

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТОВЩИНИ ЗАХИСНОГО ШАРУ ТА
ДІАМЕТРУ АРМАТУРИ МАГНІТНИМ МЕТОДОМ**

**THE RESEARCH OF THE THICKNESS OF PROTECTIVE
LAYER AND DIAMETER OF ARMATURE BY MAGNETIC
METHOD**

Конончук О.П., к.т.н., доцент (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль)

Kononchuk A.P., Ph.d. (engineering), Associate Professor (Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil)

У статті наведено результати експериментальних досліджень пошуку товщини захисного шару бетону та величини діаметру арматури магнітним методом в трьох режимах роботи приладу ИПА-МГ4. Проаналізована залежність показів приладу неруйнівного контролю ИПА-МГ4 від віку бетону.

The problem of control the position and size of the armature in reinforced concrete constructions at the stage of their production and further exploitation by using non-destructive control devices are observed in the article. The results of experimental research of finding the protective layer thickness of concrete and size of armature's diameter by using magnetic method are given. The precision of instrument ИПА-МГ4 in its three operation modes were established: determination of the protective layer of concrete by the known diameter of armature; determination the diameter of armature by the known size of protective layer of concrete; the determination of both parameters simultaneously. The dependence among the indices of instrument ИПА-МГ4 and age of concrete has analyzed. Was found that starting seven days the concrete age doesn't effect on the indices of the device.

Ключові слова: арматура, контроль, захисний шар, діаметр, магнітний метод.

Keywords: armature, control, protection layer, diameter, magnetic method.

Вступ. Проблема контролю якості будівельних робіт, особливо в останній період, є актуальною. Відсоток монолітного будівництва в Україні становить близько 67% від загальної площі, яка забудовується. Оскільки, монолітні будівлі, переважно, призначені експлуатуватись більше ніж 200 років, то слід дуже ретельно поставитись до поточного контролю якості виконаних робіт. Даний контроль може виконуватись на етапі виготовлення елементів конструкцій; вивчення стану конструкцій, що монтуються або експлуатуються в реальних умовах; обстеження при аналізі причин аварії та в результаті пошкоджень конструкцій в процесі монтажу і експлуатації, а також різного роду катастроф.

Одним із перспективних напрямів контролю якості будівельних робіт є неруйнівний контроль, що дозволяє безпосередньо на об'єкті виконувати дослідження без руйнування матеріалу та швидко отримувати результат. Захисний шар бетону впливає не тільки на величину висоти робочого перерізу, а і довговічність цілої залізобетонної конструкції. Для контролю захисного шару бетону потрібні високоточні прилади. Значним проривом у будівництві стало винайдення магнітного методу дослідження. Цей метод застосовують для контролю якості при виготовленні і монтажі збірних та зведених монолітних залізобетонних конструкцій, під час обстеження стану залізобетонних конструкцій, що експлуатуються, а також для перевірки ефективності технологічних заходів, які застосовують для фіксації сталевих арматур в проектному положенні [1]. Завдяки приладам, які працюють на основі даного методу можна здійснювати контроль виконання будівельних робіт без руйнування залізобетонної конструкції.

Аналіз останніх досліджень. Неруйнівні методи контролю міцності бетону відносно молоді, і починають свій розвиток в 1950...1960-их роках завдяки науковим дослідженням ультразвукового методу І.М. Рабиновича, С.М. Соколова, Ю.А. Нілендера, М.А. Новгородського, І.А. Диковського та А.И. Кравцова. Досить широко методи неруйнівного контролю описані в роботах Б.Г. Скрамтаєвої та М.Ю. Ліщинського «Випробування міцності бетону» (М., 1964) також у наукових дослідженнях М.Г. Коревицької «Неруйнівні методи контролю якості залізобетонних конструкцій» (М., 1989). У цих виданнях наведені рекомендації з вибору методів і засобів неруйнівного контролю в залежності від виду виробу та умов експлуатації [2].

