

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Клименко В.В. Теоретические основы тепловых расчётов противотепловой одежды горноспасателей – Днепропетровск: НГАУ, 2001, с. 70-73.
2. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967. – 600 с.
3. Мучник Г.Ф., Рубашиов И.Б. Методы теории теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1970. – 288 с.
4. Лыков А.В. Тепломассообмен. Справочник. – М.: Энергия, 1972.–560 с.

УДК – 614.841

Т.Б. Юзьків, канд. техн. наук

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ЦИКЛІЧНОМУ ТЕПЛОВОЛОГІСНОМУ ВПЛИВІ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР ТА ВОЛОГИ

У статті запропоновано метод експериментальної оцінки впливу високих температур і водяного охолодження на межу вогнестійкості залізобетонних плит перекриття в умовах температурного режиму реальної пожежі. Подано результати натурних випробувань впливу високих температур і охолодження на межу вогнестійкості залізобетонних плит перекриття: експериментальні залежності прогину плит перекриття від дії навантажень при високотемпературних тепловологісних впливах в умовах реальної пожежі; характер тріщиноутворення згинальних залізобетонних конструкцій у процесі циклічного тепловологісного впливу в умовах реальної пожежі.

У залізобетонних елементах при циклічному тепловологісному впливі виникає істотна неоднорідність властивостей бетону по перерізу конструкції, температурні напруження і можливість появи і розвитку тріщин. В аналізі напружено-деформованого стану залізобетонних елементів у період високотемпературного нагрівання і циклічного тепловологісного впливу прийнятий кроковий метод пружних рішень на базі спадкоємної теорії старіння бетону. Неоднорідність, обумовлена тепловологісними впливами, враховується шляхом умовної заміни залізобетонного елемента системою частково-однорідних елементів малих кінцевих розмірів по висоті перерізу. Нелінійність зв'язку між напруженнями і повними деформаціями бетону враховується для кожного частково-однорідного елемента окремо з урахуванням його температури і вологості. Час дії температури і вологи розділяється на окремі інтервали. Температура, вологість і напруження в кожному частково-однорідному елементі приймаються постійними на кожному інтервалі часу і рівними їх значенням у центрі ваги цього елемента. Фізико-механічні властивості бетону й арматури – міцність на стиск і розтяг, модуль пружності, деформації від тепловологісних впливів і питомі деформації повзучості приймаються постійними по висоті кожного елемента на кожному інтервалі часу, залежними від температури і вологості його центра ваги і часу дії температури. Зміна напружень на початку кожного етапу визначається в припущенні пружної роботи матеріалу, приймається справедливою гіпотеза прямих нормалей. При відсутності експериментальних даних про розподіл полів температур і вологості можна використовувати методику їхнього розрахунку з роботи [1].

Задачі з визначення напружено-деформованого стану залізобетонного елемента вирішуються ітераційним методом, що орієнтований на застосування ЕОМ [2].

Напруження в зразку і на кожному інтервалі часу визначаємо в наступній послідовності:

1) Визначається приведена площа $A_{red,i}$ і-тої частини перерізу, на які розбивається весь переріз елемента:

$$A_{red,i} = A_i \cdot \beta_b \cdot D_i. \quad (1)$$

де A_i – площа i -тої частини перерізу; β_b – коефіцієнт впливу температури на модуль пружності бетону, що залежить від температури і вологості бетону [54, 127]; D_i – коефіцієнт пружності при нагріванні і зволоженні, що визначається за формулою [3, 4]:

$$D_i(n, t, T, W) = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{\sigma(n, t, T, W)}{R_b(n, t, T, W)}} \right); \quad (2)$$

2) Площа арматури приводиться до ненагрітого, більш міцного бетону:

$$A_{red,s} = \frac{A_s \cdot E_s \cdot \beta_s}{E_b}, \quad (3)$$

де β_s – коефіцієнт впливу температури на модуль пружності арматури.

Після утворення тріщин модуль пружності арматури, через яку пройшла тріщина, визначається по формулі:

$$E_s^{crc} = \frac{E_s}{\psi_s}, \quad (4)$$

де

$$\psi_s = 1.25 - S \cdot \frac{M_{crc}}{M_{tw}}; \quad (5)$$

S – емпіричний коефіцієнт, прийнятий рівним 1.1 для короткочасного нагрівання і 0.8 для тривалого нагрівання;

3) Визначається момент інерції приведенного перерізу елемента

$$I_{red,i} = A_{red,i} \cdot \frac{h_i^2}{12}; \quad (6)$$

4) Визначається статичний момент приведенного перерізу:

$$S_{red} = \sum A_{red,i} \cdot y_i + A_{red,s} a + A'_{red,s} (h - a'); \quad (7)$$

де y_i – відстань від центра ваги довільної i -ї смуги до грані перерізу з мінімальною температурою;

