



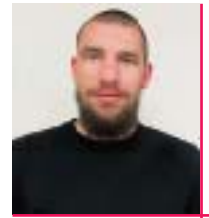
Троян В.В.



Попруга П.В.



Кіндрась Б.П.



Дурицький С.Ю.

**Троян В.В., кандидат технічних наук, доцент, КНУБА,  
Попруга П.В. кандидат технічних наук, начальник ІТЦ ПБГ «Ковальська»,  
Кіндрась Б.П., інженер-технолог центральної лабораторії ІТЦ ПБГ «Ковальська»,  
Дурицький С.Ю., інженер-технолог центральної лабораторії ІТЦ ПБГ «Ковальська», м. Київ**

## МОНІТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ТВЕРДНЕННЯ БЕТОНУ РОСТВЕРКУ ЖИТЛОВО-ОФІСНОГО ЦЕНТРУ

### Вступ

Невід'ємною частиною забезпечення бездефектності залізобетонної конструкції є вірно організований технологічний супровід її бетонування. Найбільш узагальнені вимоги щодо бетонних і залізобетонних конструкцій, в т.ч. обмеження тріщиноутворення, наведені в ДБН В.2.6-98:2009 [1]. Дані норми відповідають основним положенням і вимогам щодо безпеки і експлуатаційної придатності споруд з урахуванням навантажень, що виникають під час зведення і експлуатації монолітних конструкцій. Найбільша увага приділяється особливостям розрахунку конструкцій для забезпечення їх надійності під дією різних навантажень. Серед критеріїв надійності розглядається і тріщиностійкість. Згідно норм для конструкцій, що експлуатуються в умовах, захищених від кліматичних впливів, гранично-допустима ширина розкриття тріщин не повинна перевищувати 0,5 мм; для конструкцій, які зазнають кліматичних впливів, ширина розкриття тріщин регламентується 0,4 мм; для конструкцій, які експлуатуються в агресивних середовищах, 0,3 мм; для конструкцій з арматурою з підвищеною чутливістю до корозії 0,2 мм. Встановлені вимоги повинні бути реалізованими з врахуванням інших нормативних документів.

В ДСТУ Б В.2.6-145:2010 [2] деталізуються гранично-допустимі межі нетривалого і тривалого розкриття тріщин в бетоні конструкцій в залежності від умов їх експлуатації в слабо-, середньо- або сильноагресивному середовищі. При цьому окремо розглядаються вимоги до залізобетонних конструкцій, що експлуатуються при дії газоподібних, рідких та твердих агресивних середовищ. В цілому за цим стандартом максимальним значенням гранично-допустимої межі нетривалого розкриття (зворотні деформації бетону) тріщин в залізобетонних конструкціях – є 0,25 мм, тривалого розкриття (незворотні деформації бетону) – 0,2 мм.

Для мінімізації ризику утворення тріщин в масивних бетонних конструкціях внаслідок власного термонапруженого стану залізобетону існує ряд нормативних обмежень, рекомендаційного характеру [3], а саме градієнти температур в конструкції не повинні перевищувати:

- між ядром і бічною поверхнею (горизонтальні градієнти) -18 °С;
- між ядром і верхньою поверхнею (вертикальні градієнти) – 16 °С;
- між ядром і нижньою поверхнею (вертикальний градієнт) – 16 °С.

Швидкість охолодження бетону масивних конструкцій з модулем поверхні менше 4 визначається розрахунком і у загальному випадку не повинна перевищувати 1 °С / добу.

З метою вибору режиму технологічного супроводу, що забезпечить мінімальні напруження в масивних бетонних конструкціях доцільно завчасно здійснювати моделювання термонапруженого стану залізобетону. Для одержання моделі тепловиділення бетону максимально наближеної до реальних умов тверднення, доцільно виконувати дослідження тепловиділення бетону номінального складу в адіабатичному калориметрі за ДСТУ Б В.2.7-225:2009 [4].

Так, для мінімізації тріщиноутворення в масиві монолітного ростверку житлово-офісного центру з об'єктами соціально-культурного призначення на вул. Димитрова / Анрі Барбюса, 1/2 (літ. «а») у Печерському районі м. Києва в центральній лабораторії інноваційно-технологічного центру ПБГ «КОВАЛЬСЬКА» були розроблені оптимальні склади бетонних сумішей класом по міцності С25/30 та визначено їх тепловиділення в адіабатичному калориметрі по методиці ДСТУ Б В.2.7-225:2009 (рис. 1).

