

УДК 69.059

*О.М. Галінський, к.т.н.; Д.О. Хохлін, к.т.н.;  
В.О. Басанський; І.К. Орловський, НДІБВ, Київ*

### ВИМІРЮВАННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ НА СТИСК ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРИЛАДУ УК-14П З УРАХУВАННЯМ ВІКУ БЕТОНУ

#### АНОТАЦІЯ

В статті розглядається вплив віку бетону на результати вимірювання його міцності на стиск за допомогою ультразвукового приладу УК-14П з метою визначення можливості використання градуовальної залежності для зрілого бетону (віком 28 діб за нормальних умов твердіння) для оцінки міцності більш «молодих» бетонів. Для цього побудовані та порівняні відповідні градуовальні залежності для бетону віком 7-12 діб та 28 діб.

Ключові слова: бетон, міцність, вік, ультразвуковий прилад, градуовальна залежність.

При регулярному виконанні робіт із вимірювання міцності бетону неруйнівними методами контролю постійно постає проблема використання адекватних тарувальних залежностей для приладів різних принципів роботи. Згідно з відповідними діючими ГОСТ [1,2] вік бетону випробуван-

ня не повинен відрізнятися від віку зразків, на яких встановлювалася тарувальна залежність, на 25-50%. В той же час часто відсутня практична можливість отримати градуовальну залежність для бетону різного віку. Для цих випадків постає питання можливості попередньої оцінки міцності за допомогою залежностей, побудованих для бетону іншого віку (як правило, для 28 діб).

НДІБВ з початку 2009 року виконує роботи з науково-технічного супроводу технології будівельно-монтажних робіт із реконструкції існуючих та будівництва нових об'єктів Національного спортивного комплексу «Олімпійський». В його складі передбачений контроль якості будівельно-монтажних робіт, у т.ч. перевірка їх відповідності розробленим проектам і нормативним документам. Сектор спеціальних споруд, співробітниками якого є автори статті, бере участь у контролі міцності бетону монолітних залізобетонних конструкцій неруйнівними методами контролю. При цьому використовуються такі прилади, як УК-14П (ультразвуковий метод), Ц-22 (метод пластичних деформацій) та ГПНВ-5 (метод відриву зі сколюванням). Для тарування приладів використовувалися бетонні куби-зразки, відібрані при бетонуванні конструкцій на НСК. Випробування кубів відбувалося у віці 7-12 днів та 28 днів, при цьому одночасно замірювалися аналогічні показники на приладах неруйнівного контролю.

Таблиця 1. Результати тарувальних випробувань бетонних кубів у зрілому віці (28 діб).

Показання УК-14П, мкс	Відповідна міцність бетонного куба, МПа	Показання УК-14П, мкс	Відповідна міцність бетонного куба, МПа	Показання УК-14П, мкс	Відповідна міцність бетонного куба, МПа
54,6	36,8	54,0	42,9	55,6	30,6
56,4	37,6	54,2	41,2	56,2	34,8
56,5	35,0	54,1	42,9	56,3	32,8
56,9	35,2	53,2	47,0	55,4	25,0
57,5	34,2	53,9	40,2	55,0	33,0
57,3	34,1	54,8	40,7	53,9	28,8
55,9	36,3	53,7	42,7	54,7	31,7
57,9	33,3	54,9	44,1	55,3	33,8
53,3	56,9	54,9	40,4	54,7	31,0
54,4	57,8	55,1	38,0	53,3	43,1
53,4	59,0	54,3	46,1	53,7	43,1
53,3	54,8	54,6	41,9	53,3	43,6
54,3	52,7	54,7	43,1	54,9	27,9
53,8	60,4	54,4	43,1	56,0	25,3
57,9	31,8	54,8	46,6	55,7	26,5
57,3	36,0	55,2	35,3	56,3	25,0
56,9	37,7	55,1	21,8	54,0	41,4
56,8	37,7	55,9	33,8	54,0	45,6
57,1	38,0	55,4	32,6	53,4	43,1

Таблиця 2. Результати тарувальних випробувань бетонних кубів у віці 7-12 діб.

