

**АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗМІНЮВАНІСТЬ
МІЦНІСНИХ ТА ДЕФОРМАТИВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
КРУПНОЗЕРНИСТОГО ТА ДРІБНОЗЕРНИСТОГО БЕТОНІВ
В ЧАСІ**

**ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE VARIABILITY
STRENGTH CHARACTERISTICS COARSE AND FINE
CONCRETE TIME**

**Сунак О.П., к.т.н., доцент (Луцький НТУ, м. Луцьк), Сунак П.О.,
к.т.н., доцент (Луцький НТУ, м. Луцьк)**

**Sunak O.P., Ph.D., senior lecturer (Lutsk National Technical
University, Lutsk), Sunak P.O., Ph.D., senior lecturer (Lutsk National
Technical University, Lutsk)**

Наведено результати досліджень статистичних характеристик крупнозернистого та дрібнозернистого бетонів. Проаналізовано фактори, що впливають на змінюваність статистичних характеристик цих матеріалів.

The results of the studies statistical characteristics of coarse and fine concrete. Factors that affect the variability statistical characteristics of these materials. Based on experimental data of tests of prisms of fine-grained concrete age of 28 days in compression made statistics processing by the method of point estimation. The number of prism samples for each class was 24. Thus calculated the coefficients of variation for fine-grained concrete are presented in table. 1. The average value of the prismatic coefficient of variation of strength of fine concrete was 12.1%.

Ключові слова: фактори, бетон, статистика

Keywords: factors, concrete, statistics

Фактори, що впливають на характер формування і величину фізико-механічних характеристик бетону, змінювання їх в часі можна умовно поділити на дві групи.

Перша група – це фактори, що пов'язані з виготовленням конструкцій. Вони визначаються властивостями і співвідношеннями вихідних матеріалів; умовами виготовлення і формування бетонної суміші; режимом перемішування і ущільнення; об'ємом в конструкції і умовами тужавлення. Другу групу факторів визначають умови роботи конструкцій: вологість і температура навколишнього середовища; розміри поперечного перерізу елемента; тривалість і характер дії навантажень і впливів.

На основі статистичної обробки великого числа дослідних даних різних авторів було визначено найбільш суттєві фактори, що впливають на міцність і модуль пружності бетону.

На міцність бетону суттєвий вплив мають вид і активність цементу, склад бетону, фізико-механічні властивості, інтенсивність навантаження.

На початковий модуль пружності найбільше впливають склад бетону, його кубикова міцність, відносний рівень і характер прикладених напружень.

Мінливість фізико-механічних властивостей матеріалів та її рівень залежить від багатьох причин, основні з яких: старіння (зношення) матеріалів у часі, природні умови роботи матеріалу, низька культура виробництва, умови зберігання і транспортування, тощо.

Тривалі деформації в бетоні (усадка і повзучість) дуже залежать від умов роботи конструкцій.

Розкид міцності бетону насамперед визначається його середньою міцністю $\bar{R}_{b,28}$ у віці $\tau_0=28$ діб, віком в момент випробувань, тобто міцністю $R_{b,\tau}$, умовами тужавлення, розмірами зразків, їх числом в серії. Для стандартних заводських випробувань величину коефіцієнтів варіації V_{Rb} для крупнозернистого бетону визначають за табл. 1.

На основі експериментальних даних випробування призм з дрібнозернистого бетону у віці 28 діб на стиск [1] зроблено статистичну обробку методом точкового оцінювання. Число зразків призм для кожного класу становило 24. Підраховані таким чином коефіцієнти варіації для дрібнозернистого бетону наведені у табл. 1. Середнє значення коефіцієнта варіації призмової міцності дрібнозернистого бетону становило 12,1%.

Коефіцієнти варіації призмової міцності бетону V_{R_y} , %

Умови твердіння	Клас бетону									
	Крупнозернистий							Дрібнозернистий		
	10	20	30	40	50	60	>70	10	20	30
Природне твердіння	15,9	12,9	10,5	8,2	6,6	5,4	5,1	14,3	12,5	9,3
Теплова обробка	12,1	11,1	9,4	9,0	7,8	6,6	5,5	-	-	-

Проаналізувавши дані табл. 1 приходимо до висновку, що коефіцієнт варіації міцності на стиск для дрібнозернистого бетону даного класу має тенденцію зменшуватися по відношенню до цього ж коефіцієнту бетону крупнозернистого.

