

НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВОСТІ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ВАЖКИХ БЕТОНІВ

¹Вінницький транспортний фаховий коледж

²Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто сучасні напрямки використання відходів промисловості при виробництві важких бетонів. Проаналізовано можливість застосування золошлакових матеріалів, золи-винос ТЕС, металургійних шлаків та інших техногенних відходів як мінеральних добавок і заповнювачів. Обґрунтовано їх вплив на фізико-механічні властивості бетону, структуру цементного каменю та довговічність конструкцій. Показано економічну та екологічну доцільність часткової заміни традиційної сировини промисловими відходами.

Ключові слова: важкий бетон, відходи промисловості, зола-винос, золошлакові матеріали, активна мінеральна добавка, шлак, цемент, структура бетону.

Abstract

Modern directions for the use of industrial waste in the production of heavy concretes are considered. The possibility of using ash and slag materials, fly ash from thermal power plants, metallurgical slags, and other technogenic resources as mineral additives and aggregates is analyzed. Their influence on the physical and mechanical properties of concrete, the structure of the cement stone, and the durability of structures is substantiated. The economic and environmental feasibility of partially replacing traditional raw materials with industrial waste is demonstrated.

Keywords: heavy concrete, industrial waste, fly ash, ash and slag materials, active mineral additive, slag, cement, concrete structure.

Вступ

Одним із пріоритетних напрямків розвитку сучасного будівельного матеріалознавства є ресурсозбереження та залучення вторинної сировини у виробництво важких бетонів. Значні обсяги промислових відходів, що накопичуються на території України, створюють екологічне навантаження та потребують раціонального використання. Щорічно у відвалах накопичуються мільярди тонн вторинних матеріалів, значна частина яких може бути використана у будівництві [1].

Залучення відходів енергетики, металургії та хімічної промисловості дозволяє не лише зменшити обсяги будівельних відходів, але й скоротити витрати природних ресурсів та енергії при виробництві важких бетонів. За даними досліджень, використання вторинних ресурсів дає змогу знизити собівартість будівельних матеріалів на 10-30 % порівняно з їх виробництвом з природної сировини [2-4].

Для важких бетонів проблема є особливо актуальною, оскільки їх виробництво пов'язане зі значними витратами цементу та природних заповнювачів. Тому дослідження напрямків використання промислових відходів у складі важких бетонів є науково та практично обґрунтованим.

Аналітичні дослідження

Важкий бетон характеризується середньою густиною понад 2200 кг/м³ та застосовується у відповідальних несучих конструкціях. Основними компонентами є цемент, крупний і дрібний заповнювачі та вода. Часткова заміна окремих складових техногенними матеріалами дозволяє модифікувати структуру бетону та підвищити його експлуатаційні властивості.

Одним із найбільш поширених відходів є зола-винос теплових електростанцій. Вона може застосовуватися як активна мінеральна добавка або як тонкодисперсний заповнювач. Використання золи-винос у складі цементних систем сприяє утворенню додаткових гідросилікатів кальцію внаслідок пущоланової реакції, що підвищує щільність і довговічність бетону [5-9].

Зола, заміщуючи частину цементу, призводить до зменшення усадкових деформацій через зниження водопотреби бетонної суміші. Сорбуючи з гідратованого цементу розчинні луги, зола бере участь в утворенні стійких, водонерозчинних гідроалюмосилікатів [5-7]. Використання золи-виносу як активної мінеральної добавки сприяє підвищенню хімічної стійкості цементних бетонів. Помірний вміст золи-виносу в суміші підвищує водонепроникність бетону, що обумовлено гідралічними властивостями золи-виносу, поліпшенням гранулометричного складу бетонної суміші і зменшенням відкритої пористості бетону.

Фізико-механічні властивості золи-виносу такі: гідралічна активність $R_{cm} = 0,4$ МПа; насипна густина $\rho_{нзв} = 1150$ кг/м³; істинна густина $\rho_{зв} = 1,95$ г/см³; питома поверхня $S_{пит} = 2000...3000$ см²/г. Хімічний склад золи-виносу Ладизинської ТЕС подано у (табл. 1) [12].

