

УДК 624.012.45:666.972.17

О. В. Андрійчук*

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6275-097X>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

Д. Ю. Громов

аспірант, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7862-6662>

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

*автор-кореспондент, e-mail: [Aleklutsk@gmail.com](mailto:AlekLutsk@gmail.com)

Встановлення кореляційної залежності між неруйнівними та руйнівними випробуваннями бетону і сталевібробетону

Цитувати як:

Андрійчук, О. В., Громов, Д. Ю. (2025). Встановлення кореляційної залежності між неруйнівними та руйнівними випробуваннями бетону і сталевібробетону. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 24, 40-51. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-03](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-03)

© 2025, Андрійчук О. В., Громов Д. Ю.

У статті узагальнено сучасні методи неруйнівного оцінювання міцності бетонних і залізобетонних конструкцій та представлено результати експериментальних досліджень із використанням склерометрії й руйнівних випробувань за допомогою пресу ПСУ-250. Актуальність роботи визначається потребою у достовірному контролі технічного стану конструкцій без порушення їх цілісності, оскільки застосування руйнівних методів у практичних умовах часто обмежене. Метою дослідження є оцінювання точності неруйнівного визначення міцності бетону та встановлення кореляції між показником відскоку склерометра і фактичним значенням міцності на стиск.

Експериментальну частину виконано на кубах і циліндрах із звичайного бетону та сталевібробетону ($\mu = 1\%$). Для кожного зразка проведено десять склерометричних вимірювань, визначено середній показник відскоку R , стандартне відхилення та коефіцієнт варіації, тоді як міцність на стиск F визначена за результатами випробувань на пресі ПСУ-250. Встановлено, що сталевібробетон характеризується нижчим коефіцієнтом варіації (6-10 % проти 11-14 % у звичайного бетону) та підвищеною міцністю на 2-6 МПа.

Порівняння неруйнівних і руйнівних методів засвідчило систематичне завищення результатів склерометрії в межах 20-40 %, що підтверджує необхідність використання калібрувальних залежностей $R - F$ у практиці технічного діагностування. Отримані результати підтверджують ефективність неруйнівних методів для орієнтовного оцінювання міцності бетону, моніторингу технічного стану конструкцій та раннього виявлення пошкоджень, що є важливим для інженерної практики.

Ключові слова: бетон, залізобетон, сталевібробетон, згинальний елемент, напружено-деформований стан, міцність на стиск, несуча здатність, неруйнівні методи, склерометр, моделювання, технічне обмеження.

Вступ

Аналіз літературних джерел і постановка проблеми. Забезпечення надійності бетонних і залізобетонних конструкцій під час експлуатації є одним із ключових завдань сучасного будівництва. Достовірне визначення міцності бетону без порушення цілісності конструкції є ключовою умовою для прийняття обґрунтованих технічних рішень, оцінювання залишкового ресурсу та своєчасного виявлення потенційно небезпечних дефектів. Традиційні руйнівні методи, що передбачають відбір зразків або локальне пошкодження елементів, часто є неприйнятними через значну трудомісткість, високу вартість та ризик зміни напружено-деформованого стану конструкції. Як альтернатива цьому – неруйнівні методи оцінювання міцності бетону – дають змогу визначити фізико-механічні характеристики матеріалу без його пошкодження, забезпечуючи оперативність, економічність і можливість виконання масових обстежень. Це особливо актуально для України, через наявну величезну кількість будівель із пошкодженими залізобетонними колонами, згинальними елементами тощо [1].

В Україні використовують ультразвуковий і механічний способи неруйнівного контролю міцності бетону [2]. Згідно з нормативними документами [3, 4], до основних методів належать: ультразвуковий метод із наскрізним прозвучуванням, метод пружного відскоку, метод пластичної деформації, а також метод відриву зі сколюванням.

