

РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЯХ МОСТІВ

У даній роботі складено модель для аналізу теоретичного розподілу температури за проникненням в залізобетонних балкових мостових конструкціях та приведені експериментальні результати розподілу температури по їх поверхні за допомогою тепловізора testo-875-1.

Ключові слова: модель, розподіл температури, залізобетонна конструкція, балка, тепловізор

Вступ

При проектуванні мостів і шляхопроводів одним з постійно діючих навантажень є кліматичні температурні впливи.

Згідно вимог ДБН В.2.3-14 [1], нормативні температурні кліматичні впливи необхідно враховувати при розрахунках за граничними станами другої групи для мостів усіх систем. Визначення розрахункових температур при цьому базується на нормативній температурі довкілля (температура повітря в теплий і холодний періоди року). Температуру елементів із складним поперечним перерізом рекомендовано визначати за значенням середньозваженої температури окремих елементів (стінок, полиць та ін.). При цьому середню у перерізі нормативну температуру елементів чи їх частин рекомендується приймати рівною:

- для бетонних і залізобетонних елементів у холодний період року, а для металевих конструкцій у будь-яку пору року – нормативній температурі довкілля;

- для бетонних і залізобетонних елементів у теплий період року – нормативній температурі довкілля за винятком величини, що чисельно рівна $0,2a$, але не більше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, де a – товщина елемента чи його частини в сантиметрах, включаючи дорожній одяг проїзної частини автодорожніх мостів.

У найпоширеніших зарубіжних нормативних документах AASHTO [2] (American Association of State Highway and Transportation Officials) обумовлюються граничні значення розрахункових температур для металевих, бетонних та дерев'яних елементів мостів для умов помірного та холодного клімату (табл. 1).

При проектуванні мостів за цими нормами приймається розподіл температур за перерізом елементів прогонових будов з урахуванням позитивних та негативних градієнтів, які також задаються нормами. Норми враховують нелінійний характер розподілу температури по глибині конструкції.

Таблиця 1

Інтервали змін температури за нормами AASHTO

Climate	Steel Aluminum (°C)	Concrete (°C)	Wood (°C)
Moderate	-15 to 50	-12 to 27	-12 to 24
Cold	-35 to 50	-18 to 27	-18 to 24

При розрахунку прогонових будов мостів від нерівномірного нагрівання сонцем, за російськими нормами [3], необхідно враховувати дев'ять розрахункових випадків впливу температури на конструкції мостів. Наведемо деякі з них:

I – добовий хід температури повітря в сполученні з дією сонячної радіації на вертикальну поверхню;

II – різке зниження температури повітря;

III – добовий хід температури повітря у сполученні з дією сонячної радіації на горизонтальну поверхню;

IV – різке підвищення температури повітря;

VIII – річне (міжсезонне) коливання температури повітря з врахуванням дії сонячної радіації.

У білоруських нормативних документах EN_1991-1-5-2009 [4] розглянуті температурні перепади для різних типів конструкцій при їх охолодженні та нагріванні.

На рис. 1 наведені дані по кількості дефектних залізобетонних та металевих прогонових будов мостів Укрзалізниці станом на 01.01.2012 р.

Як видно (див. рис. 1), близько 6 % залізобетонних та 12 % металевих прогонових будов залізничних мостів не відповідають вимогам зазначених нормативних документів.

Розбіжності в українських та закордонних нормативних документах, щодо розподілу температури у мостових конструкціях, відсутність експериментальних та теоретичних даних розподілу температури у залізобетонних прогонових будовах автодорожніх і залізничних мостів України та значна кількість дефектних прогоно-

вих будов мостів ставить перед дослідниками задачу визначення розподілу температури у мостових конструкціях.

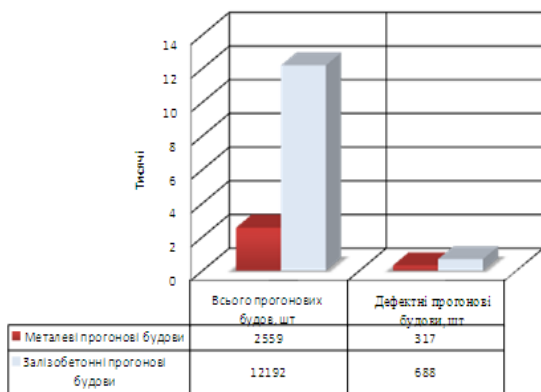


Рис. 1. Кількість дефектних прогонових будов залізничних мостів

Мета дослідження: визначити теоретично та експериментально розподіл температури у залізобетонних прогонових будовах мостів.

Модель розрахунку поперечного розподілу температури

Для того, щоб описати поступове зниження температури у поперечному напрямку залізобетонної балки, в цьому дослідженні була запропонована модель другого порядку, яка наведена на рис. 2.

а)



б)



Рис. 3. Експериментальні вимірювання розподілу температури у мостових конструкціях за допомогою тепловізора testo 875-1:

а) – загальний вигляд тепловізора testo 875-1; б) – процес вимірювання температури

Об'єктами дослідження розподілу температури поверхнею залізобетонних балок були залізничні мости перегону Підзамче – Львів Львівської залізниці 1476 км пкб та 1477 км пк1. Після вимірювання весь експерименталь-

ний матеріал аналізувався у лабораторних умовах з використанням персонального комп'ютера (рис. 4). Результати аналізу наведені на рис. 5, 6 і 7 (міст на 1476 км пкб) та рис. 11, 12 і 13 (міст на 1477 км пк1).

