

УДК 624.046.2

**ВПЛИВ ЗНАКОЗМІННОЇ ТЕМПЕРАТУРИ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ  
СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛОК**

**INFLUENCE ALTERNATING TEMPERATURES ON THE CARRYING  
CAPACITY REINFORCED CONCRETE BEAMS**

**Добрянський І.М., д.т.н., Фамуляк Ю.Є., к.т.н., Грицевич А.Ю.**  
(Львівський національний аграрний університет м. Дубляни)

**Dobriansky I.M., doctor of technical sciences, Famulyak J.E., candidate of  
technical sciences, Gritsevich A.Y.** (Lviv national agrarian university of  
Dublyany)

**В сталобетонних пролітних конструкціях з'єднуються сталеві і бетонні елементи, теплопровідність матеріалів яких відрізняється приблизно в 50 разів. Це призводить до виникнення великих різниць температур між бетоном і сталлю за умов зниження температури навколишнього середовища. Ця обставина змушує враховувати для сталобетонних пролітних конструкцій не тільки загальні зміни температури конструкції в цілому але і різниці температур різних частин в різних точках поперечного перерізу конструкції.**

**Steel and concrete elements are connected in steel concrete span constructions. Thermal conduction of the materials of these elements differs about 50 times and it leads to large temperature difference between concrete and steel. Under such circumstances it is necessary for steel concrete span constructions to take into consideration not only total changes of temperature of the construction as a whole but also the temperature difference between different parts at different points of the cross-section of the construction.**

**Ключові слова:**

Сталобетон, фізико-механічні властивості, знакозмінна температура, морозостійкість, деформація, корозія.

Steel concrete, physical and mechanical properties, alternating temperature, frost resistance, deformation, corrosion.

**Постановка проблеми.** Різниця температур в сталобетонних пролітних конструкціях виникає головним чином від того, що температура сталеві частини конструкції, що має високу теплопровідність, відчутно реагує на добові (сезонні) коливання температури повітря, ніж мало-теплопровідна залізобетонна частина.

Перші сталобетонні пролітні конструкції не розраховували на різницю температур. Практикувати такі розрахунки почали в нашій країні і за кордоном тільки з початком застосування сталобетонну в залізничних мостах, підкранових балках, для яких температурні напруження мають велике значення у зв'язку з відносно меншими напруженнями від постійних навантажень і впливів. В даний час ці розрахунки обмежуються розглядом бетонного кубу на морозостійкість за методикою згідно [1, 2] або приймали різні прямолінійні епюри різниці температур.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Існуючі методики щодо розрахунку сталобетонних і залізобетонних конструкцій не дозволять точно оцінити вплив від'ємних температур, бо при розгляді даної проблеми виникають суперечності.

Дослідження, проведені в нас і за кордоном протягом останніх тридцяти років, дозволили виявити загальну картину механізму замерзання затверділого бетону. В даний час запропоновано кілька гіпотез про причини руйнування бетону при заморожуванні:

- а) від кристалізаційного тиску льоду [3];
- б) від гідравлічного тиску, що виникає в капілярах внаслідок відтиску води із зони замерзання [4];
- в) від гідростатичного тиску в порах і капілярах внаслідок виникаючих тангенціальних напружень розтягу в стінках капілярів [5];

У роботах автори наводять методики (алгоритми) розрахунку залізобетонних конструкцій при від'ємних температурах, але сталобетонні конструкції відрізняються тим, що не мають захисного шару бетону. Тому дані розрахунки для сталобетонних конструкцій не описують в повній мірі роботу та поведінку таких конструкцій при циклічній дії від'ємних температур.

**Постановка завдання.** Визначення негативного впливу знакозмінної температури на несучу здатність та експлуатаційну надійність сталобетонних конструкцій на прикладі сталобетонних балок.