Як відомо величина коефіцієнта варіації кубикової міцності бетону природного твердіння зменшується із збільшенням його віку від τ до 28 діб. Це пояснюється тим, що до цього моменту часу мінералогічний склад і структура бетону стають більш однорідними по всьому зразку, тобто вони стабілізуються. Значення коефіцієнтів відношення $V_{R,\tau}/V_{R,28}$ для важких бетонів природного твердіння наведено в табл. 2.

Результати досліджень [3] і отримані на основі їх статистичні дані дозволяють твердити про наявність практично лінійних залежностей змінюваності міцності від розміру h ребра дослідного зразка-куба. (табл. 3).

Проте значення коефіцієнтів варіації V_R бетонів, випробуваних в лабораторних умовах, можуть суттєво відрізнятись від отриманих на виробництві. В виробничих умовах змінюваність міцності бетону залежить від технологічних параметрів і може суттєво змінюватись в межах однієї конструкції.

Дослідження [3,4] свідчать, що для бетонів, які використовують в будівництві, коефіцієнти варіації більші в середньому в 1,5 рази.

Таблиця 2

Вплив віку бетону на змінюваність його міцності

τ , діб	1-2	3-4	5-6	7-8	9-12	13-16	17-20	21-24	25-27	28
$\frac{V_R}{V_{R,28}}$	4,0	2,4	1,8	1,5	1,35	1,15	1,09	1,05	1,02	1,0

Таблиця 3

Вплив розмірів зразка на змінюваність міцності бетону

h , мм	40	80	120	160	200
$\frac{V_R}{V_{R,28}}$	0,62	0,73	0,82	0,91	1,0

Щодо міцності бетону на розтяг, то в роботі [5] пропонується залежність величини опору бетону на розтяг R_{bt} від класу бетону (міцності на стиск) B (табл. 4), яка отримана на основі статистичної обробки результатів експериментів.

Таблиця 4

Співвідношення міцності бетону при стисканні і розтяганні

B , МПа	10	20	30	40	50	60	80	90
$\frac{R_b}{B}$	0,105	0,085	0,071	0,062	0,058	0,055	0,051	0,050

Дослідних даних для оцінювання величини змінюваності міцності бетону при розтяганні V_{Rbt} в літературі недостатньо. Встановлено лише те, що розкид міцності бетону при розтяганні суттєво більший, ніж при стисканні. За результатами досліджень отримано величину $V_{Rbt}/V_{Rb} = 1,5$.

Таким чином можна вважати, що середні коефіцієнти варіації міцності бетону на стиск знаходиться в межах 5...15%, на розтяг – в межах 10...25%.

Коефіцієнт варіації початкового модуля пружності бетону V_{Eb} мало залежить від факторів, які впливають на V_{Rb} . Разом з тим

статистичний аналіз результатів досліджень встановив зменшення величини V_{Eb} з віком τ (табл. 5).

Таблиця 5

Вплив віку бетону на змінюваність початкового модуля пружності

τ , діб	0...12	13...25	26...359	350...624	>625
V_{Eb} , %	13,0	12,0	9,0	9,0	9,0

Важливою характеристикою випадкової величини є закон її розподілу.

В реальних умовах велику роль в формуванні законів розподілу властивостей бетону грають технологічні фактори. Як обґрунтування можливості використання нормального закону розподілу міцності бетону на рис. 1 і 2 зображені результати досліджень, отримані при різних умовах виробництва. Відповідність розподілу міцності бетону нормальному закону перевірені за критерієм χ^2 Пірсона .