Аналіз праць [5-8] свідчить, що застосування неруйнівних методів є ефективним як для оцінювання міцності, так і для контролю корозійного стану арматури та загального технічного стану споруд. У [5] наведено результати неруйнівного контролю арматури в умовах морського середовища; у [6] систематизовано стадії корозійних пошкоджень; у [7] показано, що комбіноване застосування кількох неруйнівних методів дозволяє знизити відносне відхилення прогнозованої міцності до 10 %; у [8] підкреслено роль постійного моніторингу із застосуванням сенсорних систем. Водночас точність неруйнівних методів значною мірою визначається статистичною стабільністю результатів та рівнем кореляції між отриманими неруйнівними показниками і фактичною міцністю бетону [9-12].

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є узагальнення неруйнівних методів оцінювання міцності бетонних і залізобетонних конструкцій та детальне експериментальне дослідження склерометричного методу з порівнянням його результатів із пресовими випробуваннями кубів і циліндрів зі звичайного бетону та сталевібробетону, що містить $\mu = 1$ % сталевих волокон за об'ємом.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

- 1) проаналізувати класифікацію та принципи дії основних неруйнівних методів оцінювання міцності бетону в конструкціях;
- 2) провести склерометричні випробування бетонних кубів і циліндрів зі звичайного бетону та сталевібробетону в будівельній лабораторії;
- 3) виконати руйнівні випробування зразків на стиск;
- 4) визначити кореляцію між результатами неруйнівних і руйнівних методів;
- 5) оцінити вплив сталевіброї на однорідність структури бетону та особливості руйнування зразків під час стиску.

Матеріали та методи

Склерометричні методи неруйнівного випробування – це механічні способи визначення поверхневої твердості бетону, які широко застосовують для оперативної оцінки його міцності безпосередньо на об'єкті.

Експериментальна частина дослідження здійснена в науково-дослідній будівельній лабораторії Луцького національного технічного університету. Об'єктами випробувань були куби розміром $150 \times 150 \times 150$ мм та циліндри діаметром $\varnothing 150$ мм і висотою $h = 300$ мм, виготовлені зі звичайного бетону та сталевібробетону з вмістом фібри 1 % за об'ємом.

Для кожного зразка виконано 10 ударів електронним склерометром (рис. 1, а) на відстані приблизно 20-30 мм в центральній частині зразків. Фактичну міцність зразків на стиск визначали за допомогою гідравлічного преса ПСУ-250 (рис. 1, б) згідно зі стандартною методикою випробувань.



Рис. 1. Лабораторне обладнання для вимірювання міцності:
а - електронний склерометр (неруйнівний метод);
б - прес ПСУ-250 (руйнівний метод)

Математична обробка результатів дослідження виконувалася із використанням базових статистичних залежностей. Формули (1)-(4) використовувалися для визначення середнього значення (1), стандартного

відхилення (2), коефіцієнта варіації (3) та коефіцієнта кореляції між R і F (4), який дає можливість кількісно оцінити ступінь узгодженості та збіжності між результатами, отриманими неруйнівними та руйнівними методами оцінювання міцності

$$\text{- середнє значення: } R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i, \quad (1)$$

$$\text{- стандартне відхилення: } s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (R_i - R)^2}, \quad (2)$$

$$\text{- коефіцієнт варіації: } CV = \frac{s}{R} \times 100 \%, \quad (3)$$

$$\text{- коефіцієнт кореляції Пірсона: } r_{RF} = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R)(F_i - F)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (R_i - R)^2 \sum_{i=1}^n (F_i - F)^2}}. \quad (4)$$

Сукупно ці залежності дозволяють оцінити точність неруйнівного методу та його відповідність результатам руйнівних пресових випробувань.

Результати та обговорення

Для проведення експериментальних досліджень в будівельній лабораторії було виготовлено серії кубів без армування (Б_К-1, Б_К-2, Б_К-3) та кубів зі сталевібробетону із вмістом $\mu = 1$ % сталевібробетону за об'ємом (СФБ_К-1, СФБ_К-2, СФБ_К-3). Аналогічно були виготовлені циліндри без армування (Б_Ц-1, Б_Ц-2, Б_Ц-3) та циліндри зі сталевібробетону (СФБ_Ц-1, СФБ_Ц-2, СФБ_Ц-3).

