

**ОЦІНЮВАННЯ МІЦНОСТІ І ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ  
КОНСТРУКЦІЙ УЛЬТРАЗВУКОВИМ МЕТОДОМ**

П. В. Ясній, О. М. Якубишин, Д. І. Дубіжанський

*Розроблено методику визначення міцності бетону неруйнівними методами контролю. На основі поєднання методів відриву зі сколюванням і ультразвукового методу при паралельних випробуваннях одних і тих же ділянок залізобетонних будівельних конструкцій побудована індивідуальна градувальна залежність для оцінювання міцності бетону конструкції. Похибка вимірювань при цьому склала 7,65 %. За допомогою визначеної індивідуальної градувальної залежності між часом проходження ультразвуку та міцності бетону були визначені характеристики міцності бетону інших конструктивних елементів будівлі виробничого призначення в м. Почаєві Тернопільської області.*

*Разработана методика определения прочности бетона неразрушающими методами контроля. На основе сочетания методов отрыва со скалыванием и ультразвукового метода при параллельных испытаниях одних и тех же участков железобетонных строительных конструкций построена индивидуальная градуировочной зависимости для оценки прочности бетона конструкции. Погрешность измерений при этом составила 7,65 %. С помощью индивидуальной градуировочной зависимости между временем прохождения ультразвука и прочностью бетона были определены характеристики прочности бетона других конструктивных элементов здания производственного назначения в г. Почаев Тернопольской области.*

*It was developed the technique of definition of concrete strength by NDT methods. Based on a combination of methods of cleavage and separation and the ultrasonic method during parallel testing of the same sections of reinforced concrete building structures it was built individual calibration curve to estimate the strength of the concrete structure. Measurement error in this case was 7,65 %.*

*The individual calibration dependence between ultrasound transit time and concrete strength were identified characteristics of concrete strength of other structural elements of the building production facilities in Pochaev Ternopil region.*

Характеристики механічних властивостей матеріалів будівельних конструкцій визначають методами руйнівного контролю [1], з відбором взірців з конструкції для випробувань в лабораторних умовах [2] і методами неруйнівного контролю [3, 4], які дозволяють звести до мінімуму пошкодження конструктивних елементів будівлі. Вочевидь найбільш достовірні дані можуть бути отримані шляхом прямих лабораторних випробувань зразків матеріалів, які вибірково отримані із конструкцій будівлі. Однак вилучення цих дослідних зразків з конструкції найчастіше ускладнено. Таким чином перевагу, як правило, надають неруйнівним методам випробувань.

Особливої актуальності неруйнівні методи контролю міцності конструкції набули після прийняття Кабінетом Міністрів України Державної науково технічної програми «Ресурс» № 1331 від 8 жовтня 2004 р. та Наказу Мінрегіонбуду України від 24 червня 2011 р. про порядок проведення технічного обстеження будівельних конструкцій та інженерних мереж.

До сучасних методів неруйнівного контролю міцності бетону відносять метод ударного імпульсу, ультразвуковий метод, метод відриву зі сколюванням та ін. При цьому неруйнівними характеристиками міцності є значення відскоку бойка, швидкість ультразвукової хвилі, зусилля місцевого руйнування бетону при відриві від нього анкерного пристрою.

Однак для визначення міцнісних характеристик при застосуванні неруйнівних методів слід побудувати градувальні залежності для приладів з різними принципами роботи, а саме між міцністю бетону і непрямою характеристикою міцності. У випадку методу відриву зі сколюванням при застосуванні стандартизованих анкерних пристроїв використовують градувальну залежність, визначену додатком Д [3], середнє квадратичне відхилення якої не перевищує 6 %.

Метод відриву зі сколюванням (ВЗК) ґрунтується на лінійній залежності між опором

бетону на стиск і зусиллям відриву конусного фрагмента бетону  $F$  в поперечному напрямку. При цьому міцність бетону  $f_F$  обчислюють за градувальною залежністю [3]:

$$f_F = m_1 m_2 \cdot F,$$

де  $m_1$  – коефіцієнт, що враховує максимальний розмір крупного заповнювача у зоні вириву,  $m_2$  – коефіцієнт пропорційності для переходу від зусилля вириву до міцності бетону.