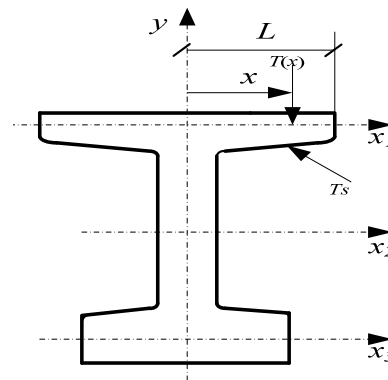


Рис. 2. Модель поперечного розподілу температури

Перепад температури розраховується за рівнянням (1)

$$T(x) = T_s \left(\frac{x}{L} \right)^2, \quad (1)$$

де $T(x)$ – температура на відстані x по довжині балки; T_s – температура поверхні балки; x – відстань до точки знаходження температури; L – довжина поверхні.

З 28 лютого по 3 березня 2012 р. проводились експериментальні дослідження розподілу температури по залізобетонних мостових конструкціях. Вимірювання температури поверхні здійснювалось тепловізором testo 875-1 (рис. 3, а, б) згідно методики, яка наведена в інструкції [5], щодо використання тепловізора.

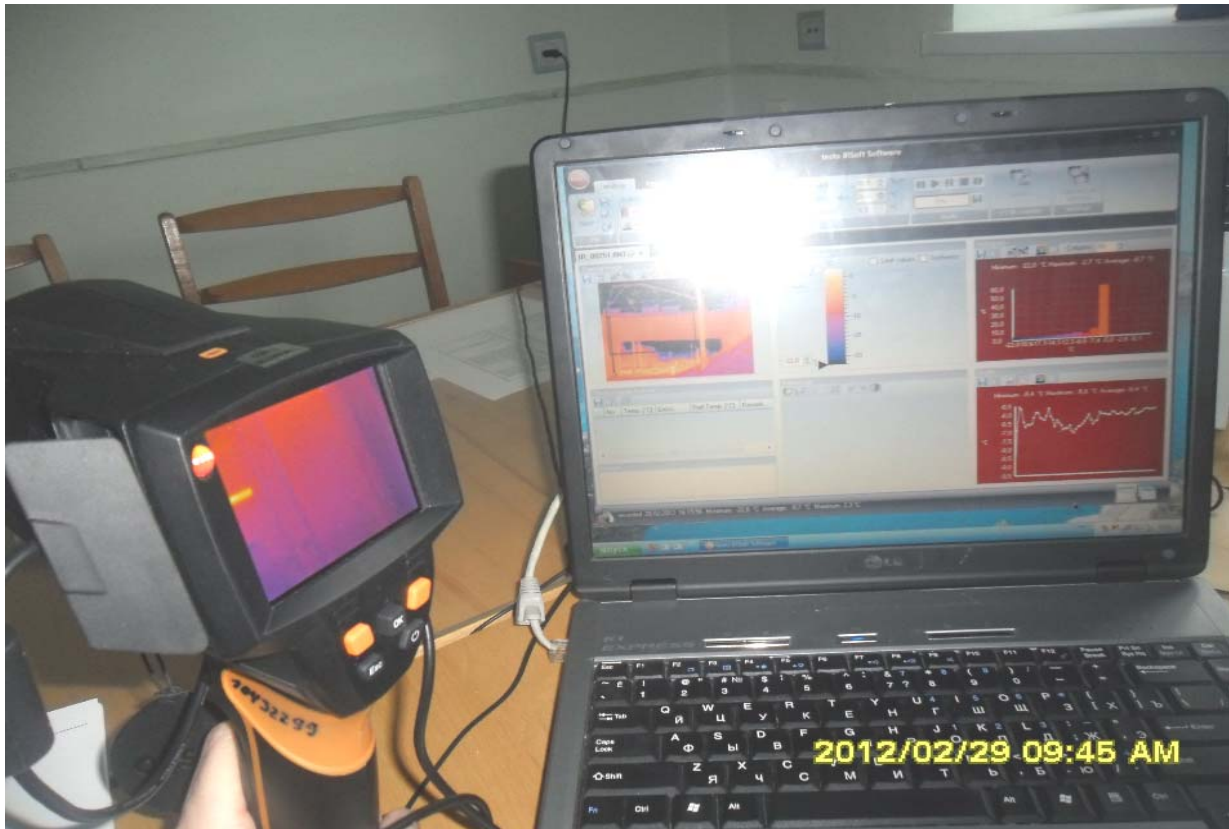


Рис. 4. Процес оброблення експериментальних вимірювань температури у лабораторних умовах