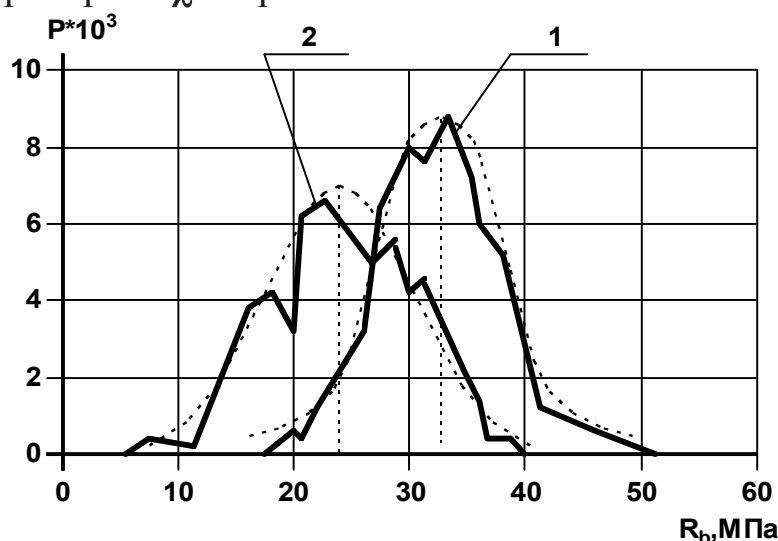


Рис. 1 Полігони розподілу міцності бетону на стиск за даними заводів залізобетонних конструкцій України; 1– через 28 діб; 2 – після пропарювання; — експериментальні криві; ---- криві нормального розподілу

На рис.3 зображені результати дослідження змінюваності призмової міцності дрібнозернистого бетону класу В10 за експериментальними даними роботи [5]. Відповідність розподілу міцності дрібнозернистого бетону нормальному закону перевірені шляхом аналізу асиметрії $-A$ та ексцесу $-E$.

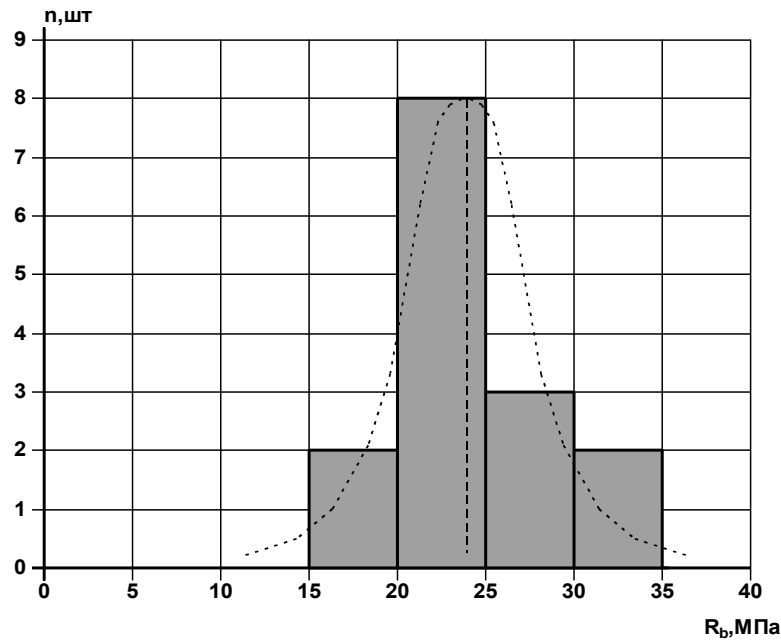


Рис. 2. Гістограми розподілу міцності бетону класу В10 на стиск, отримані за даними лабораторних випробувань

