

УДК 624.012

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГИНІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ЗА ДІЇ
ОДНОРАЗОВОГО ТА МАЛОЦИКЛОВОГО НАВАНТАЖЕНЬ В
УМОВАХ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГИБОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПРИ
ДЕЙСТВИИ ОДНОКРАТНОЙ И МАЛОЦИКЛОВОЙ НАГРУЗКИ В
УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР**

**RESEARCH OF REINFORCED CONCRETE BEAMS DEFLECTIONS
FOR ACTIONS OF SMALL CYCLE LOADINGS UNDER ELEVATED
TEMPERATURES**

**Гомон С.С., к.т.н., проф., Зінчук М.С., к.т.н., доцент (Національний
університет водного господарства та природокористування, м.Рівне)**

**Гомон С.С., к.т.н., проф., Зинчук Н.С., к.т.н., доцент (Национальный
университет водного хозяйства и природопользования, г.Ровно)**

**Gomon S.S., candidate of technical sciences, professor, Zinchuk M.S.,
candidate of technical sciences, associate professor (National university of
water management and nature resources use, Rivne)**

**У статті наведені результати експериментальних досліджень
залізобетонних балок за дії одноразового та малоциклового
навантаження, вплив виду та рівня завантаження на прогин
згинального елемента в умовах підвищених температур.**

**В статье приведены результаты экспериментальных исследований
железобетонных балок при действии однократной и малоциклового
нагрузки, влияние вида и уровня загрузки на прогиб изгибающего
элемента в условиях повышенных температур.**

**The article contains results of experimental studies concrete beams
researches for actions of small cycle loadings, influence of type and loading
level on deflection of bending element under elevated temperatures.**

Ключові слова:

Деформація, прогин, малоциклові, навантаження, температура.

Деформация, прогиб, малоциклова, нагрузки, температура.

Deformation, deflection, cycle, loadings, temperature.

Стан питання та задачі досліджень. Важливими конструктивними елементами промислових та громадських будівель і споруд являються згинальні залізобетонні елементи. До таких відносяться ребристі плити, балки покриття та перекриття, підкранові балки та балки спеціальних конструкцій.

Значна частина конструкцій промислових будівель і споруд працює в умовах підвищених технологічних температур за дії різних видів навантажень.

Особливий вплив на роботу конструкцій в такому стані має малоциклове навантаження. За малоциклового навантаження для залізобетонного елемента в нагрітому стані характерне накопичення деформацій, що є причиною збільшення прогину залізобетонних згинальних елементів. У кожному конкретному випадку сумісна дія короткочасного або малоциклового навантажень і підвищених температур може спричинити специфічні особливості факторів впливу на прогини залізобетонних конструкцій. Задача зводиться до вивчення впливу підвищених температур за одноразового та малоциклового навантажень на прогини залізобетонних балок. Хоча прогини конструкцій згинальних елементів, що не перевищують граничну межу, не є небезпечними при експлуатації, проте їх обмеження актуальне з урахуванням факторів впливу.

Метою експериментальних досліджень є встановлення впливу одноразового та малоциклового навантажень в нормальних умовах та при короткочасній дії підвищених температур на зростання прогинів в згинальних залізобетонних елементах прямокутного перерізу. Основні задачі: а) порівняти прогини балок при різних видах завантаження в нормальних умовах та при короткочасній дії підвищених температур; б) визначити вплив підвищених температур, а також режими завантаження на прогини елементів.

Методика досліджень. Короткочасні та малоциклові навантаження різних рівнів впливають на зміну прогинів як за нормальних температурно-вологісних умов, так і за короткочасного одностороннього нагрівання. Дослідження роботи згинальних залізобетонних елементів в умовах сумісної дії короткочасного навантаження та нагрівання до 120°C , а також за нормальних умов проводили за розробленою методикою експериментальних досліджень, яка передбачає застосування спеціально виготовленої важільно-пружинної установки з нагрівальною камерою та вдосконалює існуючі методи досліджень згинальних залізобетонних елементів за умов короткочасного або малоциклового навантажень. За складності самої конструкції установки з нагрівальною камерою, прогини балок при завантаженні вимірювались за допомогою шести прогиномірів системи Максимова з ціною поділки 0,01 мм. Для постійного контролю температур по висоті дослідної балки на різних ділянках поперечного перерізу, були встановлені термопари ТХК, з'єднані з вимірювальними приладами системи автоматичного регулювання та контролю рівня необхідних заданих

температур. Випробуванню підлягали залізобетонні балки розмірами 60×120×1400 мм, армовані каркасами з одиничною арматурою зі сталі класу А400С, діаметром 10мм.

Результати досліджень. Дослідні значення прогинів середини прольоту залізобетонних балок за короткочасного навантаження без нагріву та в умовах нагрітого стану за аналогічного завантаження зведені в табл.1. При короткочасному завантаженні балок під впливом підвищених температур прогини збільшились на 10...15% в порівнянні з балками, що досліджувались за нормальних температурно-вологісних умов.

Таблиця 1

Дослідні значення прогинів залізобетонних балок за короткочасного навантаження без нагрівання та в нагрітому стані

М кН м	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
БЮ	0	8	38,5	92,5	155	216	287	359	469	703
БЮ-Т	0	15,6	65,2	125,5	183	239,5	323	411,5	518	-

В таблиці значення прогинів $f - 10^{-2}$ мм.

Графічні залежності зміни прогинів середини прольоту випробуваних балок за короткочасного навантаження без нагрівання та в умовах підвищених температур представлені на рис.1.

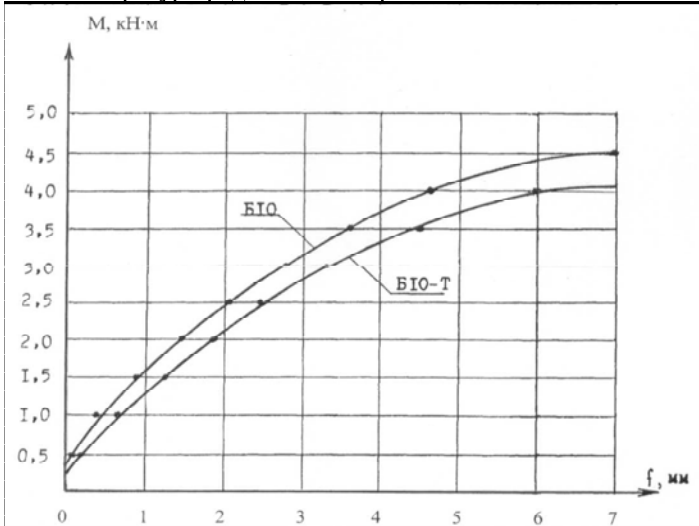


Рис.1. Середні дослідні значення прогинів залізобетонних балок БЮ,БЮ-Т

Побудовані криві залежностей $M - f$ дають можливість проаналізувати зміну прогинів за короткочасного навантаження при нагріванні в порівнянні з такими ж випробуваннями за нормальних умов.

За одержаними дослідними значеннями прогинів в умовах підвищених температур за малоциклових навантажень, на першому циклі навантаження залізобетонних балок були визначені числові значення модуля прогину m_f на кожному рівні навантаження окремого циклу

$$m_f = M/f \quad (1)$$

де m_f – модуль прогину; M – згинаючий момент від зовнішнього навантаження; f – дослідні значення прогину балки.

Статистична обробка дослідних значень залежностей ($m_f - M$) “модуль прогину – згинаючий момент”, що була проведена на ПЕОМ, підтвердила передбачення наявності кусково-лінійного характеру цієї залежності на першому циклі завантаження та високу ступінь відповідностей їх кореляційних і дослідних значень. В загальному вигляді залежність ($m_f - M$) можна записати для кожного відрізка поліномом першого ступеня

$$m_f = m_{of}(1 \pm \lambda_f \cdot M), \quad (2)$$

Кореляційні прямі ($m_f - M$), що були отримані для першого напівциклу побудовані на рис.2, а параметри цих рівнянь представлені в табл.2. Згідно залежностей на рис.2 модуль прогину має дві ділянки. Перша відповідає роботі балки без тріщин, а друга – з тріщинами.