5) Площа приведенного перерізу елемента:

$$A_{red} = \sum A_{red,i} + A_{red,s} + A'_{red,s}; \quad (8)$$

6) Відстань від центра ваги приведенного перерізу до грані перерізу з мінімальною температурою:

$$y_{red} = \frac{S_{red}}{A_{red}}; \quad (9)$$

7) Для ділянок залізобетонних елементів, де в розтягнутій зоні не утворюються тріщини нормальні до поздовжньої осі елемента, деформації поздовжньої осі від спільної дії температури і навантаження слід визначати за формулою:

$$\varepsilon = \frac{\sum A_{\text{red},i} \cdot \varepsilon_i + A_{\text{red},s} \cdot \varepsilon_s + A'_{\text{red},s} \cdot \varepsilon'_s}{A_{\text{red}}}; \quad (10)$$

де ε_i – деформація осі i -тої частини бетонного перерізу

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{b,i} + \varepsilon_{\text{csc},i} + \varepsilon_{u,i}, \quad (11)$$

$\varepsilon_{b,i}$ – температурно-усадочні деформації i -тої частини бетонного перерізу;

$\varepsilon_{\text{csc},i}$ – деформації повзучості i -тої частини бетонного перерізу в i -тому інтервалі часу:

$$\varepsilon_{\text{csc},i} = \sum_{l=1}^m \sum_{j=1}^n \Delta \sigma_{bi,j} \cdot f(\sigma_{bi,j}; t_{i,j}) \cdot c(t_{i,j}; T_{i,j}^{\text{red}}; \varepsilon_{i,j}^{\text{red}}), \quad (12)$$

де
$$\varepsilon_{i,j=n}^{\text{red}} = \frac{T_{i,j=n}^{\text{red}} + T_{i,j=n-1}^{\text{red}}}{2}; \quad (13)$$

$$\varepsilon_{u,i} = \frac{\sigma_{b,i}}{E_{b,i}} - \frac{\sigma_{b,i}}{E_b}. \quad (14)$$

Деформації, напруження і площа перерізу після утворення тріщин у розірваних смужках бетону приймаються рівними нулю;

8) Визначаються прирости деформацій арматури:

$$\Delta \varepsilon_s = \Delta \varepsilon_{s,i} + \Delta \varepsilon_{su,i}; \quad (15)$$

де $\Delta \varepsilon_{s,i}$ – температурні деформації:

$$\Delta \varepsilon_{su,i} = (11,2 \cdot 10^{-6} + \Delta t_i \cdot 10^{-8}) \cdot \Delta t_i; \quad (16)$$

$\Delta \varepsilon_{su,i}$ – деформації за рахунок зміни модуля пружності арматури

$$\Delta \varepsilon_{su,i} = \frac{\Delta \sigma_s}{E_s \beta_s} - \frac{\Delta \sigma_s}{E_s}. \quad (17)$$

Температурні деформації арматури на ділянці з тріщинами визначаються з врахуванням температурно-вологісних деформацій бетону між тріщинами за формулою:

$$\Delta \varepsilon_s = (\varepsilon_{s,j} - \varepsilon_{s,j-1}) + (\alpha_{s,j} - (\varepsilon_{s,j} - \varepsilon_{s,j-1}) \cdot (t_{s,j} - t_{s,j-1})) \cdot (t_{s,j} - t_{s,j-1}) \cdot \psi_s; \quad (18)$$

9) Приріст напружень у бетонних елементах визначається за деформаціями бетону з використанням розрахункової діаграми деформування бетону:

$$\Delta\sigma_{bi,j} = \frac{E_{bi,j}}{1 - \nu_i} \cdot (\Delta\varepsilon_i - \Delta\varepsilon_{bi,j}) \quad (19)$$

10) Визначаються прирости напружень в арматурі

$$\Delta\sigma_{s,j} = \frac{E_{s,j}}{1 - \nu_i} \cdot (\Delta\varepsilon_i - \Delta\varepsilon_{bi,j}) \quad (20)$$

11) Визначаються загальні напруження в бетоні та арматурі на даному етапі;

12) У процесі розрахунку перевіряється умова тріщиноутворення, умова рівноваги, умова закриття тріщин. Умова рівноваги в розрахунковому перерізі запишеться наступним чином:

$$\sigma_{si} \cdot A_s + \sigma'_{si} \cdot A'_s + \sum_{i=1}^n \sigma_{bi,j} \pm N_j = 0. \quad (21)$$

Прийнято наступні критерії тріщиноутворення:

а) граничних напружень: $\sigma_{bi,j} \leq R_{bt,i,j}; \quad (22)$

б) граничних деформацій: $\varepsilon_{lim\ i,j} \leq 1.3 \cdot \varepsilon_o. \quad (23)$

Закриття тріщин відбувається, коли стискуюче напруження в суміжному елементі перевищить 0.5 МПа [3, 4];

