

## ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АРМАТУРНОЇ СТАЛІ МЕТОДОМ «ЗРІЗУ РІЗЬБИ» ПІСЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВПЛИВУ

Наводяться результати експерименту щодо відпрацювання методики визначення міцнісних характеристик арматури методом «зрізу різьби» після різноманітного температурного впливу на неї.

The results of experiment which was needed for working off the method of determination of прочностных descriptions of armature the method of «cut of screw-thread» after different temperature influence on them are examined in the article.

**Ключові слова:** арматурні зразки, температурний вплив, дослідження арматурної сталі, методи з локальним руйнуванням.

**К**ількість будівель і споруд, що потребують обстеження, постійно зростає через їх фізичний і моральний знос, проведення переозброєння й реконструкції виробничих будівель промислових підприємств, реконструкції малоповерхової старої забудови тощо. Сучасний технічний прогрес характеризується зростанням технологічних температур та нерівномірністю температурних режимів у будівлях, які не були призначені для цього. У результаті виникають різні непередбачувані ситуації, пов'язані з різким підвищенням температури, що призводить до локальних пожеж.

Для подовження експлуатаційного строку промислових будівель та споруд конструкції з явними ознаками аварійності необхідно підсилювати, а у разі відсутності таких ознак – додатково досліджувати міцнісні характеристики матеріалів, з яких вони виготовлені. Тільки на основі достовірної оцінки технічного стану пошкоджених конструкцій можна розробити ефективний та економічно вигідний проект реконструкції.

Вплив температури на фізико-механічні та теплофізичні властивості бетону та арматури досліджувалися у багатьох працях (Б.А. Альтшулер, А.Ф. Мілованов, Н.С. Бушуєв, К.Д. Некрасов, В.В. Жуков, А.П. Кричевський, С.Л. Фомін, Б.Г. Демчина, В.І. Корсун, Б. Бартелемі, А.У. Франчук, Б.Н. Кауфман, В.Г. Олімпієв, К.В. Михайлов, Н.М. Мулін та інші), у більшості з яких наведені експериментальні методики, пов'язані з визначенням фізико-механічних властивостей лише бетону, у деяких роботах – бетону і арматури. За цими методами складно провести обстеження конструкцій будівель, міцнісні характеристики матеріалів яких викликають сумніви, без зупинки технологічного процесу. Згідно з



**А.П. Іванов**

доцент кафедри будівельних конструкцій Донбаського державного технічного університету (м. Алчевськ), к.т.н



**Ю.А. Отрош**

старший викладач Академії пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля (м. Черкаси)

нормативними документами міцнісні характеристики арматури таких конструкцій визначаються за допомогою вирізання зразків, що також у більшості випадків потребує зупинки технологічного процесу та додаткових витрат [1].

У даній роботі пропонується методика визначення міцнісних характеристик арматури залізобетонних конструкцій, що експлуатуються, після впливу на них температур різної величини, без зупинки виробничого процесу (якщо він не був зупинений у зв'язку з пожежею).

За цією методикою приміняється метод «зрізу різьби», заснований на локальному руйнуванні досліджуваних конструкцій, який не потребує зупинки технологічного процесу.

Для відпрацювання методики були відібрані зразки арматурної сталі, що не зазнали впливу та після впливу на них температур різної величини. Відповідно до температури нагрівання зразки були поділені на групи.

Результати експерименту порівняли зі значеннями характеристик міцності цих же зразків,

отриманих за розрахунками методики, яка наведена у нормативних документах [1]. У зв'язку з тим, що максимальна температура прогрівання арматури згідно з [1] складає 700 °С, було досліджено зміну характеристик міцності арматурної сталі в залежності від температури нагрівання 800–1000 °С.

До кожної групи зразків, які нагрівали (температура груп відповідно складала 100 °С, 200 °С, 300 °С, 400 °С, 500 °С, 600 °С, 700 °С, 800 °С, 900 °С і 1000 °С), входило по три зразки.

Група без нагрівання (20 °С) складала 10 зразків. Міцнісні характеристики половини з них досліджувались за допомогою стандартного методу [2], решта – методом «зрізу різьби». Така програма експерименту пояснюється необхідністю підтвердження достовірності результатів, отриманих запропонованим методом. Дослідження міцнісних характеристик проводилось на арматурі класу А240С (зразки 14), виготовлених із сталі марки Ст3.

Підготовка зразків для досліджень міцнісних характеристик стандартним методом не включала у себе ніяких додаткових дій і проводилась згідно з нормативним документом [2].