Проблема застосування магнітного методу для пошуку арматури досить широко розглянута Царьковим А.О. в його дисертаційній роботі: «Электромагнитный метод контроля расположения металлической арматуры опор контактной сети при смешанном армировании» [3]. Автор піднімає надзвичайно актуальні питання щодо визначення захисного шару бетону при наявності арматурної сітки, адже прилади, на зразок ИПА-МГ4 працюють по ГОСТ 22904, і коли армування виходить за межі цього ГОСТу (а це буває досить часто), такі прилади не здатні давати достовірні дані.

Головним документом, який регламентує використання магнітного методу в будівництві є ДСТУ Б В.2.6-4-95 (ГОСТ 22904-93) «Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури» [1]. Даний стандарт розповсюджується на збірні і монолітні залізобетонні конструкції будівель і споруд, які виготовляють із бетону різних видів, і установлює магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування сталевих арматури в зазначених конструкціях.

Проте, попри наявні наукові напрацювання ця проблема є досить широкою і відкритою, вона потребує детального вивчення. Питання контролю товщини захисного шару та положення арматури в залізобетонних конструкціях повинно стояти одним із пріоритетних при зведенні монолітних конструкцій. А оскільки монолітне будівництво в Україні зараз активно розвивається, то вирішення даної проблеми наразі найпоширенішим магнітним методом в залізобетонних конструкціях є актуальним і потребує подальшого дослідження.

Постановка мети і задач досліджень. В останні роки спостерігається значне зростання застосування засобів неруйнівного контролю будівельної продукції. Динаміка розвитку неруйнівного контролю обумовлена розширенням сфери його використання і постійно зростаючими потребами галузі. Проте багаторічний досвід застосування на практиці даних приладів вказує на цілий ряд проблем пов'язаних із величиною похибок, що виникають при проведенні вимірювань. Саме тому додаткові дослідження і якісна оцінка точності вимірювань даних приладів та встановлення факторів, що на неї впливають є актуальним завданням.

Основною метою даних експериментальних досліджень є оцінка точності вимірювання товщини захисного шару бетону і

діаметру арматури магнітним методом та встановлення її залежності від віку бетону. Для досягнення цієї мети ставились наступні завдання досліджень:

- розробити методику та програму експериментальних досліджень;
- провести дослідження на підготовлених зразках у 3-х режимах роботи приладу ИПА-МГ4;
- виконати статистичну обробку отриманих даних та оцінити точність вимірювань приладом ИПА-МГ4;
- встановити вплив віку бетону на покази приладу ИПА-МГ4.

Методика досліджень. Випробування проводились на базі «Науково-випробувальної лабораторії будівельних матеріалів, виробів та конструкцій» кафедри будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя.

Програма експериментальних досліджень включала в себе дві серії зразків з бетону класу С16/20. Кожна серія складалась з двох плит розмірами 150×300×450 мм виготовлених із бетону одного замісу. Програма експериментальних досліджень передбачала випробування зразків у віці 7 діб, 14 діб та 28 діб в трьох режимах:

- 1) Дослідження товщини захисного шару бетону при відомій величині діаметру арматури за допомогою приладу ИПА-МГ4.
- 2) Дослідження величини діаметру арматури при відомій товщини захисного шару бетону за допомогою приладу ИПА-МГ4.
- 3) Дослідження товщини захисного шару бетону та діаметру арматури при двох невідомих за допомогою приладу ИПА-МГ4.

Крім того, у 28-ми денному віці встановлювався клас бетону дослідних зразків неруйнівними методами контролю, зокрема методом ударного імпульсу приладом ИПС-МГ 4.03 та методом відриву зі сколюванням приладом ПОС-50МГ4.0.

Для виконання мети та задач досліджень експериментальні зразки армували наступним чином:

- Пливу №1 – армували трьома стержнями Ø10, Ø16, Ø20 мм класу А400С із однаковим захисним шаром бетону 20 мм.
- Пливу № 2 – армували трьома стержнями Ø10 класу А400С, але з різною величиною захисного шару бетону: 5, 10 та 30 мм.
- Пливу № 3 – армували трьома стержнями Ø16 класу А400С з різною величиною захисного шару бетону: 10, 16 та 40 мм.
- Пливу № 4 – армували трьома стержнями Ø20 класу А400С з різною величиною захисного шару бетону: 10, 20 та 50 мм.