Таблиця 1 - Хімічний склад золи-виносу Ладизинської ТЕС

Оксиди	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₂	FeO	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅
Масова частка оксидів, % за даними	55,3	1,4	22,34	5,42	2,52	0,12	5,96	0,75	2,46	0,38	0,33

З таблиці 1 випливає, що хімічні склади відповідають основним вимогам, що висуваються до золи для важких бетонів.

Дослідження показують, що введення золи-виносу в кількості 10-20 % від маси в'язучого дозволяє не лише знизити витрату дорогого портландцементу, а й забезпечити отримання бетону з необхідними показниками міцності за рахунок оптимізації зернового складу та ущільнення структури [10]. Встановлено, що механічна та хімічна активація золи дозволяє суттєво підвищити її реакційну здатність та інтенсифікувати процеси структуроутворення важкого бетону. Це зумовлено руйнуванням інертної склоподібної оболонки зольних частинок, що відкриває доступ до внутрішніх активних фаз і підсилює мікронаповнювальний ефект у структурі бетону [6].

Іншим перспективним напрямком є застосування металургійних шлаків як заповнювачів або компонентів в'язучих систем. Металургійні шлаки характеризуються достатньою міцністю, зносостійкістю та стабільністю складу. При раціональному підборі зернового складу вони можуть частково замінювати природний щебінь у важких бетонах, забезпечуючи необхідні показники міцності та довговічності [7].

Використання комплексних активних мінеральних добавок на основі відходів промисловості дозволяє отримати більш щільну мікроструктуру цементного каменю. У роботах встановлено, що поєднання золи-виносу із лужними або алюмоферитними компонентами сприяє інтенсифікації гідратаційних процесів та формуванню додаткових кристалогідратів [3-5].

Таким чином, відходи промисловості у складі важких бетонів можуть виконувати декілька функцій рис. 1: активної мінеральної добавки, мікронаповнювача, часткового замітника заповнювача. Їх застосування дозволяє регулювати структуру, щільність, міцність та довговічність матеріалу.

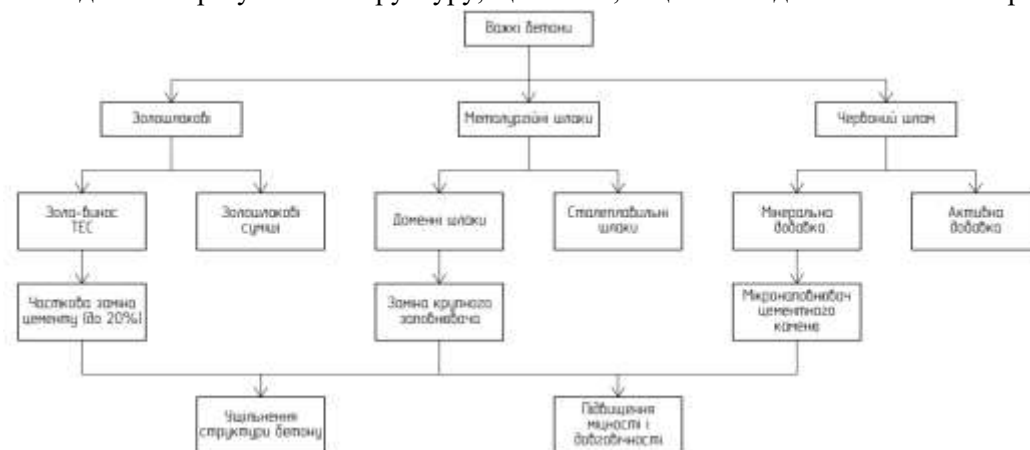


Рис.1. Напрямки використання відходів промисловості для приготування важких бетонів

З рис. 1 випливає, що відходи промисловості можуть використовуватися у виробництві важких бетонів у вигляді мінеральних добавок або заповнювачів. Найбільш поширеними є золошлакові матеріали, металургійні шлаки та червоний шлам, які сприяють ущільненню структури бетону та підвищенню його міцності й довговічності.

Важливим аспектом є також екологічна складова. Зменшення обсягів видобутку природних заповнювачів та скорочення викидів CO₂ відповідає сучасним принципам сталого розвитку. Раціональне використання техногенних ресурсів сприяє формуванню замкнених технологічних циклів у будівельній галузі.

