

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАЛІЗОВМІЩУЮЧИХ ДОБАВОК НА МЕХАНІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНІВ**

Сучасне будівництво диктує підвищені вимоги до міцності, довговічності та ефективності бетонних конструкцій. Будівельна галузь вимагає створення бетонів з підвищеними експлуатаційними характеристиками та одночасним зменшенням собівартості і екологічного навантаження. Особливо актуальним є використання техногенних відходів гірничо-металургійного комплексу Криворізького регіону як мінеральних добавок до бетонів. Серед них перспективними є залізовміщуючі матеріали, що здатні впливати на формування структури цементного каменю та механічні властивості бетонів.

Експериментальні дослідження, що виконуються за сучасними методиками, дають можливість визначити вплив залізовміщуючих добавок різного походження на міцнісні та деформаційні характеристики бетонів. Останніми роками проведено низку досліджень з використання залізовміщуючих добавок у вигляді тонкодисперсних порошків (відходи збагачення залізних руд, доменні та сталеплавильні шлами) [1-3]. Добавки вводились у бетонні суміші як часткова заміна цементу або дрібного заповнювача. Оцінювання механічних властивостей проводилось за показниками міцності на стиск, розтяг при згині та модулю пружності відповідно до чинних стандартів. Встановлено, що залізовміщуючі добавки оптимізують форму і щільність кристалічних фаз гідратованого цементного каменю. Це призводить до зменшення пористості; зниження кількості мікротріщин; підвищення ефективної площі контакту між цементним гелем та заповнювачами [1]. Застосування Fe-добавок разом із іншими мінеральними компонентами (кремнеземна зола, леткі доменні шлаки) може підсилювати позитивний ефект, оскільки кожен компонент по-різному впливає на гідратацію цементу, що може бути використано для оптимального балансування характеристик бетонних сумішей [2]. Експериментальним шляхом також встановлено, що введення залізовміщуючих добавок у раціональних дозуваннях (5-15 % від маси цементу) сприяє ущільненню структури бетону та підвищенню міцності на стиск на 10-25 % порівняно з контрольними зразками. Це пояснюється ефектом мікронаповнення та активацією гідратаційних процесів. Залізовміщуючі добавки позитивно впливають на механічні властивості бетонів за рахунок модифікації мікроструктури цементного каменю та ущільнення матриці. Однак надмірний вміст заліза призводить до зниження рухливості бетонної суміші та можливого зменшення міцності внаслідок порушення оптимального водоцементного відношення. Тому оптимальна концентрація залізовміщуючих компонентів - критичний чинник для досягнення підвищеної міцності бетонів.

Результати розглянутих досліджень підтверджують, що застосування залізовміщуючих добавок дозволяє підвищити механічні характеристики бетонів. Економічні та екологічні вигоди включають потенційне зменшення обсягу цементу у складі бетонних сумішей при збереженні механічних характеристик. Використання промислових відходів металургії у будівельних матеріалах має хорошу екологічну складову. Утилізація металевих відходів є особливо важливою для промислових регіонів України.

Перспективні області застосування залізовміщуючих добавок у складі бетонних сумішей:

високо-міцні та ультра-високопродуктивні бетони (UHPC), дорожні покриття, конструкції з підвищеними вимогами до міцності тощо [3].

Список літератури

1. Валізаде К. М., Алішах А., Юсефі Ф., Ходжатті А. С., Голамгур А. Композитний цементний розчин з наночастинками оксиду заліза: кореляція між фізико-хімічними та фізико-механічними властивостями. *Materials Advances*. 2020. Т. 1. С. 1835-1840. <https://doi.org/10.1039/D0MA00295J>
2. Jain B., Sancheti G. Вплив кремнеземного диму та залізного пилу на механічні властивості бетону. *Construction and Building Materials*. 2023. Vol. 409. Art. 133910. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061823036280>
3. Харачап В. Е., Війоно С., Елізар Е. Вплив додавання залізного порошку як добавки до жорсткого бетону дорожнього покриття. *Jurnal Ilmu dan Rekayasa Sipil*. 2024. Т. 1. № 2. С. 86-94. <https://journal.uir.ac.id/index.php/jirs/article/view/19850>