Схеми розташування арматури в дослідних зразках зображені на рис. 1. Для забезпечення фіксації положення арматури в процесі бетонування використовували спеціальні шаблони (див. рис. 2).

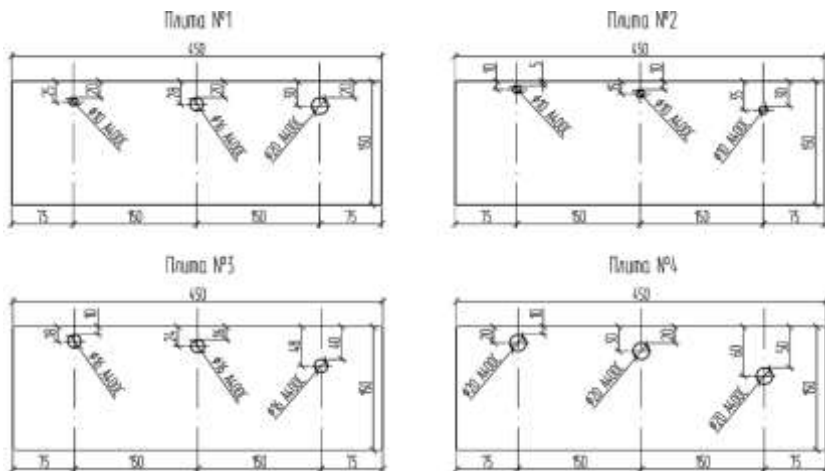


Рис. 1 Схеми розташування арматури в дослідних зразках

Відповідно до методики досліджень приладом ИПА-МГ4 на кожній ділянці було виконано шість замірів (рис. 3). В результаті проведених випробувань отримано достатній масив даних для статистичної обробки.



Рис. 2 Фіксація положення арматури перед бетонуванням



Рис. 3 Випробування дослідних зразків приладом ИПА-МГ4

Результати досліджень. Прилад ИПА-МГ4 працює згідно ГОСТ 22904, який на сьогоднішній день є застарілим. Згідно даного документу, захисним шаром бетону вважається відстань від краю бетону до центру арматури, а згідно діючого ДСТУ Б В.2.6-156: 2010 – відстань від краю бетону до найближчого контуру арматури. Цей факт був врахований і не вплинув на кінцевий результат.

Результати експериментальних досліджень в першому режимі роботи приладу ИПА-МГ4 (пошук товщини захисного шару бетону при відомому діаметрі закладеної арматури) після статистичної обробки наведені в табл. 1. Проаналізувавши отримані дані можна сказати, що в даному режимі покази приладу мають хорошу збіжність з реальними величинами захисного шару. В загальному похибка знаходиться в межах від -5 до 2 %, і лише в одному випадку складає близько 10 %, що вказує на достовірність отриманих даних. Варто звернути увагу, що покази приладу мають тенденцію до невеликого заниження результатів.

В табл. 2 приведено результати експериментальних досліджень в другому режимі роботи приладу ИПА-МГ4 (пошук діаметру арматури при відомій товщині захисного шару бетону). В цьому режимі прилад показав дещо більшу похибку, в основному масиві даних вона становила від -15 до 9 %, а в одній із точок дослідження близько 50 %. Тобто, в загальному прилад показує хорошу збіжність з реальними величинами діаметру арматури, але в окремо взятих точках спостерігається значне спотворення результатів, що може бути спричинено попаданням в зону його дії перешкод.

Варто відзначити, що будь якої залежності точності показів приладу від величини діаметру арматури чи товщини захисного шару бетону, що розглядались в експерименті, не було встановлено.

Щодо експериментальних досліджень в третьому режимі роботи приладу ИПА-МГ4 (пошук величини захисного шару бетону та діаметру арматури при двох невідомих) можна сказати, що достовірних результатів не вдалось отримати. Через обмеженість розміру статті дані по цих дослідженнях не наведені, проте проаналізувавши їх можна сказати, що в цьому режимі роботи єдиної чіткої залежності немає. Для пошуку захисного шару бетону прилад майже у всіх випадках занижує результати (похибка складає від -30 до -80 %). Для пошуку діаметру закладеної арматури прилад у всіх випадках значно завищує результати (похибка складає від 25 до 110 %). Очевидно, що такі результати до уваги брати не можна.