При бетонуванні використовувалася бетонна суміш складу №2, в якому були реалізовані заходи щодо зниження екзотермії бетону за рахунок зниження витрати цементу, введення золи-випносу та комплексу добавок STACHEMA, що включає пластифікатор та сповільнювач.

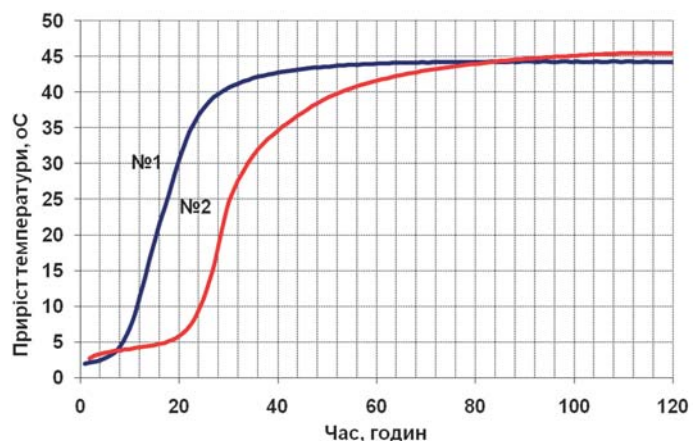


Рис. 1. Зміна температури досліджуваних складів бетонів в адіабатичному калориметрі