**Виклад основного матеріалу.** З точки зору впливу клімату на бетонні конструкції можна скористатися параметрами стандарту ISO, що класифікує клімат за його впливом на бетон і залізобетон. Основами параметрами прийняті: температура повітря, вологість повітря й число переходів через 0°C. З позицій впливу на бетон важлива температура найбільш холодного місяця в комбінації з вологістю. Для корозійної стійкості арматур важливі температура й вологість повітря в теплу пору року. Якщо бетон періодично заморожується й відтає, не менш значиме й число циклів заморожування й відтавання, яке залежить від числа переходів температури через 0°C.

У стандарті ISO прийнято чотири градації впливів заморожування й відтавання: 25, 50, 100 і більше 100 переходів температури через 0°C у рік.

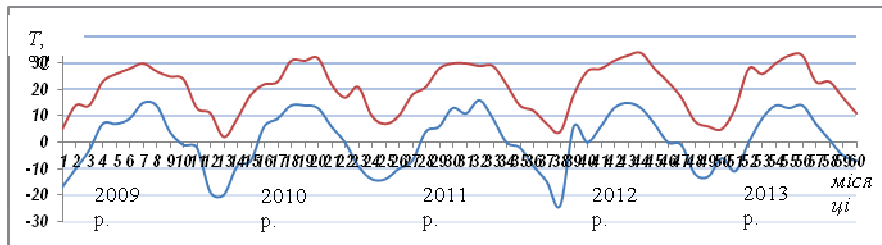


Рис. 1. Зведений графік температур в період з 01.01.2009 по 31.12.2013 за даними метеостанції (WMO ID) 33393 «Аеропорт» м. Львів

Низькі температури повітря, значні її перепади й особливо багаторазові переходи температури повітря через  $0^{\circ}\text{C}$  викликають негативний вплив на несучу здатність та експлуатаційну надійність конструкцій. Результати таких циклічних переходів через  $0^{\circ}\text{C}$  можна виокремити в наступні прояви:

- зниження в процесі експлуатації несучої здатності і зміну деформаційних характеристик матеріалів конструкції, що призводять до скорочення терміну експлуатації;
- прискорення процесів корозії матеріалів;
- виникнення температурних деформацій, що погіршують експлуатаційні якості конструкції;
- виникнення в конструкції додаткових зусиль від зміни температури;
- необхідність проведення додаткових технологічних процесів і добавок при виготовленні конструкцій.

Тому для подальшої теоретичної оцінки впливу знакозмінної температури на несучу здатність і експлуатаційну надійність сталевих бетонних конструкцій проведено ряд експериментально-теоретичних досліджень щодо вивчення фізико-механічних властивостей листової арматури і бетону різних класів при охолодженні і відтаюванні (нагріванні).

Для вирішення задач досліджень були виготовлені і досліджені однопролітні сталеві бетонні балки в яких для сприйняття розтягуючих зусиль прийнята листові арматура періодичного профілю.

Конструкція дослідних зразків представлена на рис. 1.1.

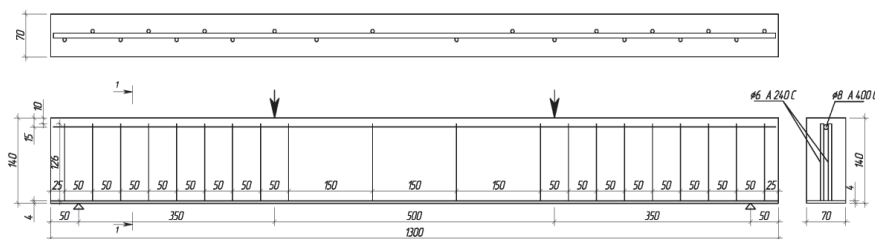


Рис.1.1. Конструкція і армування дослідних сталевих бетонних балок серії Б1 – Б3  
Дослідження балок включали три різні умови:

Навантаження балок при нормальних природних умовах роботи  $T = 20^\circ \dots 25^\circ\text{C}$ ;

Навантаження балок після певної кількості циклів замороження і відтаювання не пізніше ніж на 5 добу після відтаювання  $T = +18 \pm 4^\circ\text{C} \dots -30 \pm 4^\circ\text{C}$ ;

Випробовування балок після 20 циклів занурення у 5% соляний розчин (NaCl) на термін промерзання балки (24 години) і просихання їх при температурі  $+18 \pm 4^\circ\text{C}$  на термін відтаювання 12 год.

Дослідження залізобетонних, сталобетонних конструкцій проводилось згідно методики яка описана в [1, 2]. Основне положення за даною методикою – це встановлення міцності бетону, після певної кількості циклів замороження-відтаювання. Також виходячи з даного положення можна стверджувати, що руйнування конструкції або зниження несучої здатності зводиться до розрахунку міцності бетону у стиснутій частині конструкції після корозійних впливів змінної температури.

Дослідні балки разом з кубиками та призмами перебували в морозильній камері при  $T = -30 \pm 2^\circ\text{C}$  24 години після чого поміщалися в 5% соляний розчин терміном на 12 годин. Замороження балок відбувалося в низькотемпературній лабораторній камері Vestfrost VT 407 з мінімальною температурою  $-40^\circ\text{C}$  (рис. 2).

Для визначення швидкості промерзання балки і температури в тіло балки було введено 10 термопар (рис. 3, 4, 5).



Рис. 2. Морозильна камера Vestfrost VT 407 з дослідними зразками

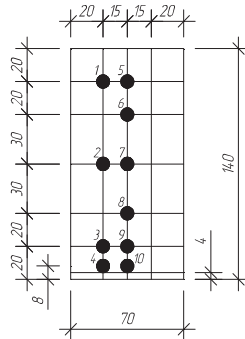


Рис. 3. Схема розміщення точкових термопар для визначення температури в тілі балки



Рис. 4. Забір температури в тілі балки

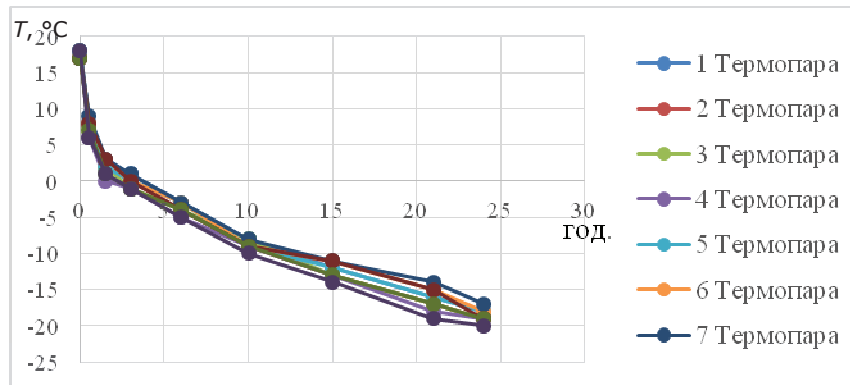


Рис. 5. Швидкість промерзання балки за термопарами

Згідно показників термопар можна визначити, що повне промерзання балки відбувалося за 24 год. при температурі середовища камери  $-30 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Експериментальними дослідженнями, методом мікроскопії, було встановлено, що в бетоні ще до його завантаження, після замороження-відтаювання в залежності від марки бетону і кількості циклів та ряду інших чинників виникають мікротріщини. Ці мікротріщини поділяють на два види. Перший вид – мікротріщини на межі з'єднання металевих елементів з бетоном. Їх назвали мікротріщинами зони зчеплення.

Другий вид – мікротріщини безпосередньо в цементно-піщаному камені.

Тобто вважається вірогідно встановленим фактом наявність у бетоні (залізобетоні) мікротріщин ще до статичного навантаження (рис. 6).