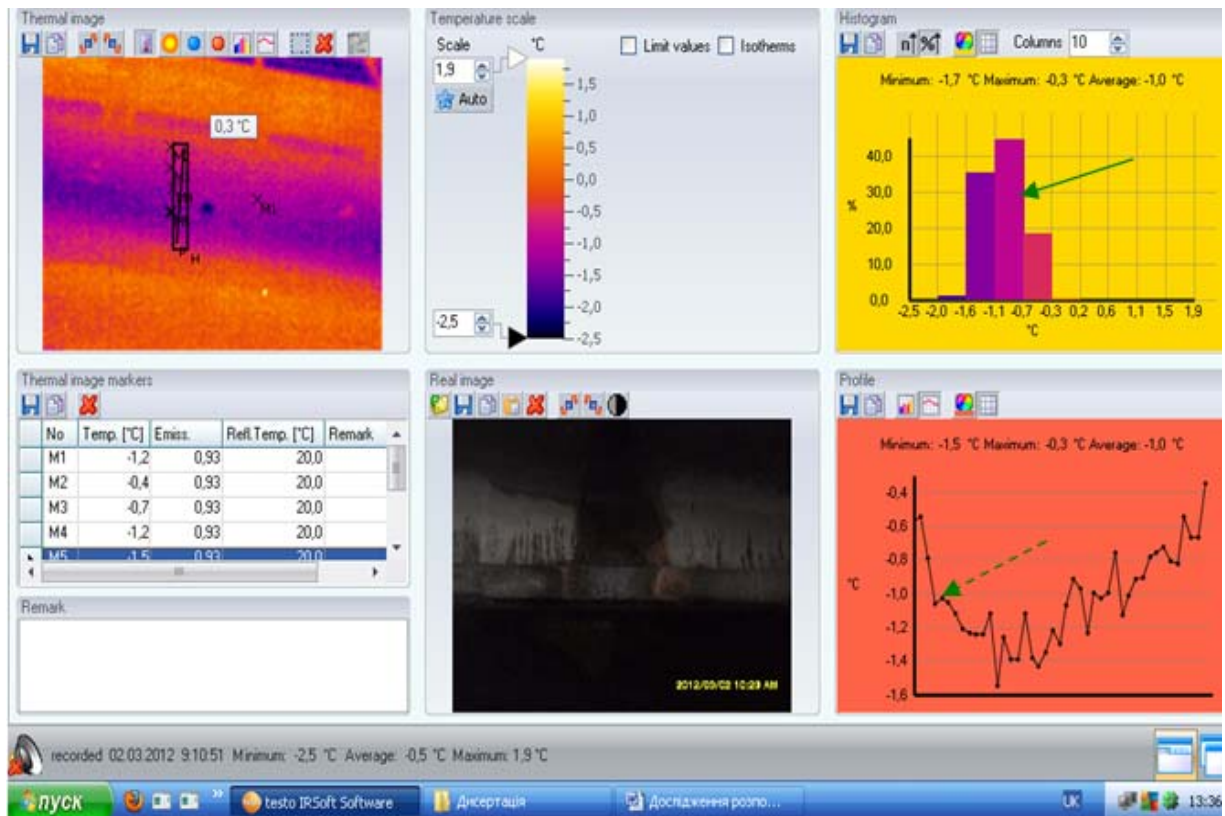


Рис. 5. Температурний градієнт верхньої полички залізобетонної балки залізничного моста перегону Підзамче – Львів 1476 км ПКб

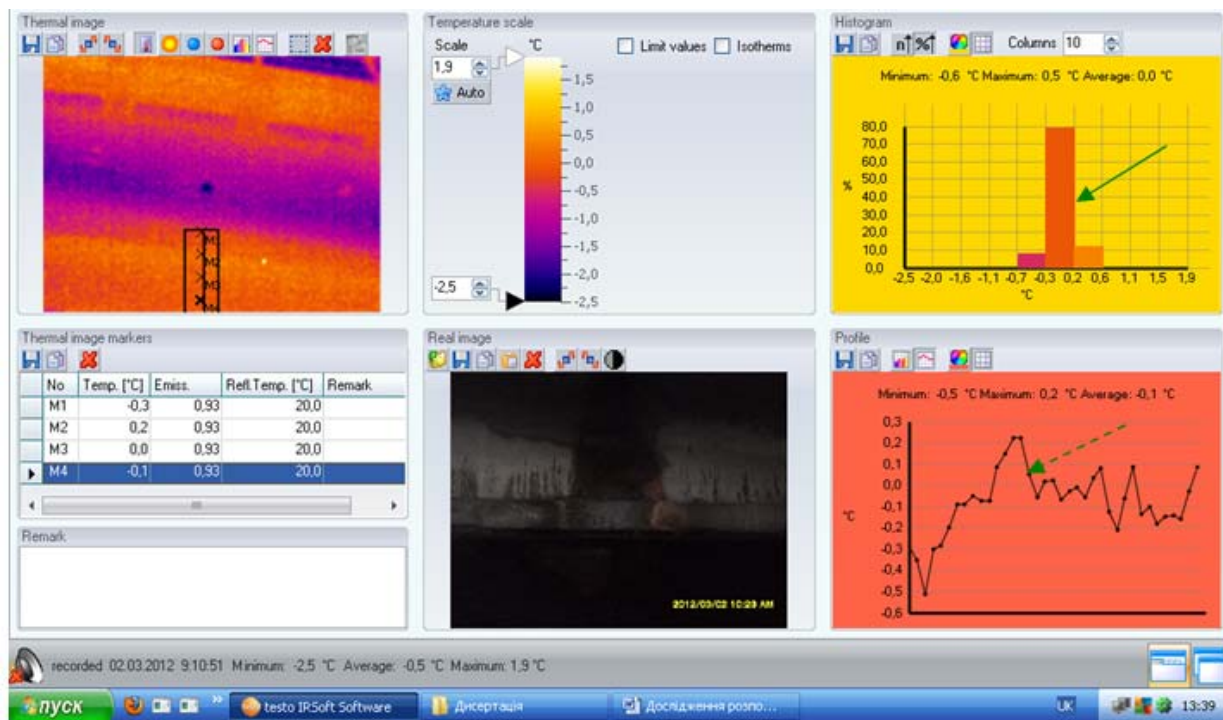


Рис. 6. Температурний градієнт стінки залізобетонної балки залізничного моста перегону Підзамче – Львів 1476 км ПК6