Таблиця 1.

Результати пошуку товщини захисного шару бетону при відомому діаметрі закладеної арматури

№ плити	Армування плити	Фактична величина a , мм, ГОСТ 22904	Середнє значення a_{exp} , мм	Величина відхилення Δ_i , %
Плита №1	Ø10 А 400С	25	24,17	-3,32
	Ø16 А 400С	28	26,70	-4,64
	Ø20 А 400С	30	26,87	-10,43
Плита №2	Ø10 А 400С	10	9,90	-1,00
	Ø10 А 400С	15	14,70	-2,00
	Ø10 А 400С	35	33,88	-3,20
Плита №3	Ø16 А 400С	18	18,00	0
	Ø16 А 400С	24	23,85	-0,63
	Ø16 А 400С	48	48,20	0,42
Плита №4	Ø20 А 400С	20	19,57	-2,15
	Ø20 А 400С	30	28,47	-5,10
	Ø20 А 400С	60	61,08	1,80

Таблиця 2.

Результати пошуку діаметру арматури при відомій товщині захисного шару бетону

№ плити	Величина a , мм, ГОСТ 22904	Фактичний діаметр арматури \varnothing , мм	Середнє значення \varnothing_{exp} , мм	Величина відхилення Δ_i , %
Плита №1	25	10	10,72	7,20
	28	16	17,26	7,88
	30	20	20,87	4,35
Плита №2	10	10	14,96	49,60
	15	10	10,91	9,10
	35	10	9,70	-3,00
Плита №3	18	16	15,09	-5,69
	24	16	16,09	0,56
	48	16	15,07	-5,81
Плита №4	20	20	21,12	5,60
	30	20	17,04	-14,80
	60	20	19,39	-3,05

В межах даних досліджень проведено також вивчення впливу віку бетону на точність вимірювання приладу ИПА-МГ4. Проведено порівняння показів приладу у віці 7 та 14 діб з показами в 28-ми денному віці в перших двох режимах роботи. Встановлено, що відсутня будь яка тенденція до зменшення чи до збільшення похибки вимірювань. В результаті обробки даних встановлено, що середня похибка вимірювань в першому режимі роботи в різному віці бетону становить 0,22 %, а в другому режимі 0,38 %. Це свідчить про те, що вік бетону немає жодного впливу на роботу приладу ИПА-МГ4, що базується на магнітному методі.

Висновки. Проведені експериментальні дослідження за допомогою приладу ИПА-МГ4 показали, що магнітний метод неруйнівного контролю дає достовірні дані, що можуть застосовуватись при встановленні товщини захисного шару бетону та величини діаметру арматури у конструкціях, які потребують поточного контролю чи знаходяться на стадії експлуатації і не можуть бути досліджені в лабораторних умовах. При цьому виявлено, що режим роботи даного приладу, який передбачає визначення одночасно і діаметру арматури і її захисного шару є не дієвим, оскільки дає недостовірні дані, які не можуть бути використані на практиці. Встановлено, що вік бетону, починаючи з 7 діб, не впливає на покази приладу ИПА-МГ4. Також відсутній будь який вплив на точність вимірювань від зміни діаметру арматури і товщини захисного шару бетону.

1. ДСТУ Б В.2.6-4-95 (ГОСТ 22904-93) Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури. – Київ: Мінбуд України, 1996. – 22 с. 2. Кравцов А.И. Ультразвуковой контроль прочности бетона. – Оренбург, 2000. – 27 с. 3. Царьков А.О. Электромагнитный метод контроля расположения металлической арматуры опор контактной сети при смешанном армировании: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.07 / А.О. Царьков // Москва., ВНИИЖТ, 2010. – 24 с. 4. Чернуха Н.А. Контроль качества железобетонных конструкций при обследовании зданий. Интернет-журнал "Строительство уникальных зданий и сооружений". №2 (7), 2013. С 62 – 70. 5. Ясній П.В. Дослідження міцності бетону неруйнівними методами контролю / П.В. Ясній, О.П. Конончук, О.М. Якубишин // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2016. – Вип. 32. – С. 296 – 303.