**Висновки.** За результатами експериментально-теоретичних досліджень можна стверджувати наступне:

1. Досліджувані конструкції сталобетонних балок та використані при цьому прилади дозволили отримати якісну картину роботи таких конструкцій під навантаженням після впливу знакозмінної температури.
2. Існуючі методики випробування на морозостійкість не враховують особливостей сталобетонних конструкцій.
3. Експериментально було встановлено, що в бетоні ще до його завантаження, після замороження-відтаювання в залежності від марки бетону і кількості циклів та ряду інших чинників виникають мікротріщини.

Опрацювавши результати досліджень можна стверджувати, що несуча здатність сталобетонних балок після впливу знакозмінних температур зменшується більше ніж кубика. Це добре видно на нижче наведених графіках.

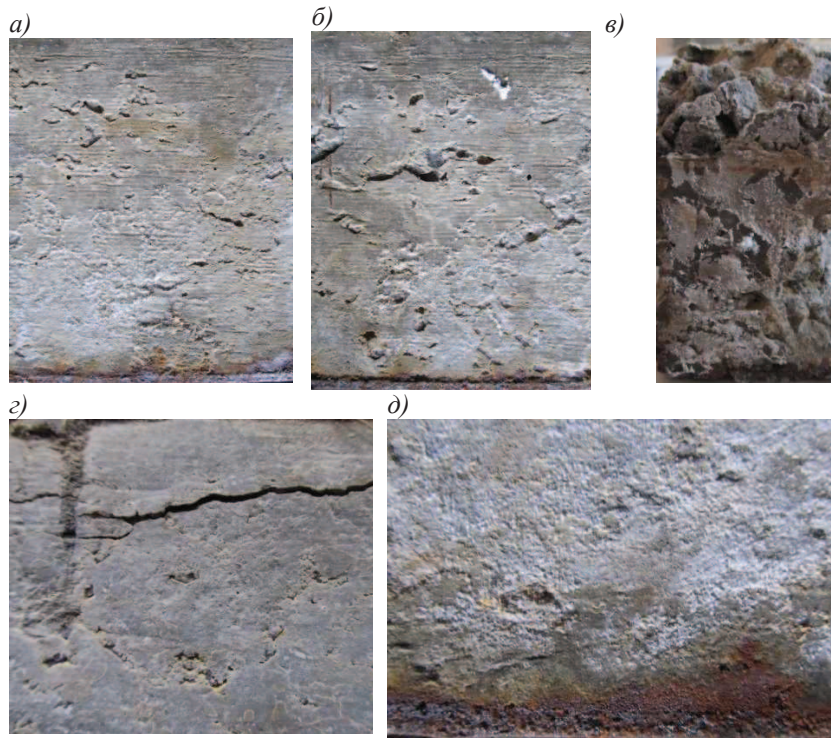


Рис. 6. Температурно-корозійні тріщин внаслідок впливу знакозмінної температури у дослідних балках серії Б1 (бетон С12/15)  
 а) – 10 циклів; б) – 20 циклів; в) – корозія торця балки після 30 циклів; г) – фрагмент тріщини у верхній частині балки після 30 циклів; д) – корозійні прояви в зоні щеплення металевого листа з бетоном після 20 циклів

1. ДСТУ Б В.2.7-47-96 (ГОСТ 10060.0-95). Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги.
2. ДСТУ Б В.2.7-49-96 (ГОСТ 10060.2-95) Будівельні матеріали. Бетони. Прискорені методи визначення морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаюванні.
3. Меркулов С.И., Дворник В.М., Пахомова Е.Г. Работоспособность железобетона в условиях воздействия агрессивных сред // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2006. – № 1. – С. 25.
4. Powers T. C. A Working Hypothesis for Further Studies of Frost Resistance of Concrete. Journal of the Amer. Concrete Inst., vol. 16, Nr. 4, 1965.
5. Горчаков Г. И. О давлении воды, замерзающей в капиллярах цементного камня. Морозостойкость бетонов. Труды НИИЖБ, вып. 12, Госстройиздат, 1959.