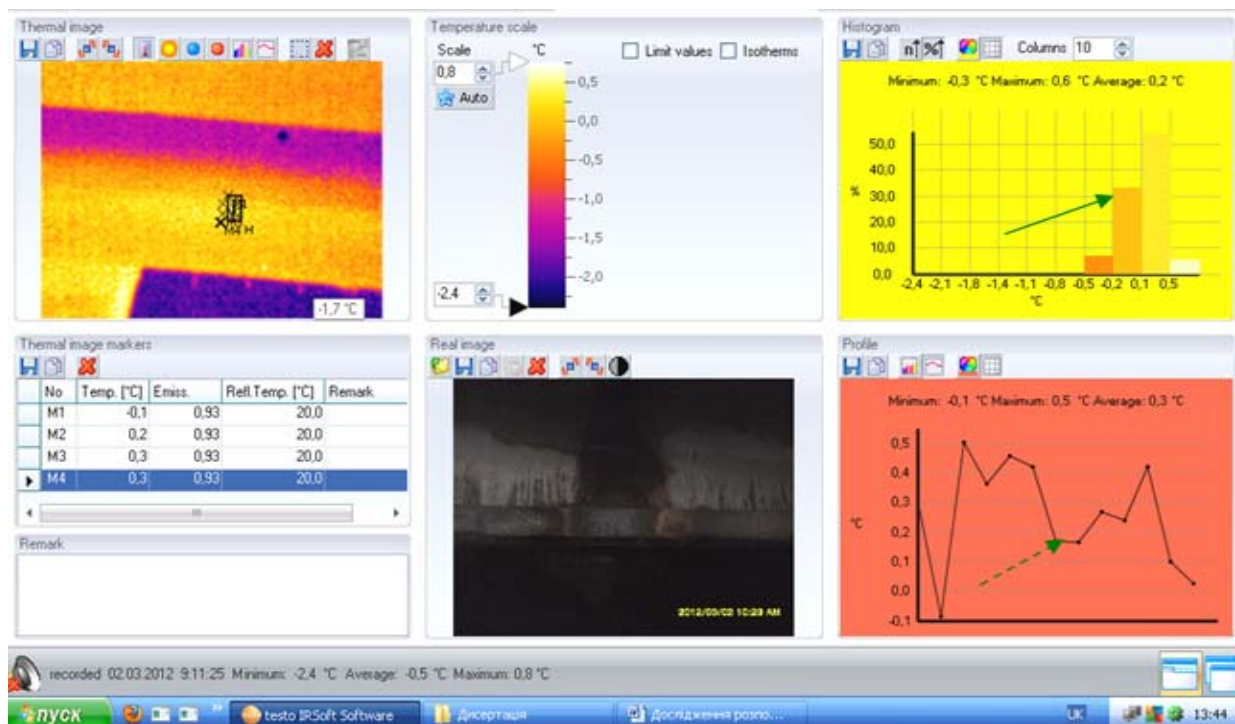


Рис. 7. Температурний градієнт нижньої полицки залізобетонної балки залізничного моста перегону Підзамче – Львів 1476 км ПК6

Із температурного профілю (див. рис. 5, 6 і 7) залізобетонних балок моста (показаний стрілками із штрихпунктирних ліній) видно, що температура розподіляється не однаково по перерізу балки, так найнижчі температурні градієнти, при температурі зовнішнього середовища

+3 °C, були зафіксовані у верхній полицці залізобетонної балки (див. рис. 5) від -0,6 °C до -1,6 °C. У стінці балки (див. рис. 6) температура змінювалась у межах від -0,5 °C до +0,2 °C. Найвища температура була у нижній полицці балки (див. рис. 7) від -0,1 °C до +0,5 °C

Гістограми розподілу температури (див. рис. 5, 6 і 7) залізобетонними балками моста (показані стрілками із суцільною лінією) показують, що максимальну кількість разів температура поверхні у верхній полиці (див. рис. 5) зустрічається у межах від $-1,1^{\circ}\text{C}$ до $-0,7^{\circ}\text{C}$ близько 43,5 %, у стінці (див. рис. 6) – від $-0,3^{\circ}\text{C}$ до $+0,2^{\circ}\text{C}$ –

80,5 % та у нижній полиці (див. рис. 7) – від $+0,1^{\circ}\text{C}$ до $+0,4^{\circ}\text{C}$ – 52 %.

Результати обчислення поперечних температурних градієнтів, за експериментальними вимірюваннями температури поверхні, наведені на рис. 8, 9 і 10.

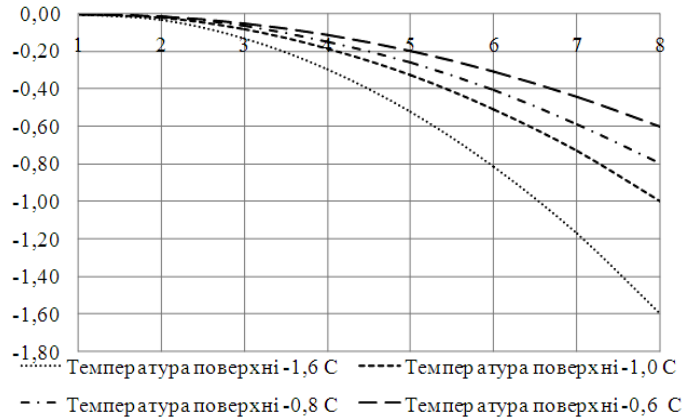
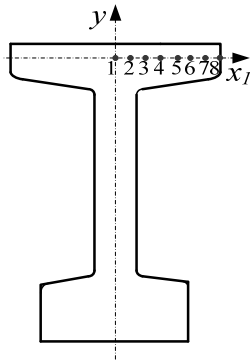


Рис. 8. Результати дослідження зміни температури у верхній полиці залізобетонної балки залізничного моста перегону Підзамче – Львів 1476 км ПК6