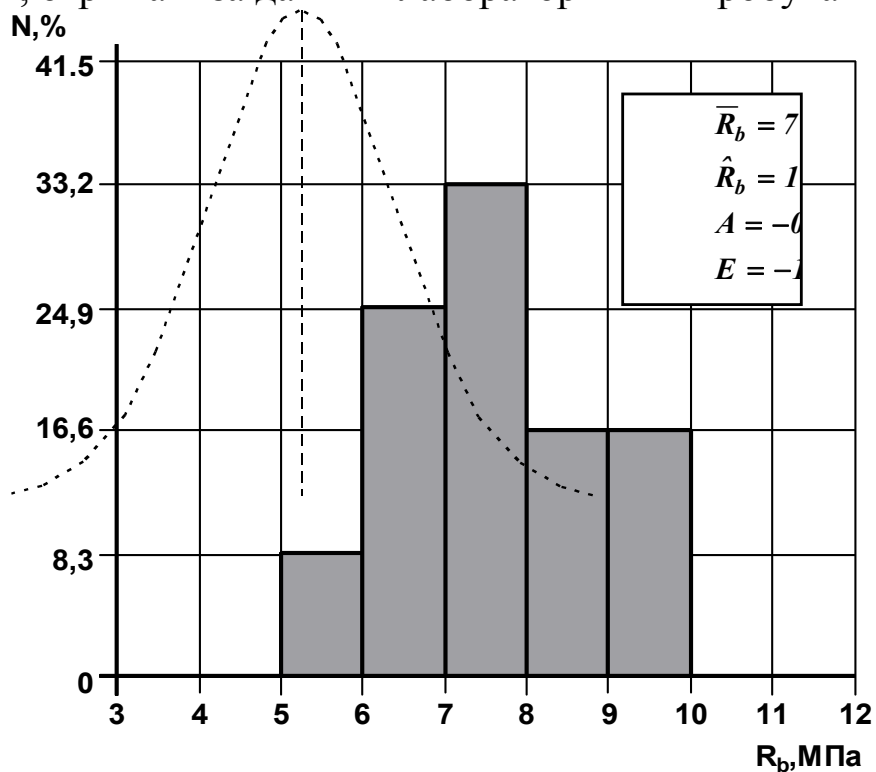


Рис. 3 Гістограма розподілу призмової міцності дрібнозернистого бетону класу В10; ---- крива Гауса

Причинами аномальності розподілу R_b , як правило, бувають грубі порушення в технології: неоднорідність заповнювачів, недотримання точності дозування, змінюваність вологості заповнювачів, недотримання теплового режиму обробки виробів тощо.

Дослідженню модуля пружності приділено менше уваги. В роботах [1,2] проведений аналіз відповідності нормальному закону експериментальних даних величини E_b за критерієм χ^2 Пірсона.

Як приклад на рис.4 зображені емпірична і теоретична нормальна криві розподілу початкового модуля пружності E_b у віці бетону 1085 діб за даними 27 зразків в серії. Рис.5 містить графічне зображення розподілу початкового модуля пружності дрібнозернистих бетонів середніх класів міцності.

На основі статистичного аналізу методом точкового оцінювання результатів експериментальних даних 30 зразків роботи [1] з дослідження початкового модуля пружності дрібнозернистого бетону у віці 28 діб для середнього класу міцності в межах В10...В30 отримана величина коефіцієнта варіації $V_{E_b} = 12,9\%$. За своїм значенням вона близька до значень коефіцієнта варіації початкового модуля пружності крупнозернистого бетону. Можливість використання нормального закону розподілу перевірена шляхом аналізу асиметрії – A та ексцесу – E (рис. 5).

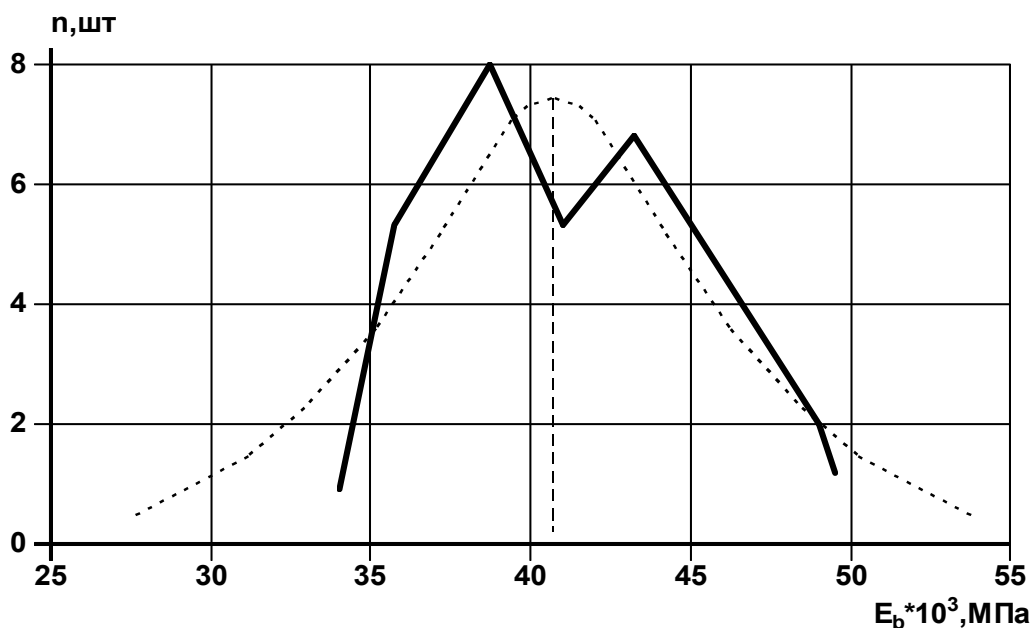


Рис. 4. Полігон розподілу початкового модуля пружності бетону:

— експериментальна крива; ---- крива нормального закону розподілу

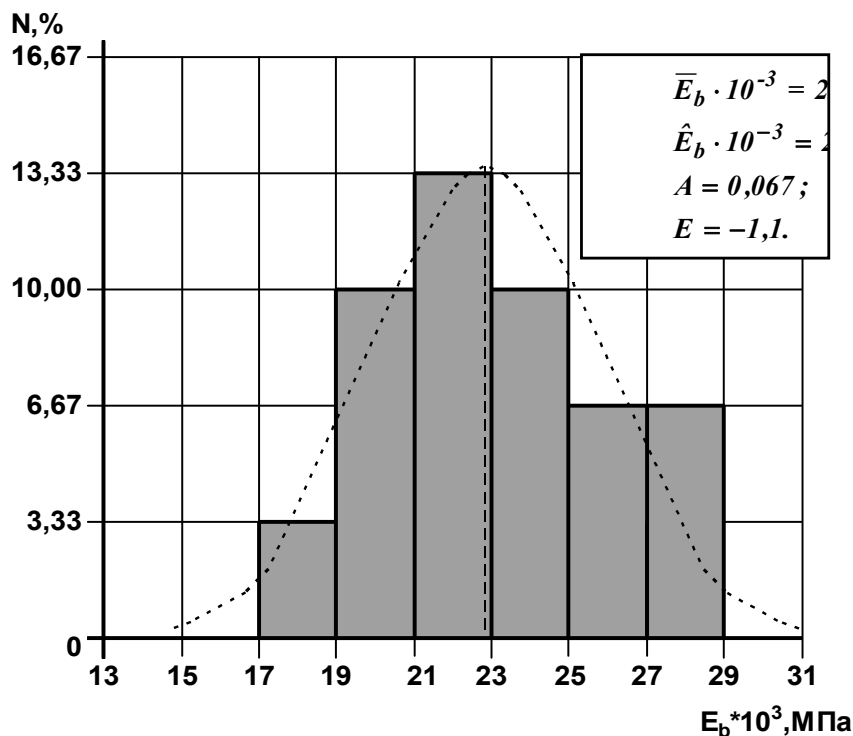


Рис.5 Гістограма розподілу початкового модуля пружності дрібнозернистого бетону; ---- крива Гауса

Таким чином, міцнісні та деформативні характеристики крупнозернистого та дрібнозернистого бетону можуть бути описані нормальним законом розподілу.

1.Сунак О.П. Прочность, трещиностойкость и деформативность нормальных сечений изгибаемых комбинированно армированных сталефибробетонных элементов: Дис ... канд.техн.наук: 05.23.01.-Киев, 1986. - 175с.

2.Сунак П.О. Оцінювання надійності сталефібробетонних елементів: Дис... канд.техн.наук: 05.23.01. –Луцьк, 2001. –176с.

3. Пошивач В.Г. Надежность и контроль качества изгибаемых железобетонных конструкций: Дис ... канд.техн.наук: 05.23.01.- Киев, 1997. - 150 с.

4. Кудзис А.П. Оценка надежности железобетонных конструкций. - Вильнюс: Мокслас, 1985. - 156 с.

5. Гетун Г.В. Экспериментально-теоретические исследования изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных в растянутой зоне слоем сталефибробетона: Дис... канд.техн.наук: 05.23.01.-Киев, 1983. - 180с.