Показання УК-14П, мкс	Відповідна міцність бетонного куба, МПа	Показання УК-14П, мкс	Відповідна міцність бетонного куба, МПа	Показання УК-14П, мкс	Відповідна міцність бетонного куба, МПа
54,6	42,1	55,9	41,9	57,5	34,5
54,3	44,5	55,1	41,5	57,6	30,1
53,9	44,8	55,8	39,0	56,3	33,6
54,0	39,1	56,7	40,6	55,6	21,6
54,3	36,4	56,7	33,9	57,2	21,1
54,3	41,9	56,8	33,8	54,7	20,6
56,1	42,8	56,2	33,6	56,7	23,7

Таблиця 3. Кінцева (після обробки) таблиця результатів випробувань бетонних кубів у зрілому віці (28 діб), які враховані при отриманні градувальної залежності

Час проходження ультразвукової хвилі, мкс	Міцність бетону, МПа		$\frac{R_{jm} - R_{jф}}{S}$
	За результатами випробувань $R_{jф}$	За градувальною залежністю $R_{jm}$	
54,6	36,8	39,75	1,8
56,4	37,6	35,58	0,5
56,5	35,0	35,36	0,5
56,9	35,2	34,50	0,0
57,5	34,2	33,25	0,1
57,3	34,1	33,66	0,1
55,9	36,3	36,69	0,6
57,9	33,3	32,38	0,1
57,9	31,8	32,44	0,6
57,3	36,0	33,66	0,7
56,9	37,7	34,50	1,1
56,8	37,7	34,71	1,0
57,1	38,0	34,08	1,4
54,0	42,9	41,25	0,2
54,2	41,2	40,75	0,3
54,1	42,9	41,00	0,4
53,2	47,0	43,34	1,1
53,9	40,2	41,51	1,1
54,8	40,7	39,27	0,2
53,7	42,7	42,02	0,2
54,9	44,1	39,03	1,8
54,9	40,4	39,03	0,2
55,1	38,0	38,55	0,7
54,3	46,1	40,50	2,0
54,6	41,9	39,75	0,5
54,7	43,1	39,51	1,2
54,4	43,1	40,25	0,8
55,2	35,3	38,31	1,8
55,9	33,8	36,69	1,7
56,2	34,8	36,02	0,9
56,3	32,8	35,80	1,7
53,3	43,1	43,07	0,5
53,7	43,1	42,02	0,0
53,3	43,6	43,07	0,3
54,0	41,4	41,25	0,4
54,0	45,6	41,25	1,4
53,4	43,1	42,81	0,4

S – залишкове середнє квадратичне відхилення.

Ультразвуковий прилад УК-14П став найбільш уживаним серед приладів неруйнівного контролю міцності. Причиною цього є відносна мала трудомісткість його використання. Для тарування приладу було проведено ряд випробувань. Їх можна розділити на 2 групи: для бетону віком 7-12 діб (загалом 21 випробування) та бетону віком 28 діб (загалом 57 випробувань). Їх загальні результати наведені у таблицях 1 та 2. Необхідно відмітити, що для чистоти експерименту серед результатів для зрілого бетону були виключені значення, які не входять у проміжок часу проходження звукової хвилі 53-58 мкс. Адже саме в такий проміжок уміщуються результати випробувань бетонних кубів віком 7-12 діб (тут і далі мається на увазі нормальні умови твердіння бетону).

Побудова градувальних залежностей проведена у відповідності з ГОСТ [2]. При цьому було використано удосконалений спосіб відбракування одиничних результатів випробувань, які не відповідають умові (16) додатка 4 в ГОСТ [2]. Даний спосіб полягає у тому, що після кожного відбракування одиничного результату з найбільшим показником у лівій частині нерівності (16) у додатку 4 в ГОСТ [2] градувальна залежність будується заново. Кінцеві (після обробки) таблиці даних наведені нижче (табл. 3 та 4).

Таким чином, були отримані експоненціальні залежності, формула та графік яких представлені на рис. 1 та 2. Відносна погрішність визначення міцності бетону з використанням залежності для зрілого бетону складає:

$$(S_m/R_{\phi}) \cdot 100\% = 5,7\% < 12\%.$$

Для бетону віком 7-12 днів:

$$(S_m/R_{\phi}) \cdot 100\% = 8,8\% < 12\%.$$

Для порівняння отриманих залежностей були обраховані міцності бетону за обома з них для нас-

Таблиця 4. Кінцева (після обробки) таблиця результатів випробувань бетонних кубів у віці 7-12 діб, які враховані при отриманні градувальної залежності