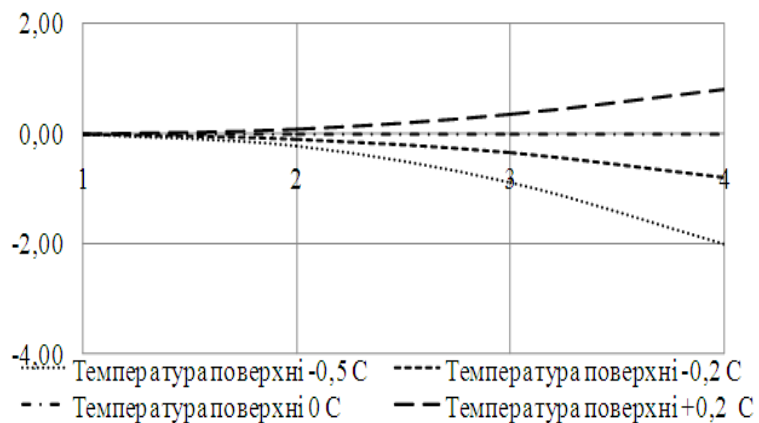
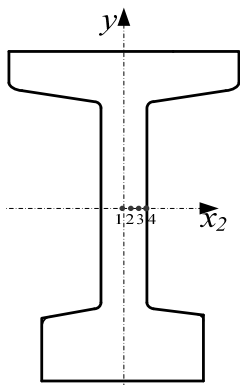


Рис. 9. Результати дослідження зміни температури по середині стінки залізобетонної балки залізничного моста перегону Підзамче – Львів 1476 км ПК6

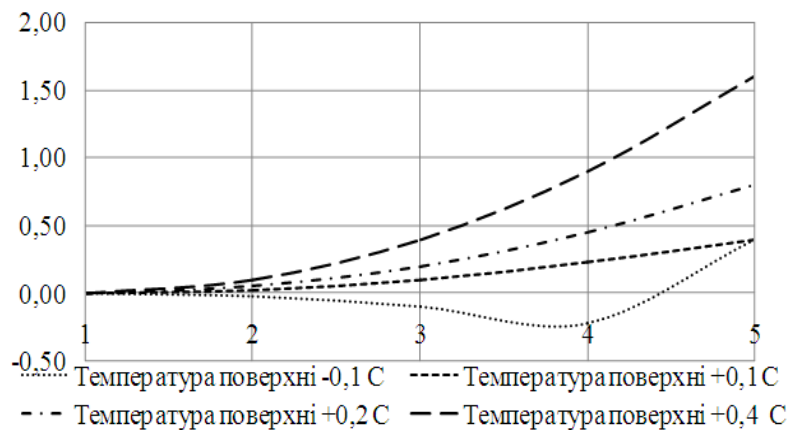
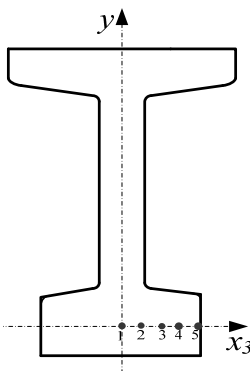


Рис. 10. Результати дослідження зміни температури у нижній полиці залізобетонної балки залізничного моста перегону Підзамче – Львів 1476 км ПК6

Розглянемо розподіл температури по залізобетонних прогонових будовах моста перегону

Підзамче – Львів 1477 км пк1 Львівської залізниці.

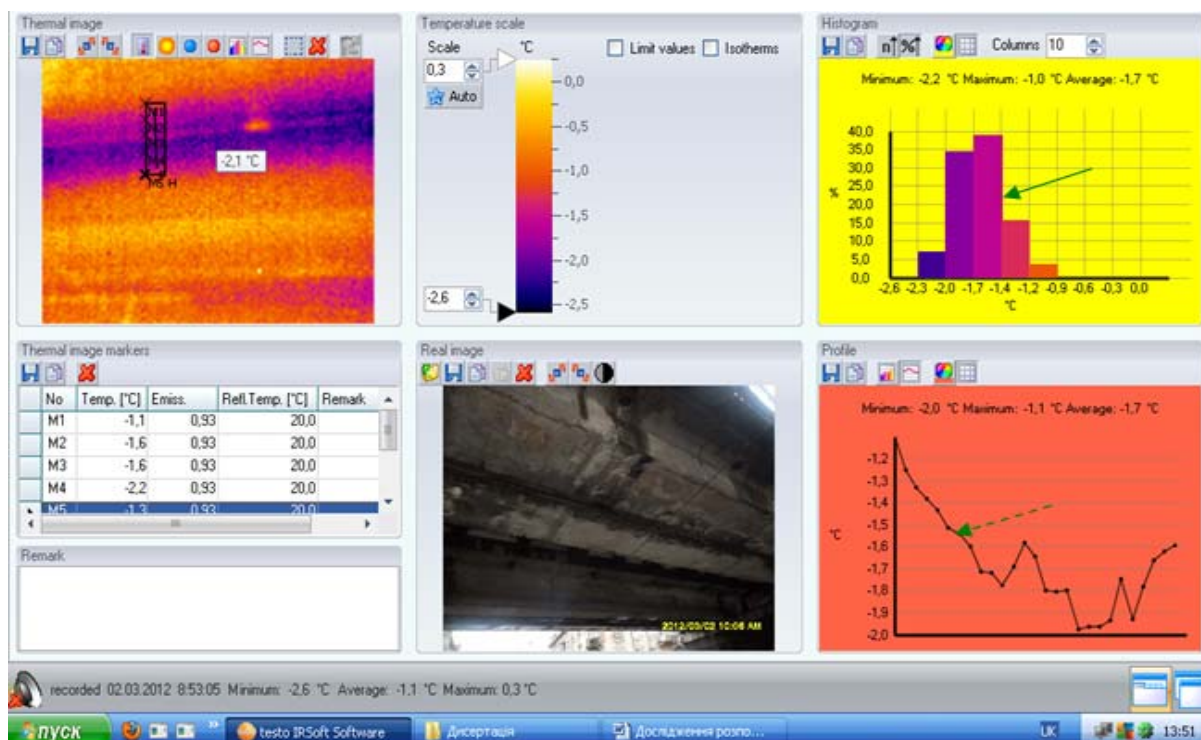


Рис. 11. Температурний градієнт у верхній полиці залізобетонної балки залізничного моста перегону Підзамче-Львів 1477 км пк1