Довжина зразків арматурної сталі, характеристики міцності яких досліджувались методом «зрізу різьби», була ідентичною довжині зразків, підготовлених для дослідження стандартним методом. Але їх підготовка до випробувань включала у себе ще декілька додаткових пунктів:

1. Для зручності проведення випробувань з кожного зразка зрізалась деяка частина металу, необхідна для вирівнювання поверхні. Цей циліндричний сегмент (спрощено зразок арматурної сталі циліндричної форми) у своїй основі має прямокутник, у якому одна зі сторін дорівнює 8 мм, а інша – довжині зразка. Саме такий

розмір меншої сторони прямокутника необхідний для того, щоб випробувальний гвинт утвинчувався в зразок до упору й був перпендикулярним до поверхні, що випробується, протягом усього експерименту. Для цього була передбачена конструкція випробувального гвинта з упорним кільцем. Розмір зрізаної зі зразка частини металу (на рисунку, позн. *c*) залежить від розміру упорного кільця, який в свою чергу залежить від діаметра випробувального гвинта (5 мм), що є постійним протягом експерименту. Висота цього сегмента (позн. *b*) залежить від діаметра випробувального зразка

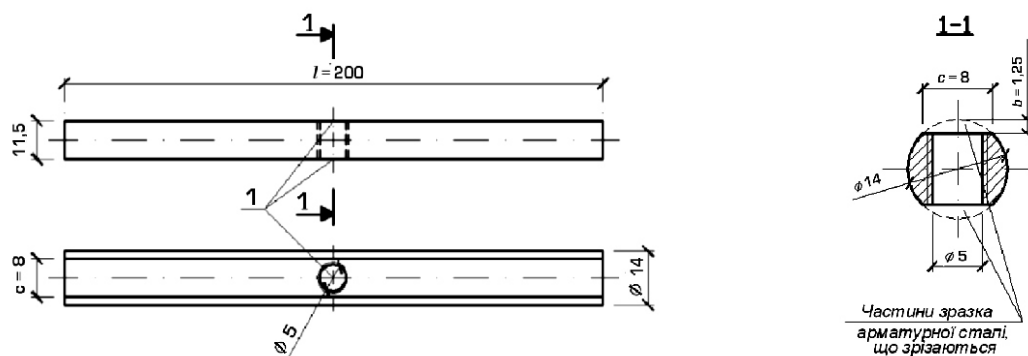
$$b = r \frac{1}{2} \sqrt{4r^2 - c^2},$$

де *r* – радіус випробувального зразка.

2. Технологія визначення характеристик міцності за допомогою методу «зрізу різьби» передбачає свердління отворів (свердлом 4,2 мм) та нарізання у них різьби (мітчиком марки М5Н1), що виконувались однотипним інструментом з високою точністю дотримання технології виконання робіт. Важливо, аби ці операції виконувались перпендикулярно до поверхні випробувальних зразків [3]. У всіх зразках, характеристики міцності яких досліджувались «зрізом різьби», було по два отвори.

Підготовка зразків арматури, що були під впливом температури, включала нагрівання кожної групи зразків до певної температури у муфельних печах (марка СНОЛ 1.6.2.0.0.879-М1 У42) з наступним поступовим охолодженням природним шляхом до кімнатної температури, а потім – згідно з пунктами 1 та 2.












На рисунку та в табл. 1 наведено зовнішній вигляд зразків арматури, призначених для дослідження методом «зрізу різьби».



**Зовнішній вигляд випробувальних зразків арматурної сталі, підготовлених для визначення міцнісних характеристик методом «зрізу різьби» (на прикладі зразка із арматурної сталі 14 мм, класу А240С)**

Таблиця 1

Зовнішній вигляд випробуваних зразків арматурної сталі, повністю підготовлених для визначення міцнісних характеристик методом «зрізу різьби» після впливу на них різних температур

Температура впливу, С°	Зразки арматури	Температура впливу, С°	Зразки арматури
20		600	
100		700	
200		800	
300		900	
400		1000	
500			

Таблиця 2

Міцнісні характеристики арматурної сталі до температурного впливу на них

Отримані методом «зрізу різьби», МПа		Отримані стандартним методом, МПа		Вибрані з нормативних документів, МПа	
$R_{yp}^{\phi}$	$R_{un}^{\phi}$	$R_{yp}^{\phi}$	$R_{un}^{\phi}$	$R_{yp}$	$R_{un}$
422,12	474,89	414,0	455,3	240	370

Спрощено проведення експерименту зводилося до руйнування по черзі з'єднань, які утворювалися з випробувального гвинта і випробуваного матеріалу (зразки арматури, властивості яких визначали «зрізом різьби»)[3].

Так як метод «зрізу різьби» – непрямий, то після руйнування з'єднання «випробувальний гвинт – випробуваний матеріал» результати, що отримані у поділках приладу за емпіричними формулами, переводяться у зусилля ( $C_p$ ), за якими знаходять необхідні показники міцності, користуючись рівняннями лінійної регресії, отриманими завдяки кореляційним зв'язкам  $R_{yp}^{\phi} C_p$ ,  $R_{un}^{\phi} C_p$  (де  $R_{yp}^{\phi}$ ,  $R_{un}^{\phi}$  – фактичні міцнісні характеристики зразків арматури, які були отримані стандартним методом) [3, 4].