Висновки

Отже, проведений аналіз підтверджує, що використання відходів промисловості у виробництві важких бетонів є технічно обґрунтованим, економічно доцільним та екологічно необхідним напрямком розвитку сучасного приготування важких бетонів. Залучення золи-винос ТЕС як активної мінеральної добавки забезпечує ущільнення структури важких бетонів, підвищення водонепроникності, корозійної стійкості та довговічності, а також дозволяє зменшити витрати портландцементу без зниження міцності. Металургійні шлаки та інші техногенні матеріали можуть ефективно застосовуватися як альтернативні заповнювачі, забезпечуючи необхідні фізико-механічні показники важких бетонів.

Комплексна механічна або хімічна активація відходів інтенсифікує процеси гідратації та сприяє формуванню більш щільної й стабільної мікроструктури. Таким чином, раціональне використання промислових відходів дозволяє одночасно знизити собівартість важких бетонів, скоротити споживання природних ресурсів та зменшити екологічне навантаження, що відповідає принципам ресурсозбереження та сталого розвитку будівельної галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сердюк В. Р. Зола-винос як важливий сировинний ресурс для виробництва ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, Б. І. Августович // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2013. - № 2. - С. 22-28.
2. Очеретний В. П. Дрібноштучні стінові матеріали з використанням відходів промисловості / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2005. - № 1. - С. 16-21.
3. Очеретний В. П., Ковальський В. П., Машницький М. П. Комплексна активна мінеральна добавка на основі відходів промисловості // Бетон и железобетон в Украине. - 2008. - №1(41). - С. 6-9.
4. Ковальський В. П., Бондар А. В., Варчук Р. В., Бурлаков В. П. Модифікована суха будівельна суміш на перлітовому заповнювачі // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2017. - Т. 22, № 1. - С. 17-20.
5. Ковальський В. П., Очеретний В. П. Комплексне золоцементне в'язуче, модифіковане лужною алюмоферитною добавкою: монографія. - Вінниця : ВНТУ, 2010. - 98 с.
6. Ковальський В. П., Сідлак О. С. Методи активації золи-винос ТЕС // Вісник Сумського НАУ. - 2014. - № 10(18). - С. 47-49.
7. Березюк О. В. Будівельні вироби з механо-активованих промислових, побутових відходів : монографія / О. В. Березюк, М. С. Лемешев, В. П. Ковальський. – OmniScriptum Publishing Group, 2023. – 142 с.
8. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 616 . (2021).
9. Ковальський В. П., Сідлак О. С. Використання золи виносу ТЕС у будівельних матеріалах // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2014. - № 1. - С. 35-40.
10. Сердюк В. Р., Лемешев М. С., Христич О. В. Золоцементне в'язуче для виготовлення ніздрюватих бетонів // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2011. - №1(10). - С. 57-61.

11. Лемешев М. С., Христич О. В., Березюк О. В. Комплексна переробка техногенних відходів хімічної промисловості та металообробних виробництв // Materiály XI Mezinárodní vědecko-praktická konference. - 2015. - S. 60-62.
12. Мицик Т. С. Переваги застосування композиційних матеріалів [Текст] / Т. С. Мицик, В. П. Ковальський // Сучасні світові тенденції розвитку науки, освіти, технологій та суспільства: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Кропивницький, 28 червня 2023 р.). Кропивницький: ЦФЕНД, 2023. – С. 66-68.

Тарнавський Володимир Вікторович – завідувач відділення спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист, Вінницький транспортний фаховий коледж. Email: tarnavsky@vintk.ukr.education

Ковальський Віктор Павлович - к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. Email: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com

Барбалиук Максим Сергійович - студент гр. 2Б-24б, факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет. Email: destroyer.maksimka@gmail.com

Науковий керівник: Ковальський Віктор Павлович - доцент каф. "Будівництва, міського господарства та архітектури" Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com.

Tarnavskiy Volodymyr - Head of the Department of the specialty 192 Construction and Civil Engineering, specialist of the highest category, teacher-methodologist, Vinnytsia Transport Professional College. Email: tarnavsky@vintk.ukr.education

Kovalskiy Viktor P - Ph.D., Associate Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnitsa National Technical University. Email: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com

Barbaliuk Maksym Serhiyovych - student group 2B-24b, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: destroyer.maksimka@gmail.com

Scientific adviser: Kovalsky Victor P - Associate Professor "Construction, Municipal Economy and Architecture" Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com.