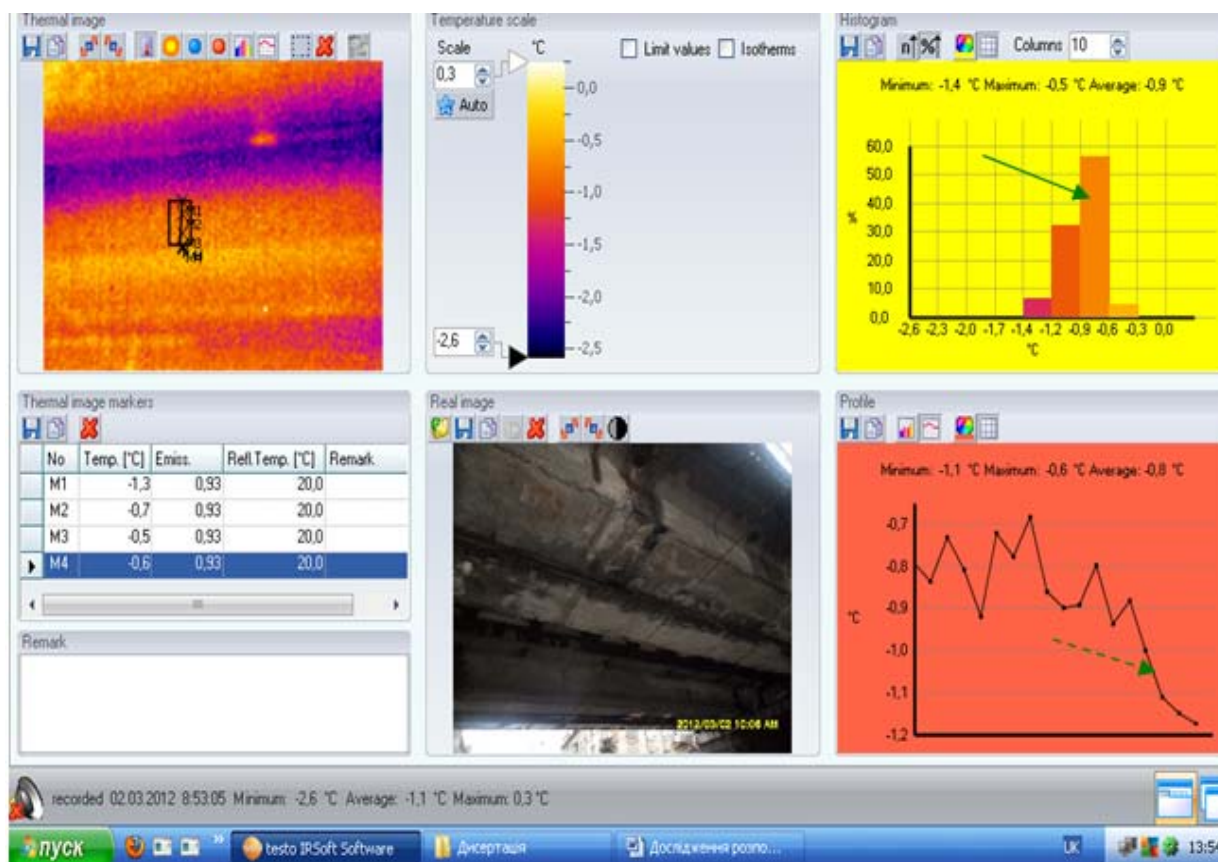


Рис. 12. Температурний градієнт стінки залізобетонної балки залізничного моста перегону Підзамче – Львів 1477 км пк1

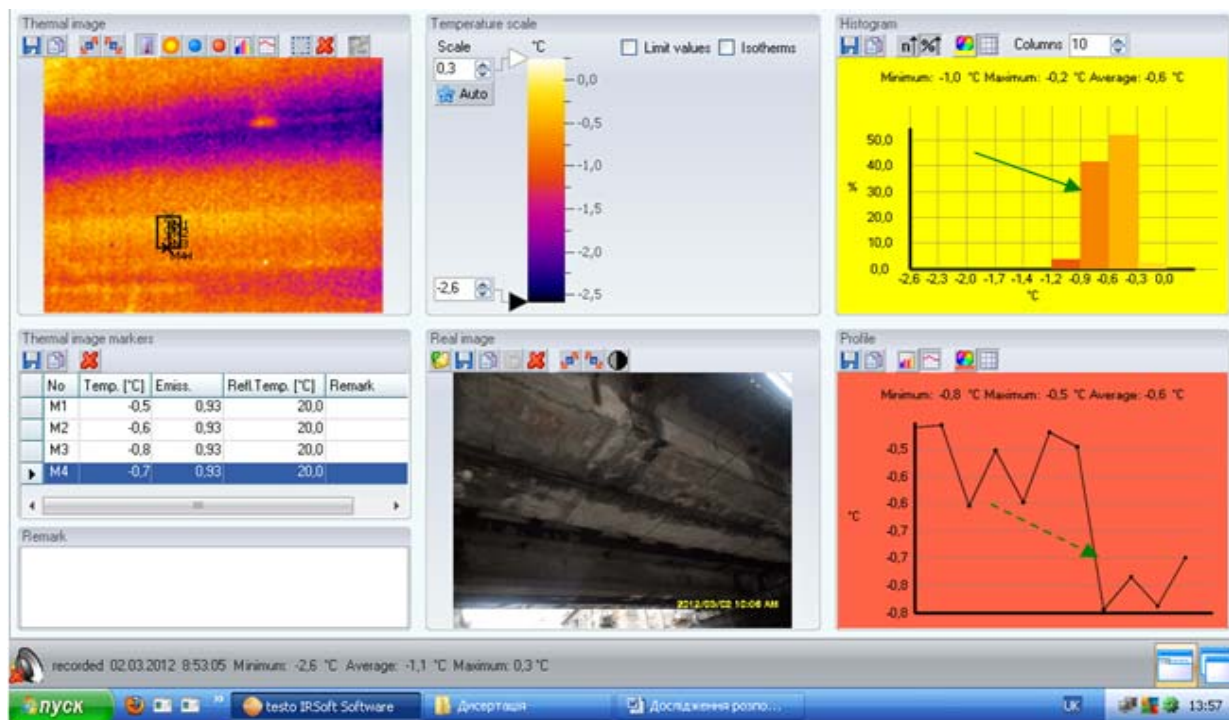


Рис. 13. Температурний градієнт нижньої полицки залізобетонної балки залізничного моста перегону Підзамче – Львів 1477 км ПК1

Із температурного профілю (див. рис. 11, 12 і 13), залізобетонних балок моста (показаний стрілками із штрихпунктирних ліній) видно, що перепад температури, при температурі навколишнього середовища $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$, у верхній полицці залізобетонної балки (див. рис. 11) змінювався $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, у стінці (див. рис. 12) – від $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ та у нижній полицці (див. рис. 13) – від $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Гістограми розподілу температури (див. рис. 11, 12 і 13) залізобетонними балками моста (показані стрілками із суцільною лінією) пока-

зують, що максимальну кількість разів температура поверхні у верхній полицці (див. рис. 11) зустрічається у межах від $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ близько 38,9 %, у стінці (див. рис. 12) – від $-0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 55,6 % та у нижній полицці (див. рис. 13) – від $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 52,1 %.

Результати розподілу температури у поперечному напрямку від отриманих температур поверхні залізобетонних балок моста перегону Підзамче – Львів 1477 км ПК1 наведені на рис. 14, 15 і 16.

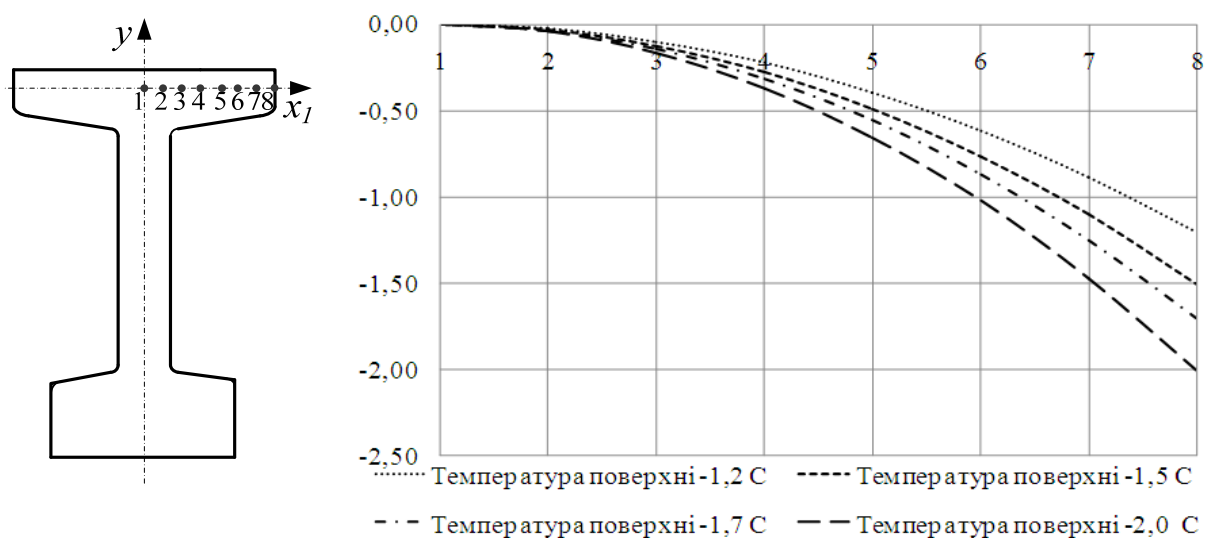


Рис. 14. Результати дослідження зміни температури у верхній полицці залізобетонної балки залізничного моста перегону Підзамче – Львів 1477 км ПК1