Бетон виготовляли класу С25/30 відповідно до вимог діючих норм. Склад бетонної суміші підбирався таким чином, щоб забезпечити стабільні показники міцності та однорідності. У якості дрібного заповнювача використовувався митий кварцовий пісок, як крупний – щебінь фракції 2-5 мм, цемент – марки М500. Водоцементне співвідношення становило приблизно 0,58, що забезпечувало необхідну рухливість суміші для формування зразків.

Як дисперсне армування застосовували анкерну сталеву фібру довжиною $l = 50$ мм та діаметром $\varnothing 1$ мм (рис. 2).



Рис. 2. Анкерна сталеві фібра, використана у складі сталеві фібробетону

Волокна рівномірно добавлялися в бетонну суміш у кількості $\mu = 1$ % за об'ємом, що відповідає середній концентрації для забезпечення ефективного процесу тріщиностримування та підвищення енергоємності руйнування.

Сформовані куби і циліндри ущільнювали шляхом вібрування для видалення повітряних включень та формування однорідної структури.

Твердіння дослідних зразків здійснювалося з дотриманням регламентованого режиму витримування. У першу добу після виготовлення куби та циліндри перебували під поліетиленовою плівкою для запобігання інтенсивному випаровуванню вологи. Після розпалублення зразки протягом 7 діб витримували у воді за температури (20 ± 2) °С, що забезпечувало їх рівномірне насичення вологою. Надалі до завершення 28-ї доби твердіння зразки перебували у ванні з гідравлічним затвором, що дозволяло підтримувати стабільні умови вологісного середовища (відносна вологість ≥ 95 %).

На рис. 3 представлено процес виготовлення дослідних зразків.



Рис. 3. Процес виготовлення експериментальних зразків – циліндрів і кубів

Сталеві фібробетонні зразки демонстрували більш пластичний і контрольований характер руйнування. Це зумовлено наявністю сталевих волокон, які виконують функцію містків тріщин (рис. 4), перешкоджаючи раптовому крихкому відокремленню фрагментів матеріалу. Завдяки цьому зразки зберігали відносну цілісність навіть після втрати несучої здатності. На відміну від сталеві фібробетону, для звичайного бетону характерні чітко виражене розкриття тріщин та відшарування поверхневих фрагментів. Отже, сталеві фібробетон характеризується підвищеною тріщиностійкістю, меншим розкриттям тріщин і збереженням залишкової цілісності після руйнування. На рис. 4 наведено зразки після випробувань на стиск, а на рис. 5 – прояв ефекту стримування подальшого розвитку тріщин фібрами.



Рис. 4. Дослідні зразки після руйнівного випробування на стиск



Рис. 5. Прояв ефекту «мостіння» тріщин сталевими волокнами
(англ. *crack-bridging effect*)

Аналіз результатів склерометричних вимірювань і руйнівних випробувань кубів і циліндрів виявив чітку відмінність у поведінці звичайного бетону та сталевібробетону. Для кубічних зразків без фібри (Б_К-1...Б_К-3) середні значення стандартного відхилення становили $s = 5,39-5,67$ МПа, а коефіцієнта варіації - $CV = 12,82-13,94$ %. Додавання $\mu = 1$ % сталевібробетону зменшило дисперсію результатів: для серій СФБ_К-1...СФБ_К-3 значення s знизилися до $3,2-4,51$ МПа, а CV - до $7,57-10,5$ %. Це вказує на підвищення однорідності матеріалу та зменшення його чутливості до локальних структурних дефектів. Подібна закономірність спостерігається також для циліндричних зразків. У звичайного бетону (Б_Ц-1...Б_Ц-3) коефіцієнт варіації становив $CV = 10,27-11,44$ %, а в сталевібробетоні (СФБ_Ц-1...СФБ_Ц-3) він знизився до $CV = 5,94-8,82$ %. Зразки серій СФБ_Ц-2 та СФБ_Ц-3 мали менше розсіювання показників і суттєво вищу міцність при стиску - $F = 41,05$ та $F = 43,88$ МПа відповідно.