У нормативних документах пропонується визначати міцнісні характеристики арматури в залежності від температури впливу ( $R_{at}$ ,  $R_{at}^0$ ) за допомогою властивостей арматури, визначених за нормальних умов ( $R_a$ ) з використанням коефіцієнтів  $m_{at}$  (у нагрітому стані) або  $m_{at}^0$  (після нагріву та охолодження), які враховують зниження опору сталі, за формулами:

$$R_{at} = m_{at} R_a - \text{у нагрітому стані};$$

$$R_{at}^0 = m_{at}^0 R_a - \text{після нагрівання та охолодження.}$$

У нашому випадку міцнісні характеристики арматурної сталі визначаються після нагрівання та охолодження. Для класу, до якого відносяться досліджувані арматурні зразки, коефіцієнт  $m_{at}^0$  (діапазон температурного впливу – 100–700 °С) дорівнює одиниці [1].

Отримані характеристики міцності після проведення експерименту та деяких підрахунків наведено у таблицях 2–4. У табл. 2 порівнюють-

Таблиця 3

Міцнісні характеристики арматурних зразків після температурного впливу на них

Метод, за допомогою якого визначали міцнісні характеристики	Характеристики міцності	Температура нагріву, С°						
		100	200	300	400	500	600	700
«Зріз різьби»	$R_{yp}^{\phi}$	421,07	420,02	418,97	417,92	417,74	417,57	411,41
	$R_{un}^{\phi}$	483,97	483,05	482,13	481,21	480,3	470,34	461,61
За розрахунками (за нормальних умов були визначені за допомогою стандартного методу)	$R_{yp}^{\phi}$	414,0	414,0	414,0	414,0	414,0	414,0	414,0
	$R_{un}^{\phi}$	455,3	455,3	455,3	455,3	455,3	455,3	455,3

ся значення міцнісних характеристик арматурної сталі, отримані при проведенні експерименту та вибрані з нормативних документів, у табл. 3 – значення міцнісних характеристик арматурної сталі після температурного впливу, отримані після проведенні експерименту та підрахунку їх згідно з методикою, наведеною у нормативних документах, а у табл. 4 наведена зміна характеристик міцності зразків у залежності від зміни температурного впливу на них.

Таблиця 4

**Міцнісні характеристики арматурної сталі після високотемпературного впливу, визначені методом «зрізу різьби»**

Характеристики міцності	Температура нагріву, С°			
	700	800	900	1000
$R_{yp}^{\phi}$	411,41	409,84	408,96	405,03
$R_{un}^{\phi}$	461,61	461,84	460,94	456,23

#### Висновки.

1. Отримані при проведенні експерименту значення міцнісних характеристик (як за запропонованим методом, так і за стандартним) вищі за зазначені у нормативній літературі на 48 % ( $R_{yp}$ ) та 18 % ( $R_{un}$ ), що свідчить про необхідність визначення фактичних міцнісних характеристик матеріалів при обстеженні конструкцій, які потрапили під вплив різкого підвищення температури.

2. Порівняння значень міцнісних характеристик зразків арматури після впливу на них

температури, отриманих за методом «зрізу різьби» та підрахованих за методикою, що наводиться у нормативних документах, показали, що різниця між ними незначна, а саме: у межі текучості сталі вона змінюється від 1,68 % (при 100 °С) до 0,62 % (при 700 °С); тимчасовий опір розриву – від 5,9 % (при 100 °С) до 1,37 % (при 700 °С). Така розбіжність між значеннями характеристик міцності свідчить про те, що хоч запропонований метод дослідження непрямий, але його точність є достатньою для встановлення міцнісних характеристик при обстеженні конструкцій, що експлуатуються.

3. У разі більшого температурного впливу ніж розглядається у нормативній літературі (табл. 3) межа текучості сталі у порівнянні з показником до температурного впливу зменшується на 2,9 % (при 800 °С), на 3,12 % (при 900 °С) та на 4,05 % (при 1000 °С); тимчасовий опір – на 2,7 % (при 800 °С), на 2,9 % (при 900 °С) та на 3,9 % (при 1000 °С). Втрата характеристик міцності до 700 °С включно не є великою і складає 1,5 % ( $R_{yp}$ ) та 1,7 % ( $R_{un}$ ), як і повинно бути згідно з нормативною методикою розрахунків цих міцностей.

4. При збільшенні температурного впливу (більше 700 °С) відбувається не тільки більш значна втрата міцності, а і зовнішній вигляд таких зразків арматури починає істотно змінюватися (табл. 1).

Подальший напрямок роботи буде пов'язаний з випробуванням інших класів арматурних зразків.

[1] Пособие по обследованию строительных конструкций зданий / [А.Г. Гиндоян, Э.С. Гиллер, Б.В. Лифанов, С.М. Гликин та ін.]; АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ». – М.: 1997 г. – 129 с.

[2] ГОСТ 12004-81 Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. – Введ. 01.07.83. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1983 г. – 11 с.

[3] Иванов А.П. Определение фактических механических характеристик сталей в эксплуатируемых конструкциях / Диссертация канд. тех. наук: 05.23.01. – К., 2000. – 184 с.

[4] Иванов А.П. Визначення характеристик міцності арматурної сталі методом «зрізу різьби» у конструкціях, що експлуатуються / Иванов А.П., Отрош Ю.А. // Зб. наук. праць «Мости і дороги». Вип. № 11. – К.: ДержДорНД ім. М.П. Шульгіна, 2009 р. – С. 86–91.

Надійшла 20.04.2010 р.