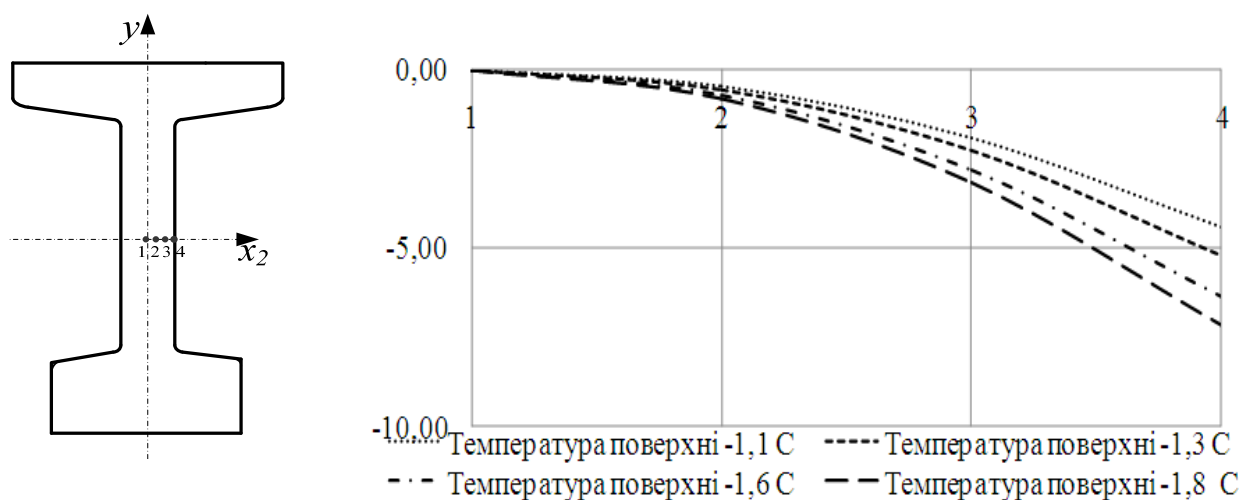


Рис. 15. Результати дослідження зміни температури по середині стінки залізобетонної балки залізничного моста перегону Підзамче – Львів 1477 км ПК1

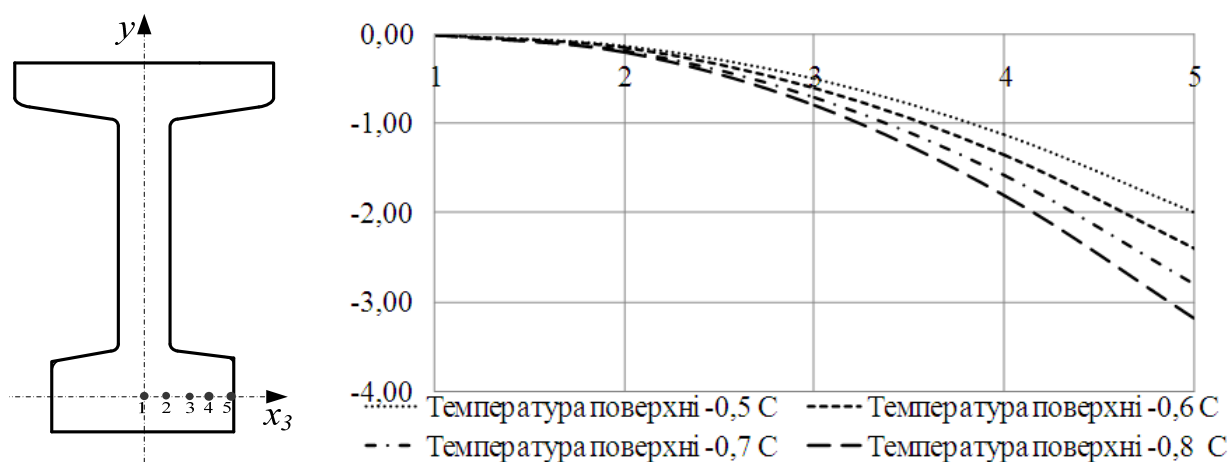


Рис. 16. Результати дослідження зміни температури у нижній полиці залізобетонної балки залізничного моста перегону Підзамче – Львів 1477 км ПК1

З отриманих результатів (див. рис. 8, 9 і 10 та див. рис. 14, 15 і 16) розподіл температури по глибині конструкції не є лінійний, а носить складний характер наближаючись до параболічного розподілу. Тому актуальною є предмет дослідження розподілу температури у залізобетонних мостових конструкціях. Особливо цінними є результати довготривалих досліджень розподілу температури, оскільки за ними можна прогнозувати поведінку залізобетонних балок при змінних температурах в динаміці температур.

По даній темі планується провести виміри температур поверхні залізобетонних балок у різні пори року та встановити критерії найбільш значущих температур, які можуть спричинити у них значні напруження.

Висновок

Визначення напружено-деформованого стану прогонових будов мостових конструкцій від заданого розподілу температури дасть можливість приймати рішення, щодо вибору матеріалів балок для конкретних кліматичних умов. Це призведе до продовження термінів служби мостових конструкцій, а відтак і зменшить витрати коштів на їх утримання та ремонт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. [Текст]. – Введ. 2007-02-01. – К.: Мін. буд., архіт. та житл.-комун. госп-ва, 2006. – 359 с.
2. AASHTO Guide specifications [Текст]: Thermal effects in concrete bridge superstructures.

- Washington, DC: American Association of State Highway and Transportation Officials. – AASHTO, 1989.
3. Рекомендации по расчету температурных и усадочных воздействий на пролетные строения мостов [Текст]. – Одобрены Главтранспроектотом. – М.: 1988.
 4. 4EN_1991-1-5-2009 Еврокод 1 воздействия на конструкции [Текст], Ч. 1-5. Общие воздейст-
 5. Тепловизор testo 875 [Текст]: Руководство по эксплуатации. – 2011. – 37 с.
- Надійшла до редколегії 10.05.2012.
Прийнята до друку 28.05.2012.

Й. Й. ЛУЧКО, В. В. КОВАЛЬЧУК (ДИИТ)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ У ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВ

В данной работе составлена модель для анализа теоретического распределения температуры по проникновению в железобетонных балочных мостовых конструкциях и приведены экспериментальные результаты распределения температуры по их поверхности с помощью тепловизора testo-875-1.

Ключевые слова: модель, распределение температуры, железобетонная конструкция, балка, тепловизор

I. I. LUTCHKO, V. V. KOVALCHUK (Lvov branch of Dniepropetrovsk National University of Railway Transport)

DISTRIBUTION TEMPERATURE IN REINFORCED CONCRETE BEAM BRIDGE STRUCTURES

In this paper, drafted a model for theoretical analysis of temperature distribution by the penetration of reinforced concrete beam bridge structures and the results are presented experimental temperature distribution on the surface using thermal imager testo-875-1.

Keywords: model, temperature distribution, reinforced concrete structures, beam, thermal imager