Порівняння значень F для кубів показує, що середня міцність звичайного бетону становила $F = 31,2-32,5$ МПа, а в сталевібробетону вона збільшилася до $F = 32,0-36,2$ МПа.

Варто зазначити, що застосування дисперсного армування підвищило міцність зразків та зменшило розсіювання отриманих результатів, як при склерометричних, так і при пресових випробуваннях.

Розширені результати руйнівних випробувань наведено у табл. 1.

Табл.1. Результати експериментальних випробувань

Серія	Тип зразка	R, МПа	s, МПа	CV, %	F, МПа
Б К-1	Куб ($\mu = 0$)	42,04	5,39	12,82	30,95
Б К-2	Куб ($\mu = 0$)	44,05	5,67	12,87	32,25
Б К-3	Куб ($\mu = 0$)	40,04	5,58	13,94	32,47
СФБ К-1	Куб ($\mu = 1,0$)	40,54	3,62	8,92	32,47
СФБ К-2	Куб ($\mu = 1,0$)	42,96	4,51	10,5	32,04
СФБ К-3	Куб ($\mu = 1,0$)	42,28	3,2	7,57	36,18
Б Ц-1	Циліндр ($\mu = 0$)	32,19	3,45	10,73	23,55
Б Ц-2	Циліндр ($\mu = 0$)	35,76	3,67	10,27	24,66
Б Ц-3	Циліндр ($\mu = 0$)	32,58	3,73	11,44	28,26
СФБ Ц-1	Циліндр ($\mu = 1,0$)	31,9	2,81	8,82	24,93
СФБ Ц-2	Циліндр ($\mu = 1,0$)	41,05	2,44	5,94	25,76
СФБ Ц-3	Циліндр ($\mu = 1,0$)	43,88	2,83	6,44	31,3

Зменшення коефіцієнта варіації для сталевібробетону свідчить про стабілізацію структури бетону при наявності в ньому сталевібробетону та підвищення рівномірності його механічної відповіді. Це позитивно впливає на точність неруйнівного оцінювання, оскільки покращуються умови формування коректних калібрувальних залежностей $R - F$.

Порівняння результатів неруйнівних і руйнівних випробувань засвідчило систематичне завищення оцінок міцності бетону за склерометричними вимірюваннями. Для кубічних зразків без фібри неруйнівні показники перевищували пресові результати в середньому на 30-35 %, тоді як для сталевібробетону – на 25-30 %. Для циліндрів розбіжність була ще більшою: 32-35 % для звичайного бетону та до 40 % для сталевібробетону. Таким чином, у всіх серіях спостерігалось істотне завищення значень міцності за склерометрією.

Встановлена розбіжність є характерною для неруйнівних методів і зумовлена низкою фізичних та технологічних чинників. По-перше, склерометр визначає твердість і пружність поверхневого шару бетону, який зазвичай має більшу міцність, ніж внутрішні ділянки. Це пов'язано з

інтенсивнішим твердненням поверхні через кращий доступ повітря, швидше випаровування вологи та особливості умов витримування. По-друге, ударний імпульс склерометра взаємодіє з матеріалом на малій глибині, тому метод менш чутливий до внутрішніх дефектів, неоднорідності, мікротріщин і розташування крупного заповнювача. Натомість під час пресового випробування руйнується весь об'єм зразка, що відображає його реальну макроструктурну міцність.