Найбільш ефективним і уживаним непрямым методом контролю міцності бетону в конструкціях є ультразвуковий метод, який дозволяє визначати міцність не тільки у поверхневому шарі конструкції, а й наскрізним прозвучуванням. Окрім цього цей метод є найменш трудомісткий. Фізична сутність даного методу полягає у зв'язку між міцністю бетону конструкції і швидкістю проходження в ньому поздовжніх ультразвукових хвиль.

Отже, на основі паралельних випробувань одних і тих же ділянок залізобетонних будівельних конструкцій методом відриву зі сколюванням можна з необхідною точністю побудувати індивідуальну градувальну залежність для оцінювання міцності бетону конструкції із застосуванням ультразвукового методу неруйнівного контролю. Виходячи з цих передумов, була складена методика випробувань тривких залізобетонних конструкцій із застосуванням неруйнівних методів контролю визначення міцності бетону.

За замовленням ТОВ «Промбудпроект», науково-випробувальною лабораторією будівельних матеріалів виробів і конструкцій Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя проведені інструментальні дослідження технічного стану та придатності до подальшої експлуатації конструктивних елементів споруди виробничого призначення в м. Почаєві Тернопільської області. Для цього використовувалися прилади неруйнівного контролю міцності бетону, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Засоби вимірювальної техніки**

№ з/п	Найменування приладу чи обладнання	Межі вимірювання	Похибка засобу вимірювальної техніки
1	Вимірювач електронний захисного шару бетону і розташування арматури ИПА-МГ4	0...150 мм	±10 мм
2	Прилад для визначення міцності бетону ультразвуковим методом Бетон -32	15...6500 мкс	±(0,01t+0,1) мкс
3	Вимірювач міцності бетону методом відриву зі сколюванням ПОС-50-МГ4	5...50 кН 5...100 МПа	±2 %

Характеристики міцності бетону колон, ригелів і плит перекриття (рис. 1) визначали паралельними випробуваннями одних і тих самих ділянок конструкцій методом відриву зі сколюванням згідно з [3] та ультразвуковим методом за вимогами [4] з метою побудови градувальної залежності між міцністю бетону і часом проходження ультразвукової хвилі, а також окремими випробуваннями ділянок конструкцій ультразвуковим методом.



Рис. 1. Загальний вигляд об'єктів випробувань

Ділянки конструкцій випробовували методом відриву зі сколюванням у такій послідовності [3]:

- визначали розташування арматури на ділянці дослідження магнітним методом згідно з [5];

- у бетоні висвердлювали шпур під розмір анкера;
  - в шпурі закріплювали анкерний пристрій на глибину, передбачену експлуатаційними документами приладу;
  - прилад з'єднували з анкерним пристроєм;
  - анкер навантажували зі швидкістю від 1,5 кН/с...3,0 кН/с;
  - фіксували покази силовимірювача приладу та глибину вирви з похибкою не більше 1 мм.
- Випробування ділянок конструкцій ультразвуковим методом проводилися згідно з [4] у такій послідовності:
- визначали розташування арматури на ділянці дослідження магнітним методом згідно з [5];
  - ультразвуковим приладом вимірювали час розповсюдження ультразвуку з постійною базою 120 мм у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

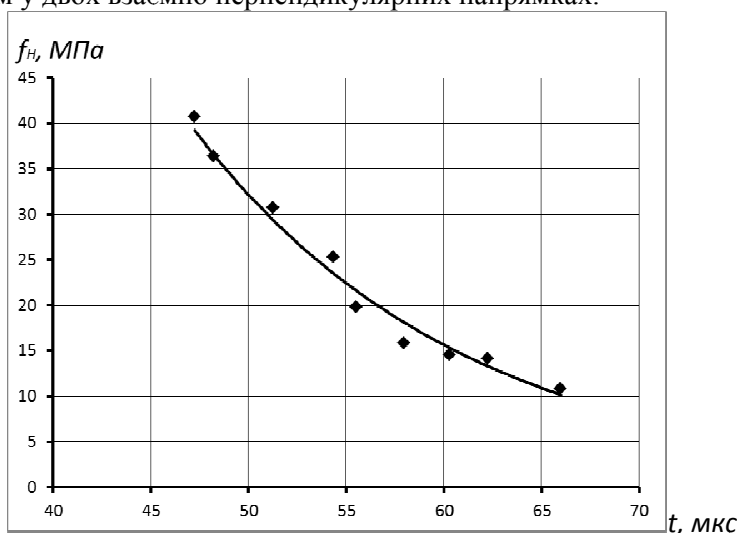


Рис. 2. Градієнтна залежність міцності бетону від середнього часу розповсюдження ультразвуку