Виявлені дослідно кореляційні кусково-лінійні залежності ($m_f - M$), відповідають кусково-гіперболічній залежності ($M - f$) і в загальному вигляді їх можна записати

$$f = M / m_{of}(1 \pm \lambda_f \cdot M), \quad (3)$$

Статистична обробка дослідних залежностей ($m_f - M$) підтвердила лінійну залежність цих взаємозв'язаних значень m_f та M і показала високу точність співпадання дослідних і кореляційних значень.

Аналізуючи картину прогинів дослідних балок на етапах завантаження-розвантаження під впливом підвищених температур, слід відмітити, що прогини нагрітих балок на перших циклах прикладання зусиль суттєво збільшуються. Подальше збільшення кількості циклів навантаження призводить до того, що інтенсивність росту прогину згасає..

Навантаження на балку ступенями доводили до верхнього рівня повторних навантажень $\eta_{\infty} = M / M_p = 0,6$, після чого дослідний зразок розвантажувалася до нижнього рівня $\eta_n = M / M_p = 0,3$ і так до 10 циклів. Після 10-го циклу балки розвантажувалися до “0” із п'ятихвилинною витримкою, необхідною для зняття відліків і на 11-му циклі завантажувались одноразовим ступінчатим навантаженням, де величина руйнівного навантаження кожної балки була різною на 8-10% від руйнівного

навантаження звичайних зразків, випробуваних за нормальних температурно-вологісних умов.

Таблиця 2

Основні параметри лінійних кореляційних рівнянь залежності ($m_f - M$) та їх статистичні показники

Марка	Кореляційне рівняння	r	m_r	r/m_r	n	$V\%$	$P\%$	M_{crc} кН·м
БІО	$m_f = 0,160 - 0,045M$	-0,982	0,0206	48	3	16,6	9,6	2,91
	$m_f = 0,0368 - 0,0026M$	-0,988	0,0088	112	7	4,3	1,6	
БІО-Г	$m_f = 0,0743 - 0,0180M$	-0,943	0,0639	15	3	18,7	10	2,64
	$m_f = 0,0327 - 0,0023M$	-0,948	0,0383	25	7	6,51	2,5	

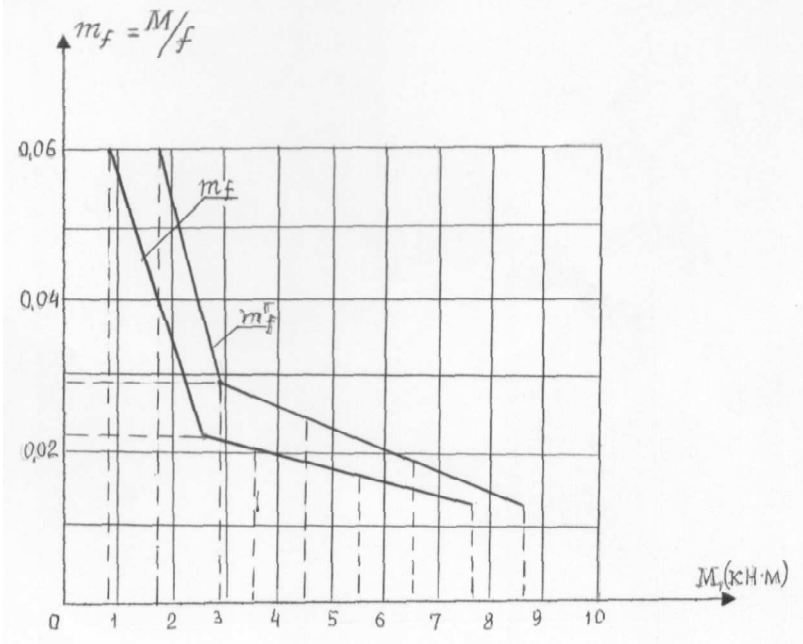


Рис.2. Залежності ($m_f - M$) модуль прогину –згинаючий момент

Отримані результати досліджень за середніми значеннями трьох балок-близнюків на кожному із циклів за верхнього рівня малоциклових навантажень $\eta_6 = 0,6$ наведені в таблиці 3

Таблиця 3

Прогини залізобетонних балок БІО-Т в залежності від кількості циклів навантажень за дії підвищених температур

Цикл Марка	1-й	2-й	3-й	5-й	6-й	8-й	10-й	11-й
БІО-Т, f (мм)	3,509	3,580	3,623	3,675	3,686	3,706	3,722	3,737

В таблиці 3 приведені дослідні значення прогинів на кожному із 10 циклів при верхньому рівні малоциклового навантаження. Прогини за період розрахункового числа циклів збільшились до 10%.