Крім того, склерометричні покази залежать від локальної щільності та стану поверхні: навіть незначні варіації шліфування або нерівностей можуть призвести до завищення величини пружного відскоку та, відповідно, значення R . Руйнівний метод не має цього впливу, оскільки характеризує матеріал у повному об'ємі. Додатковим чинником є нечутливість універсальних калібрувальних залежностей до складу бетону, типу заповнювача, розміру зразка та наявності фібри. У разі невідповідності залежності конкретній суміші виникає системне зміщення результатів у бік більших значень. У сукупності ці фактори пояснюють систематичне завищення неруйнівних оцінок міцності та обумовлюють необхідність використання індивідуальних калібрувальних залежностей $R - F$ для конкретного складу бетону та типу дослідних зразків.

Аналіз коефіцієнта кореляції Пірсона між результатами неруйнівних (R) і руйнівних (F) випробувань засвідчив наявність вираженого статистичного зв'язку. Загальне значення кореляції для всіх 12 зразків становило $r = 0,754$, що вказує на сильну лінійну залежність. Для зразків без фібри коефіцієнт становив $r = 0,823$, що свідчить про дуже високий рівень узгодженості між неруйнівними та руйнівними показниками. Для сталевібробетону кореляція дещо нижча ($r = 0,661$), що пояснюється впливом сталевих волокон на параметр поверхневого відскоку склерометра. Окремий аналіз за формою зразків засвідчив майже нульову кореляцію для кубів ($r = 0,010$) та помірно виражену кореляцію для циліндрів ($r = 0,632$). Таке співвідношення узгоджується з відомою чутливістю склерометричного методу до геометрії та стану поверхні, що впливає на точність калібрувальних залежностей $R - F$. Отримані значення r свідчать, що побудова калібрувальних рівнянь $R - F$ є доцільною, але повинна виконуватись окремо для різних типів зразків і складів бетону.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні уточнених калібрувальних залежностей $R - F$ для різних типів бетонів і урахуванням вологості, віку матеріалу та стану поверхні. Доцільним є застосування комбінованих неруйнівних методів, зокрема поєднання склерометрії та ультразвукових вимірювань, а також розширення експериментальних досліджень сталевібробетону з різним вмістом і типом фібри. Перспективним напрямом є також моделювання напружено-деформованого стану з урахуванням впливу сталевібробетону та формування бази даних для алгоритмів машинного навчання з метою підвищення

точності прогнозування міцності за результатами неруйнівних випробувань.

Висновки

Сталефібробетон є композитним матеріалом із вираженою структурною неоднорідністю, зумовленою наявністю дискретних сталевих волокон, часткова орієнтація яких може спричиняти локальні прояви анізотропії механічних властивостей. Включення сталевих фібри забезпечує стабільність поверхневої міцності, що проявляється у зниженні коефіцієнта варіації склерометричних вимірювань.

Склерометричні методи забезпечують прийнятний рівень точності для орієнтовного визначення міцності бетону за умови їх калібрування за результатами пресових випробувань. Додавання $\mu = 1$ % сталевих фібри підвищує однорідність структури бетону, зменшує CV ($z \approx 11-14$ % до $\approx 6-10$ %) та збільшує міцність на стиск (на 2-6 МПа).

Неруйнівні методи доцільно застосовувати для оперативного контролю стану конструкцій під час експлуатації, зокрема в системах постійного моніторингу. Комбіноване застосування неруйнівних і руйнівних методів із побудовою індивідуальних калібрувальних залежностей $R - F$ забезпечує найвищу достовірність оцінювання реальної міцності матеріалу та може бути рекомендованим для практики інженерних обстежень.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. Grynyova, I., Štuhec, D., Kos, Z., Bartosh, A. (2022). Bearing capacity of damaged reinforced concrete structures. *Young Scientist*, 11(111), 1–3. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-11-111-1>.
2. Betony. *Pravyla kontroliu mitsnosti: DSTU B V.2.7-224:2009*. (2010). Kyiv: Minrehionbud Ukrainy.