Час проходження ультразвукової хвилі, мкс	Міцність бетону, МПа		$\frac{R_{jн} - R_{jф}}{S}$
	За результатами випробувань $R_{jф}$	За градувальною залежністю $R_{jн}$	
54,6	42,1	41,06	0,3
54,3	44,5	41,90	0,8
53,9	44,8	43,06	0,5
54,0	39,1	42,77	1,1
54,3	36,4	41,90	1,6
54,3	41,9	41,90	0,0
56,1	42,8	37,07	1,7
55,9	41,9	37,58	1,3
55,1	41,5	39,68	0,5
55,8	39,0	37,84	0,3
56,7	40,6	35,59	1,5
56,7	33,9	35,59	0,5
56,8	33,8	35,35	0,5
56,2	33,6	36,82	0,9
57,5	34,5	33,70	0,2
57,6	30,1	33,47	1,0
56,3	33,6	36,57	0,9

Таблиця 5. Порівняння результатів визначення міцності бетону за градувальними залежностями для зрілого бетону та для бетону у віці 7-12 днів

Час проходження ультразвукової хвилі, мкс	Міцність бетону, МПа		Відносна різниця, %
	За градувальною залежністю для зрілого бетону	За градувальною залежністю для бетону віком 7-12 діб	
53	45,16	45,78	1,36
54	42,38	42,77	0,90
55	39,78	39,95	0,44
56	37,33	37,32	0,02
57	35,03	34,87	0,48
58	32,88	32,57	0,94
45	75,04	78,93	5,04
82	7,17	6,36	11,96

тушого ряду значень часу проходження ультразвукової хвилі: 53, 54, 55, 56, 57, 58 мкс. Результати наведені в табл. 5.

Аналіз даних з таблиці 5 показує, що різниця між результатами визначення міцності бетону за