Отримані дослідні значення прогинів балок на 11-му циклі в нагрітому стані, а також за одноразового навантаження без нагрівання та в нагрітому стані наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Дослідні значення прогинів балок за різних факторів впливу після дії одноразового навантаження

М кН·м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
БІО	8,0	36,5	92,5	155	216	287	359	469	703
БІО-Т	15,6	65,2	125,5	183	239,5	323	432,5	598	-

В таблиці значення прогинів $f \cdot 10^{-2}$

Як показують дослідження балок з нагрітою стиснутою зоною до 120°C при малоцикловому навантаженні, то вони прогнулись на 24% більше ніж балки за одноразового навантаження в нормальному стані і на 8% більше ніж за одноразового навантаження в нагрітому стані.

На рисунку 3 наведено залежність зміни прогинів на протязі 10 циклів верхнього рівня навантаження ($\eta = 0,6 \cdot M_u$)

Для того, щоб отримати повну картину зміни прогинів дослідних балок за різних факторів впливу при одноразовому та малоцикловому навантаженні, на рисунку 4 зображені обриси кривих зміни прогинів дослідних зразків.

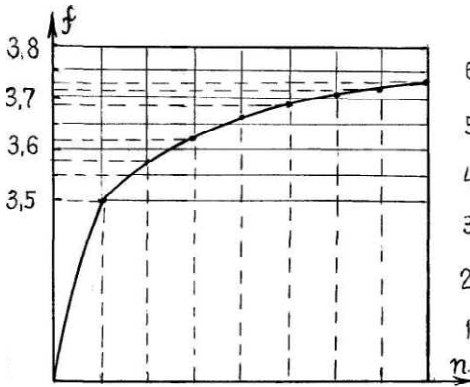


Рис.3. Вплив кількості циклів навантажень на прогини балок

в нагрітому стані

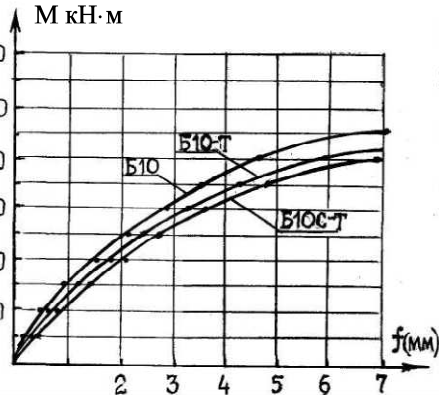


Рис.4. Прогини дослідних балок різних навантажень та температур

(20°, 120°С)

Висновки. Отримано нові результати дослідження прогинів залізобетонних згинальних елементів за дії одноразового та малоциклового навантажень в умовах підвищених температур. Встановлено, що малоциклове навантаження в умовах підвищених температур суттєво впливає на прогин балки збільшуючи його до 24% у порівнянні із одноразовим навантаженням за нормальних температурно-вологісних умов і на 8% є більшим за одноразового навантаження в нагрітому стані. Встановлено, що зміна прогину дослідних балок залежить від зміни температури і від режиму завантаження.

1. Бабич Є.М. Бетонні та залізобетонні елементи в умовах малоциклового навантаження: монографія / Є.М.Бабич, Ю.О.Крусь. – Рівне: Вид-во РДТУ, 1999.-119 с. 2. Зінчук М.С. Експериментальні дослідження напружено-деформованого стану залізобетонних згинальних елементів за одноразового та малоциклового навантаження в умовах підвищених температур // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. Випуск 11. Рівне, 2004. – С. 164-166. 3. Зінчук М.С. Міцність та деформативність залізобетонних згинальних елементів за малоциклового навантаження в умовах підвищених температур: дис. ... кандидата техн. наук: 05.23.01 / Зінчук М.С. – Рівне, 2008. – 172 с. 4. Гомон С.С., Зінчук М.С. Врахування сумісної дії малоциклового навантаження та зовнішнього середовища при розрахунках згинальних залізобетонних елементів // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво: Зб. наук. праць. Спецвипуск. РДТУ, Рівне, 1999. – С. 179-183.