázs, Éva Lublóy.** Reinforced concrete structures in and after fire / Concrete structures. – 2012. – P. 72-80.
5. **ДБН 360–92\***. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень

6. **Крайнюк О.І.** Підходи до визначення місць дислокації та площі обслуговування підрозділів місцевої пожежної охорони / Науковий вісник УкрНДІПБ – К. : УкрНДІПБ. – 2008. – № 2 (18) – С. 180-185.

7. **Теребнев В.В.** Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. – М.: Пожкнига, 2004 г. – 256 с.

8. **Гуліда Е.М.** Забезпечення вогнестійкості залізобетонного перекриття житлових будівель в процесі пожежі / Гуліда Е.М., Ренкас А.А. // Збірник наукових праць: «Пожежна безпека». Львів. 2011. – № 11. – С. 34-40.

9. **Гуліда Е.М.** Моделювання пожежі в приміщенні житлових та громадських споруд з урахуванням тепломасообміну з оточуючим середовищем / Гуліда Е.М., Ренкас А.А. // Збірник наукових праць: «Пожежна безпека: теорія і практика». Черкаси. 2012. - № 11. – С. 16-24.

10. **Лыков А.В.** Тепломассообмен: Справочник. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978. - 480 с.

11. **Байков В.Н.** Железобетонные конструкции / Байков В.Н., Сигалов Э.Е. – М. : СТОРЙИЗДАТ, 1984. – 728 с.

12. **Кошмаров Ю.А.** Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.

*А.А. Ренкас, Э.Н. Гуліда*

### **УЧЕТ РЕАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ПОЖАРЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОСТАТОЧНУЮ ПРОЧНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ**

Проанализированы методики по определению остаточной прочности после пожара. Разработан метод, основанный на определении остаточной прочности с учетом данных о развитии пожара. При этом учтены все стадии развития и тушения пожара. С использованием уравнения теплопроводности с граничными условиями третьего рода, где температура среды – функция от времени, рассчитанные температурные поля в железобетонной плите. По результатам расчетов температурного поля проверено условие прочности плиты. Установлено, что при тушении пожара, когда температура в помещении снижается, температура в сечении плиты некоторое время продолжает расти. При достижении критической температуры арматуры возможно разрушение конструкции.

**Ключевые слова:** остаточная прочность, температурный режим, время свободного развития пожара, железобетонная плита перекрытия

*А.А. Renkas, E.N. Gulida*

### **INFLUENCE OF NATURAL TEMPERATURE DISTRIBUTION ON RESIDUAL STRENGTH OF METAL DECK SLAB DURING FIRES**

The methodologies of determining residual strength after fires were analyzed. Method based on the determination of residual strength with fire development data was elaborated. All development and fire extinguishing stages were taken into account. Reinforced concrete slab temperature fields were calculated with the use of heat transfer equation with third kind boundary conditions. Strength plate condition was tested on the results of temperature field calculations. It is found that during fire extinguishing when the room temperature decreases, the temperature in the plate section continues to grow for a while. When the critical temperature on armature is achieved, metal deck slab can be destroyed.

**Keywords:** residual strength, temperature regime, free fire spread, metal deck slab