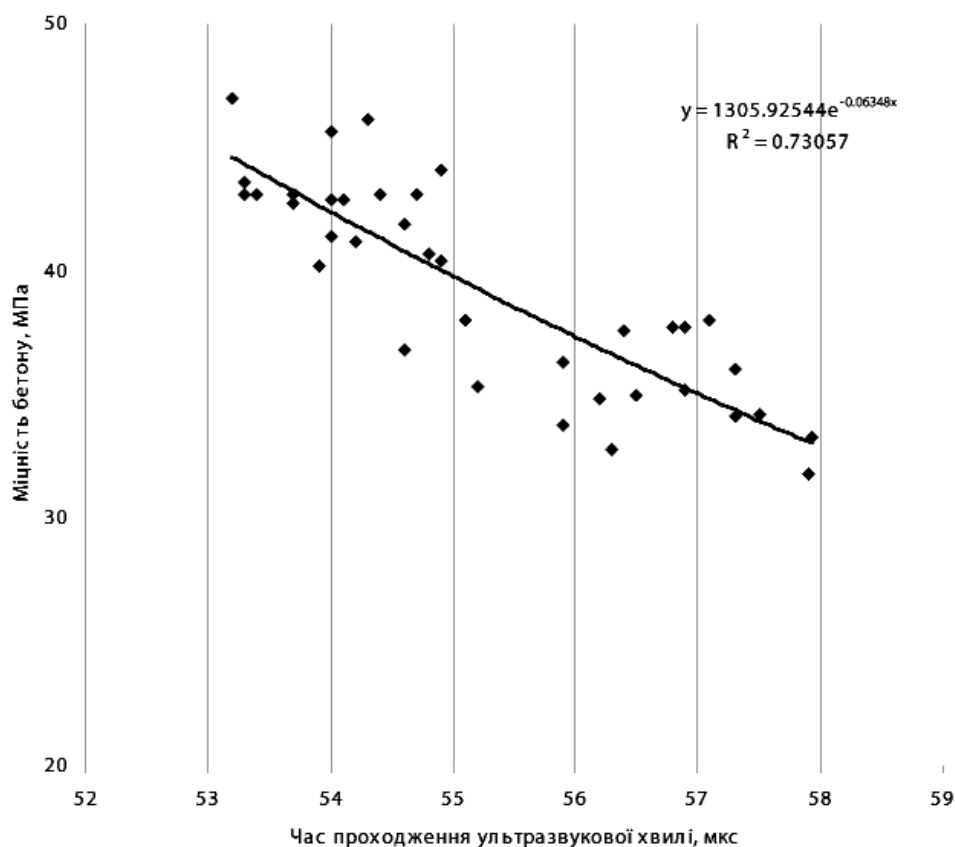


Рис. 1. Графік та формула тарувальної залежності для зрілого бетону

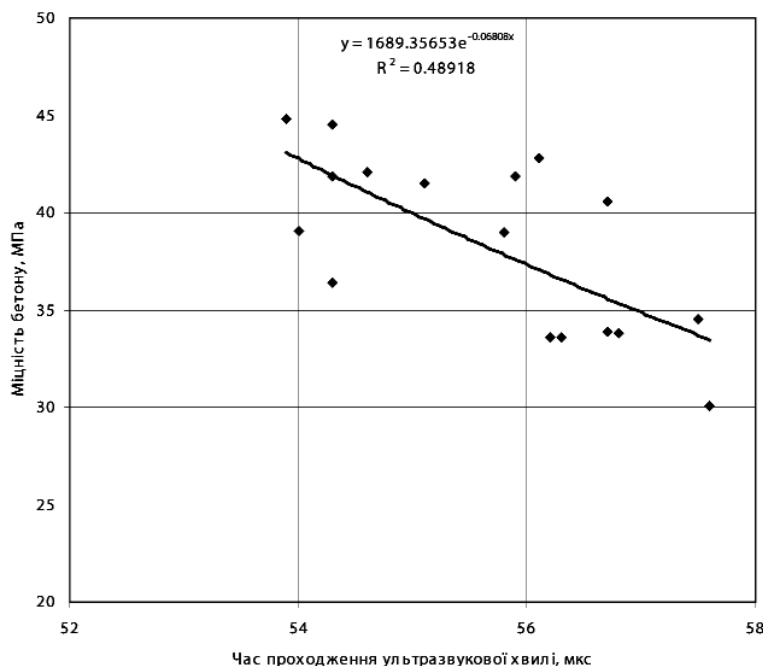


Рис. 2. Графік та формула тарувальної залежності для бетону віком 7-12 діб

обом градувальними залежностями не перевищує 2 % (для часу проходження ультразвукової хвилі 53-58 мкс), тобто є у межах точності вимірювань. У результаті побудови залежності різниці між результатами від часу проходження ультразвукової хвилі (яка виявилася лінійною) було виявлено, що наведена різниця не перевищує точності вимірів 12% в діапазоні міцності бетону 7-77 МПа або відповідних значень часу проходження ультразвукової хвилі 45-82 мкс (останні 2 рядки в таблиці 5). Але цей діапазон є прогнозним і потребує додаткових випробувань для підтвердження.

На основі наведеного вище можна зробити висновки про можливість використання градувальної залежності приладу УК-14П для зрілого бетону для попередньої оцінки міцності бетону у віці 7-27 діб при його прогнозній середній міцності 32-46 МПа. За умови проведення додаткових випробувань може бути підтверджено прогнозоване розширення даного діапазону до 7-77 МПа.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля: ГОСТ 22690-88. – [Взамен ГОСТ 21243-75, ГОСТ 22690.0-77 - ГОСТ 22690.4-77; Введ. с 01.01.91]. – М.: Стройиздат, 1991. – 28 с.

2. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности: ГОСТ 17624-87. – [Взамен ГОСТ

17624-78, ГОСТ 24467-80; Введ. с 01.01.88]. – М.: Стройиздат, 1989. – 26 с.

#### АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается влияние возраста бетона на результаты измерения его прочности с помощью ультразвукового прибора УК-14П с целью определения возможности использования градуировочной зависимости для зрелого бетона (возрастом 28 суток при нормальных условиях твердения) для оценки прочности более «молодых» бетонов. Для этого построены и сравнены соответствующие градуировочные зависимости для бетона возраста 7-12 суток и 28 суток.

Ключевые слова: бетон, прочность, возраст, ультразвуковой прибор, градуировочная зависимость.

#### ANNOTATION

The article deals with the effect of age of concrete on the results of the measurement of its strength by using ultra-sonic device УК-14П in order to determine the feasibility of using the calibration dependence for mature concrete (age 28 days under normal conditions of hardening) to assess the strength of a «young» concretes. To do this, construct and compare the corresponding calibration dependences for concrete ages 7-12 days and 28 days.

Key words: concrete, strenght, age, ultra-sonic, device, calibration, dependence.