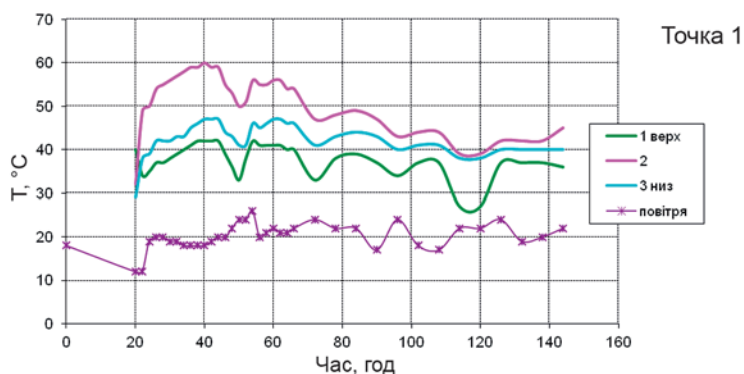


Рис. 2. Зміна температури бетону робочого складу в точці 1 ростверку

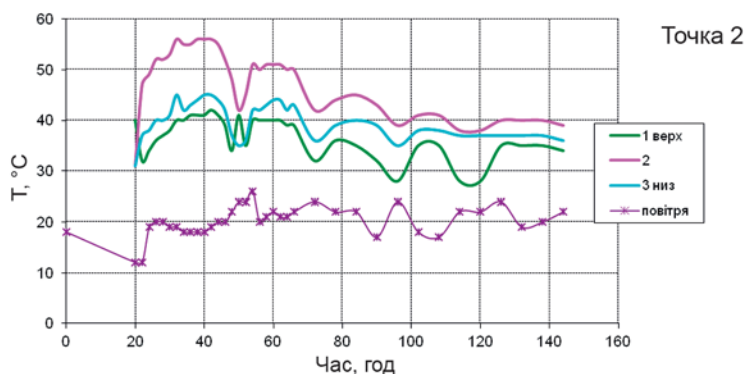


Рис. 3. Зміна температури бетону робочого складу в точці 2 ростверку

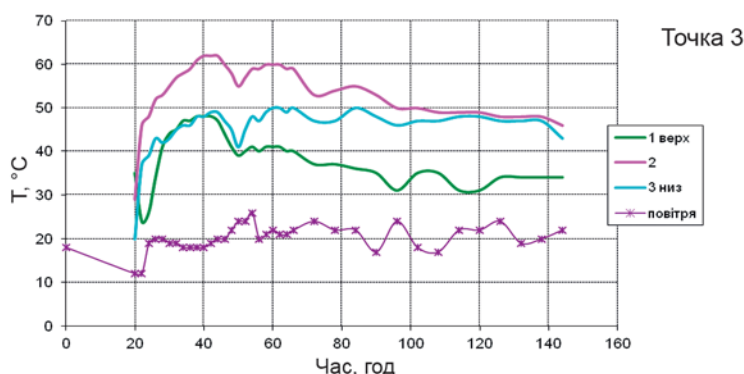


Рис. 4. Зміна температури бетону робочого складу в точці 3 ростверку

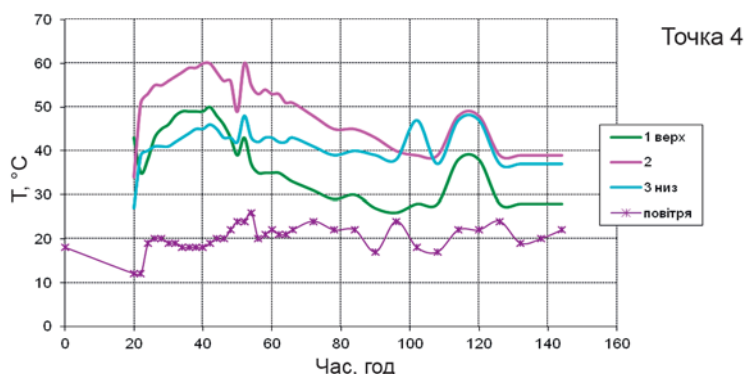


Рис. 5. Зміна температури бетону робочого складу в точці 4 ростверку

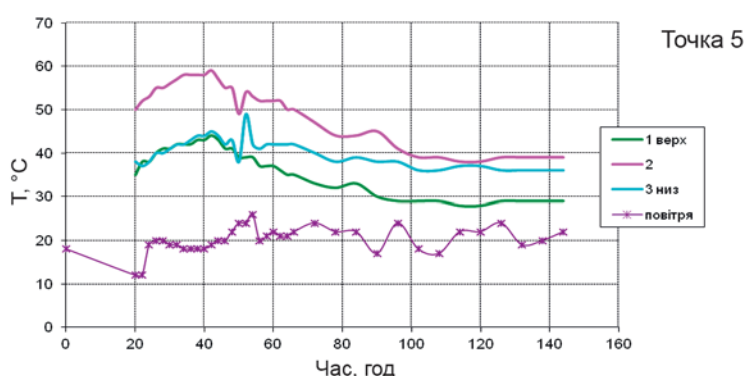


Рис. 6. Зміна температури бетону робочого складу в точці 5 ростверку

З метою контролю температурного режиму тверднення бетону перед бетонуванням ростверку житлово-офісного центру виконувалися розміщення термодатчиків. Всього встановлено 15 термодатчиків, які являлися собою термометри опору Pt1000. На одній точці встановлювалося по 3 термодатчика по висоті конструкції.

Вимірювання температури виконувалося кожні дві години розпочинаючи із 20 по 66 годину від початку бетонування і 4 рази на добу до завершення періоду вимірювання (144 година після початку укладання бетонної суміші в конструкцію). Результати моніторингу температури в ростверку наведені на рис. 2–6.

Як видно з рис. 2–6, температура бетону не перевищувала допустимого показника 65 °С, тобто ризик формування вторинного етрингіту відсутній. Перепади температури по перетину конструкції не перевищували 16 °С, що задовольняє вимогам ВСН 31–83 [3], технологічного регламенту 11-09/13-294ТР та Рекомендцій [5].

#### Висновки

Результати моніторингу температурного режиму тверднення бетону плити ростверку дозволяють зробити наступні висновки:

1. Максимальна температура в ядрі бетону не перевищує 62 °С, тобто ризик формування вторинного етрингіту, що викликає тріщиноутворення цементної матриці бетону, відсутній.
2. Різниця температури між ядром і поверхнями конструкції не перевищує 16 °С, що відповідає рекомендаціям ВСН 31-83 та технологічного регламенту 11-09/13-294ТР відносно допустимих перепадів температур, в масивних монолітних конструкціях.
3. Як результат вірно організованого технологічного супроводу тверднення бетону плити ростверку, тріщиноутворення внаслідок виникнення термонапруженого стану не спостерігалось.

#### Посилання:

1. ДБН В.2.6-98:2009
2. ДСТУ Б В.2.6-145:2010
3. ВСН 31-83 «Правила виробництва бетонних робіт при возведенні гидротехнических сооружений»
4. ДСТУ Б В.2.7-225:2009 «Бетони. Метод визначення тепловиділення при твердненні»
5. Рунова Р.Ф., Москаленко О., Троян В.В., Руденко І.І. Рекомендації щодо уникнення температурних тріщин в бетоні масивних конструкцій. – Київ, Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА), ТОВ «МЦ Баухемі», 2013. – 37 с.