13) Виконується перевірка збіжності рішення за модулями бетону та арматури, за напруженням і деформаціями в бетоні та арматурі. При різниці між цими величинами на двох суміжних ітераціях менш ніж 3% вважалось, що досягнуто збіжності процесу і обчислювався температурний момент і ширина розкриття тріщин. При невиконанні однієї з перевірок збіжності виконувалось нове наближення;

14) Тепловологісний момент визначається за формулою:

$$M_{tw,j} = (\sigma_{s,j} \cdot A_s \cdot (Z_{oj} - Z_s) + \sigma'_{s,j} \cdot A'_s \cdot (Z_{oi} - Z'_s)) + \sum_{i=1}^n \sigma_{bi,j} \cdot A_i \cdot (Z_{oj} - Z_i) \quad (24)$$

15) Визначається ширина розкриття тріщин:

$$a_{cvc} = \delta \cdot n \cdot 20 \cdot (3.5 - \mu) \cdot \exp\left(\frac{\ln 0}{3}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{s,i}}{E_{s,i}} + (\varepsilon_{s,j} - \varepsilon_{b,i})\right). \quad (25)$$

Розходження між дослідними значеннями M_{tw} у залізобетонних елементах і результатом розрахунку на ЕОМ не перевищують 0,2 – 0,3 кН·м, що складає 3 – 5 % від максимального значення тепловологісного моменту.

Висновки. Запропоновано метод експериментальної оцінки впливу високих температур і водяного охолодження на межу вогнестійкості залізобетонних плит перекриття в умовах температурного режиму реальної пожежі, приведеного до стандартного.

Встановлено, що виникаючі в процесі нагрівання й охолодження власні температурні напруження впливають на несучу здатність конструкції. У результаті впливу власних темпе-

ратурних напружень при циклічному тепловологісному впливові межа вогнестійкості плити знижується більш, ніж у два рази.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Брыжатый О.Э. Температурные усилия, прочность и трещиностойкость элементов железобетонных инженерных сооружений при циклическом одностороннем нагреве до 150 °С и увлажнении. Дисс...канд. Техн. наук: 05.05.05. –Макеевка, 1994. – 167с.
2. Яковлев А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций. – М.: Стройиздат, 1988. – 144с.
3. Кулешов Н.Н. Напряженно-деформированное состояние железобетонных изгибаемых элементов при различных температурных режимах пожара с учетом охлаждения водяными струями. Дисс...канд. техн. наук Харьков, 1995. – 198с.
4. Фомин С.Л. Расчет железобетонных конструкций на температурно – влажностные воздействия технологической и климатической среды: –Киев: УМК ВО, 1992. –153 с.

УДК-614.84

І.В. Зозуля, канд.техн.наук, І.А Воробйов., О.В. Гудименко

СТАН ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Стаття присвячена аналізу стану пожежної безпеки підприємств целюлозно-паперових виробництв України. Розглянуто стан технологічного обладнання, його вплив на рівень вибухопожежної небезпеки підприємств та проблеми його зниження. Запропоновано критерії оцінки пожежної небезпеки технологічних процесів.

Підприємства целюлозно-паперових виробництв (ЦПВ) характеризуються значною площею (20-160 га) території, високою концентрацією дорогого й унікального виробничого устаткування і великим пожежним навантаженням (до 0,5 т/м²) продукції. Кількість горючих матеріалів сягає 120 т на одиницю устаткування і тому справний стан останнього має дуже велике значення для галузі. Наприклад, на Малинській паперовій фабриці Житомирської області поряд із сучасним устаткуванням австрійських, фінських і німецьких фірм експлуатується устаткування 1947 року випуску, причому його поломки, як правило, стають причиною виникнення пожежонебезпечних ситуацій.

Проблема якісного забезпечення пожежної безпеки при експлуатації підприємств ЦПВ ускладнюється тим, що багато з них побудовані за старими проектами, у яких не могли бути враховані вимоги діючих нормативних документів [1].

До критеріїв оцінки пожежної небезпеки підприємств ЦПВ можна віднести показник дольової частини пожежонебезпечних виробництв (відношення площі будинків цехів з категоріями виробництв А, Б, В до загальної площі підприємства у відсотках) і енергетичну частку цих виробництв (добуток енергоємності підприємства на дольову частину пожежонебезпечних виробництв).

На підприємствах галузі обертається велика кількість (у тому числі і наднормативна) вибухопожежонебезпечних матеріалів: папір (95 % виробничих ділянок, складів і цехів у кількості від 20 до 250 т/рік), целюлоза, паливо-мастильні матеріали (10-180 т/рік) для ремонтних, транспортних, будівельних і інших допоміжних служб. Для виробництва окремих видів паперу (теплочутливого, діаграмного, паперу для факсів тощо) використовується технічний спирт (80-1800 м³/рік), горючі барвники, розчинники.