3. Betony. Ul'trazvukovyi metod vyznachennia mitsnosti: DSTU B V.2.7-226:2009. (2010). Kyiv: Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva Ukrainy.
4. Betony. Vyznachennia mitsnosti mekhanichnymy metodamy neruinyvnoho kontroliu: DSTU B V.2.7-220:2009. (2010). Kyiv: Minrehionbud Ukrainy.
5. Hornbostel, K., Danner, T., Geiker, M. R. (2020). Non-destructive test methods for corrosion detection in reinforced concrete structures. *Nordic Concrete Research*, 62(1), 41–61. <https://doi.org/10.2478/ncr-2019-0005>.
6. Zaki, A., Chai, H. K., Aggelis, D. G., Alver, N. (2015). Non-destructive evaluation for corrosion monitoring in concrete: A review and capability of acoustic emission technique. *Sensors*, 15, 19069–19101. <https://doi.org/10.3390/s150819069>.
7. Demir, T., Ulucan, M., Alyamaç, K. E. (2023). Development of combined methods using non-destructive test methods to determine the in-place strength of high-strength concretes. *Processes*, 11(3), 673. <https://doi.org/10.3390/pr11030673>.
8. Lang, C., Willmes, M. (2018). Non-destructive testing of reinforced concrete structures. In *Proceedings of the International Symposium on Structural Health Monitoring and Nondestructive Testing (SHM NDT) (Saarbruecken, Germany, October 4–5, 2018)*.
9. Budzynskiy I. M. (2023). Doslidzhennia parametriv armuvannia zalizobetonnykh konstruktssii neruiniivnymy metodamy kontroliu: kvalifikatsiina robota mahistra, spetsialnist' 192 «Budivnytstvo ta tsyvil'na inzheneriia». Ternopil': TNTU. 67 s. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/41194> (date of access: 14.11.2025).
10. Yasnii P. V., Yakubyshyn O. M., Dubizhanskyi D. I. (2012). Otsiniuvannia mitsnosti i tekhnichnoho stanu zalizobetonnykh konstruktssii ultrazvukovym metodom. *Suchasni tekhnolohii, materiali i konstruktssii v budivnytstvi*, No. 2 (13), 20–23. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/4051/234.pdf> (date of access: 14.11.2025).
11. Hameliak I. P., Kulak V. V., Zakharchenko Ye. O. (2021). Udoskonalennia metodyky otsinky mitsnosti tsementobetonu pry nepriamykh vymiriuvanniakh metodamy neruinyvnoho kontroliu. *Suchasni tekhnolohii, materiali i konstruktssii v budivnytstvi*, issue 30, no. 1, 42–51. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2021-1-42-51>.
12. Danylkiv A. Ya. (2023). Doslidzhennia mitsnisnykh kharakterystyk betonu ultrazvukovym metodom: kvalifikatsiina robota mahistra za spetsialnistiu 192 «Budivnytstvo ta tsyvilna inzheneriia». Ternopil': TNTU. 71 s. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/41193> (date of access: 14.11.2025).

Література

1. Grynyova, I., Štuhec, D., Kos, Z., Bartosh, A. (2022). Bearing capacity of damaged reinforced concrete structures. *Young Scientist*, 11(111), 1–3. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-11-111-1>.
2. Бетони. Правила контролю міцності: ДСТУ Б В.2.7-224:2009. (2010). Київ: Мінрегіонбуд України.
3. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності: ДСТУ Б В.2.7-226:2009. (2010). Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України.

4. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю: ДСТУ Б В.2.7-220:2009. (2010). Київ: Мінрегіонбуд України.
5. Hornbostel, K., Danner, T., Geiker, M. R. (2020). Non-destructive test methods for corrosion detection in reinforced concrete structures. *Nordic Concrete Research*, 62(1), 41–61. <https://doi.org/10.2478/ncr-2019-0005>.
6. Zaki, A., Chai, H. K., Aggelis, D. G., Alver, N. (2015). Non-destructive evaluation for corrosion monitoring in concrete: A review and capability of acoustic emission technique. *Sensors*, 15, 19069–19101. <https://doi.org/10.3390/s150819069>.
7. Demir, T., Ulucan, M., Alyamaç, K. E. (2023). Development of combined methods using non-destructive test methods to determine the in-place strength of high-strength concretes. *Processes*, 11(3), 673. <https://doi.org/10.3390/pr11030673>.
8. Lang, C., Willmes, M. (2018). Non-destructive testing of reinforced concrete structures. In *Proceedings of the International Symposium on Structural Health Monitoring and Nondestructive Testing (SHM NDT) (Saarbruecken, Germany, October 4–5, 2018)*.
9. Будзінський І. М. (2023). Дослідження параметрів армування залізобетонних конструкцій неруйнівними методами контролю : кваліфікаційна робота магістра, спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Тернопіль: ТНТУ. 67 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/41194> (дата звернення: 14.11.2025).
10. Ясній П. В., Якубишин О. М., Дубіжанський Д. І. (2012). Оцінювання міцності і технічного стану залізобетонних конструкцій ультразвуковим методом. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, № 2 (13), 20–23. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/4051/234.pdf> (дата звернення: 14.11.2025).
11. Гамеляк І. П., Кулак В. В., Захарченко Є. О. (2021). Удосконалення методики оцінки міцності цементобетону при непрямих вимірюваннях методами неруйнівного контролю. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*, вип. 30, № 1, 42–51. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2021-1-42-51>.
12. Данилків А. Я. (2023) Дослідження міцнісних характеристик бетону ультразвуковим методом кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Тернопіль: ТНТУ. 71 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/41193> (дата звернення: 14.11.2025).

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 14.11.2025	Received 14.11.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 17.11.2025	Received in revised form 17.11.2025
Прийнято 24.11.2025	Accepted 24.11.2025
Опубліковано 25.12.2025	Published 25.12.2025

O. V. Andriichuk*

Ph.D., Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6275-097X>
Department of Building and Civil Engineering
Lutsk National Technical University, Lvivska St., 75, Lutsk, Ukraine, 43018

D. Y. Hromov

Postgraduate student, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7862-6662>

Lutsk National Technical University, Lvivska St., 75, Lutsk, Ukraine, 43018

*corresponding author, e-mail: Aleklutsk@gmail.com

Establishing the correlation between non-destructive and destructive testing of concrete and steel fiber reinforced concrete

How to Cite:

Andriichuk, O. V., Hromov D. Y. (2025) *Establishing the correlation between non-destructive and destructive testing of concrete and steel fiber reinforced concrete. Modern technologies and methods of calculations in construction*, 24, 40-51. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-03](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-03)

Abstract. The article summarizes modern approaches to the non-destructive assessment of the strength of concrete and reinforced concrete structures and presents the results of experimental studies using sclerometric testing and compressive strength measurements. The relevance of the work is determined by the need to obtain reliable information about the technical condition of structures without violating their integrity, as the application of destructive methods is often limited under real operating conditions. The aim of the research is to evaluate the accuracy of non-destructive strength estimation and to establish the correlation between the rebound number and the actual compressive strength.

The experimental program was carried out on concrete cubes and cylinders made of ordinary concrete and steel fiber reinforced concrete ($\mu = 1\%$). For each specimen, ten sclerometric measurements were performed to determine the average rebound value R , standard deviation, and coefficient of variation, while the compressive strength F was obtained using a PSU-250 testing machine. The results show that steel fiber reinforced concrete is characterized by a lower coefficient of variation (6–10 % compared to 11–14 % for ordinary concrete) and an increase in compressive strength of 2–6 MPa.

A comparison of non-destructive and destructive methods revealed a systematic overestimation of sclerometric results in the range of 20–40 %, confirming the necessity of applying calibration relationships $R - F$ in diagnostic practice. The findings demonstrate the effectiveness of non-destructive methods for approximate strength assessment, monitoring the technical condition of structures, and early detection of damage, which is crucial for engineering practice.

Keywords: concrete, reinforced concrete, steel fiber reinforced concrete, flexural element, stress-strain state, compressive strength, load-bearing capacity, non-destructive methods, sclerometer, modelling, structural inspection.