За результатами паралельних випробувань міцності бетону конструктивних елементів була побудована градієнтна залежність за методикою згідно з додатком Г [4]. Результати розрахунку після відбракування одиничних випробувань, що не задовольняли умову (Г.10) додатка Г [4], подані в табл. 2.

Таблиця 2

Конст-рукція	Номер ділянки	Середнє значення часу $t$ , мкс	Міцність бетону, МПа	
			за випробуваннями	за градієнтною залежністю
			$H_i$	$f_{i,n}$
Колони	1	55,50	19,8	20,89
	2	47,25	40,7	38,78
	3	54,35	25,3	22,77
	4	62,25	14,2	12,59
	5	57,95	15,9	17,38
Балки перекриття	6	60,30	14,5	14,57
	7	51,25	30,7	28,73
	8	48,20	36,4	36,11
	9	65,98	10,8	9,52
Сума		503,03	208,34	201,3
Середнє значення			23,15	22,37

В таблиці 2:  $H_i$  – непряма характеристика (середнє значення часу  $t$ );

$f_{i,H}$  – міцність бетону, визначена за отриманою градууювальною залежністю;

$f_i$  – міцність бетону, визначена методом відриву зі сколюванням.

Таким чином, була отримана експоненціальна залежність  $y = 1183.8e^{-0.072x}$  між міцністю бетону і середнім часом проходження ультразвукової хвилі через досліджувану конструкцію, графік якої подано на рисунку 2.

Відносна похибка визначення міцності бетону з використанням даної залежності склала:

$$\frac{S_T}{f_m} \cdot 100\% = \frac{1,772}{23,15} \cdot 100\% = 7,65\% \leq 12\%.$$

#### Висновки

- Розроблено методику визначення міцності бетону неруйнівними методами контролю. На основі поєднання методів відриву зі сколюванням і ультразвукового методу при паралельних випробуваннях одних і тих же ділянок залізобетонних будівельних конструкцій побудована індивідуальна градууювальна залежність для оцінки міцності бетону конструкції. Похибка вимірювань при цьому склала 7,65 %.
- За допомогою визначеної індивідуальної градууювальної залежності між часом проходження ультразвуку та міцності бетону були визначені характеристики міцності бетону інших конструктивних елементів будівлі.
- За результатами проведеного інструментального обстеження встановлено, що окремі конструктивні елементи та ділянки будівлі виробничого призначення в м. Почаєві Тернопільської області в разі не своєчасного прийняття відповідних інженерно-технічних заходів можуть перейти до аварійного стану. Подальша безпечна експлуатація будівлі можлива лише за умови її реконструкції згідно з проектною документацією, розробленою на основі протоколу випробувань і затвердженою у встановленому порядку.

#### Використана література

1. ДСТУ Б В.2.7-223:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій. – ДП НДІБК, К. Мінрегіонбуд України, 2010. – 16 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності. – ДП НДІБК, К. Мінрегіонбуд України, 2010. – 23 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Будівельні матеріали Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. – ДП НДІБК, К. Мінрегіонбуд України, 2010. – 20 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-226:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності. – ДП НДІБК, К. Мінрегіонбуд України, 2010. – 27 с.
5. ДСТУ Б В.2.6-4-95 Конструкції будинків і споруд. Конструкції залізобетонні. Магнітний метод визначення товщини захисного шару та розташування арматури. – ДП НДІБК, К. Мінрегіонбуд України, 1995. – 20 с.

**Ясній Петро Володимирович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя.

**Якубишин Олег Михайлович** – провідний інженер кафедри будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя.

**Дубіжанський Дмитро Ігорович** – асистент кафедри будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя.