



УДК 338.1

CEMENT: QUALITY ASSURANCE AND CONSUMABLE PROPERTIES**ЦЕМЕНТ: ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ТА СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ****Kramarenko O.O./Крамаренко О.О.***recipient of the educational and scientific degree PhD*

ORCID 0009-0009-8248-9703

Samoilenko A.A./Самойленко А.А.*s.t.s., as.prof./ к.т.н., доц., проф.*

ORCID 0000-0001-9003-9918

*Kyiv National University of Construction and Architecture, 31, Kyiv, Air Fleet ave., 03037**Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ,**31, Повітрофлотський просп., 03037*

Анотація. У статті розглянуто можливість подовження збереження встановлених споживних властивостей цементу, яке може бути вирішене шляхом використання хімічних добавок, оптимізації процесу виробництва та застосування сучасних технологій. Проаналізовано можливості та особливості використання кожного з цих способів.

Ключові слова: цементна галузь, виробництво цементу, сучасні технології, хімічні добавки, оптимізація процесів виробництва.

Постановка проблеми і її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями. Цементна галузь є однією із найважливіших складових будівельної промисловості, що істотно впливає на інші галузі, а також на умови життя населення країни через використання цементу в будівництві житла, соціальної інфраструктури та виробничих потужностей. Вона є одним із головних чинників індустріального розвитку суспільства та зростання його матеріальної культури.

Цементна промисловість відіграватиме одну з провідних ролей у повоєнній відбудові України. За попередніми оцінками для сталого відновлення пошкоджених об'єктів цивільної інфраструктури потреба у цементі зросте у 1,5 рази. У найближчій перспективі продукцію цементної галузі активно закуповуватимуть підприємства оборонної промисловості, енергетичного комплексу, будівельної галузі та ін.

Цемент є одним з найважливіших будівельних матеріалів, який широко використовується в сучасному будівництві. Однак, з часом його споживні властивості можуть погіршуватися, що призводить до зниження якості будівельних робіт. Тому важливо знати можливі способи, що можуть привести до подовження збереження встановлених споживних властивостей цементу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із ефективних способів підвищення якості цементу є використання хімічних добавок. Як зазначає В.В. Кіндрацький, "хімічні добавки дозволяють покращити реологічні властивості цементного тіста, прискорити або уповільнити терміни тужавіння, підвищити міцність та довговічність цементного каменю" [1, с. 23]. Серед найпоширеніших добавок можна виділити пластифікатори, суперпластифікатори, прискорювачі тверднення, сповільнювачі тверднення та інші. Їх використання дозволяє отримати цемент з покращеними характеристиками.



Оптимізація процесу виробництва цементу також відіграє важливу роль у продовженні його поживних властивостей. Як зазначає О.В. Кравченко, "сучасні технології виробництва цементу дозволяють отримати продукт з високими експлуатаційними характеристиками та довговічністю" [2, с. 41]. Це досягається шляхом ретельного контролю якості сировини, оптимізації режимів випалу та помелу, а також використання сучасного обладнання. Такий підхід дозволяє мінімізувати втрати поживних властивостей цементу під час виробництва.

Використання сучасних технологій для збереження властивостей цементу є ще одним дієвим способом продовження його поживних властивостей. Як зазначає Р.Ф. Рунова, "застосування нанотехнологій у виробництві цементу дозволяє отримати матеріал з унікальними характеристиками, такими як підвищена міцність, низька проникність та висока корозійна стійкість" [3, с. 56]. Наприклад, додавання наночастинок кремнезему до цементу дозволяє підвищити його міцність та довговічність, а також зменшити усадку та тріщиноутворення.

Отже, публікації останніх років дають змогу виділити три перспективних методи подовження збереження встановлених споживних властивостей цементу що є важливим завданням, яке може бути вирішене шляхом використання хімічних добавок, оптимізації процесу виробництва та застосування сучасних технологій.

Метою статті є аналіз використання зазначених методів з метою отримання цементу з покращеними характеристиками, що забезпечує високу якість будівельних робіт та довговічність конструкцій.

Виклад основного матеріалу досліджень. Цемент, як основний інгредієнт бетону, є найбільш споживаним ресурсом у будівельній галузі. До 2021 р. виробництво цементу в Україні постійно зростало. У 2014-2018 р. вартість виготовленої продукції зросла на 8482 млн. грн або 126,4 %, 2018-2021 рр. – на 6327,4 млн. грн або 41,7 %. До складу асоціації «Укрцемент» входить 5 компаній (9 заводів). Деякі об'єкти знаходяться у безпосередній близькості до місць бойових дій, деякі зруйновані або знаходяться на лінії фронту. Війна боляче вдарила по українській промисловості, у тому числі і по цементній галузі. Через воєнні дії, порушення логістичних ланцюгів і трансформацію ринку виробництво цементу в Україні у 2022 р. порівняно з 2021 р. знизилось на 7499,3 млн. грн або майже 35 %. За даними Асоціації виробників цементу України «Укрцемент» у 2023 р. споживання цементу збільшилось до 6,2 млн. т, обсяг експорту — до 1231,3 тис. т. При цьому імпорт зменшився до 24,3 тис. т [5]. У 2022 р. в Україні вироблено цементу загальною вартістю 14020,6 млрд. грн (табл. 1).

Цементна галузь відіграватиме провідну роль у повоєнній відбудові та відновленні економіки України. Попит на цемент суттєво зросте через значне пошкодження житла, соціальної інфраструктури та промислових об'єктів. Для задоволення зростаючого попиту й утримання експортних позицій в умовах повоєнного відновлення підприємства цементної галузі повинні використовувати сучасні способи подовження збереження встановлених



споживних властивостей цементу.

Отже розглянемо детальніше усі три запропоновані методи.

Таблиця 1 - Динаміка виробництва цементу в Україні, 2010-2022 рр.,
тис. грн.

Рік	Виробництво цементу, тис. грн	Абсолютний приріст (зниження)		Відносний приріст (зниження)	
		базисний	ланцюговий	базисний	ланцюговий
2010	5077486,4	-	-	-	-
2014	6710111,4	1632625	1632625	132,15	132,15
2018	15192246,9	10114760,5	8482136	299,21	226,41
2021	21519891,0	16442404,6	6327644	423,83	141,65
2022	14020592,1	8943105,7	-7499299	276,13	65,15

Джерело: розраховано авторами на основі [6]

Хімічні добавки для підвищення якості цементу. Хімічні добавки є важливим компонентом сучасного виробництва цементу, оскільки вони дозволяють покращити його властивості та підвищити якість. Як зазначає В.В. Кіндрацький, «хімічні добавки - це речовини, які додаються до цементу в невеликих кількостях (зазвичай менше 5% від маси цементу) з метою надання йому спеціальних властивостей або покращення його характеристик» [1, с. 12].

Одним з найпоширеніших типів хімічних добавок для цементу є пластифікатори. Пластифікатори - це речовини, які покращують рухливість та зменшують водопотребу цементного тіста без зниження міцності цементного каменю. Використання пластифікаторів дозволяє отримати цементний розчин з високою рухливістю та низьким водоцементним відношенням, що забезпечує високу міцність та довговічність бетону.

Суперпластифікатори є більш ефективними, ніж звичайні пластифікатори, оскільки вони дозволяють значно зменшити кількість води в цементному тісті без погіршення його рухливості. Це досягається за рахунок їх здатності ефективно диспергувати частинки цементу та запобігати їх агломерації. Використання суперпластифікаторів дозволяє отримати бетони з високою міцністю, низькою проникністю та підвищеною довговічністю.

Прискорювачі тверднення - це добавки, які скорочують час тужавіння та прискорюють набір міцності цементного каменю. Вони особливо корисні при виконанні бетонних робіт в холодну пору року або коли потрібно швидко ввести конструкцію в експлуатацію. Найчастіше в якості прискорювачів тверднення використовують хлорид кальцію, нітрат кальцію, форміат кальцію та інші солі.

Сповільнювачі тверднення, навпаки, подовжують час тужавіння цементного тіста та уповільнюють процес набору міцності. Вони використовуються при транспортуванні бетонної суміші на великі відстані, при бетонуванні масивних конструкцій або в жарку погоду. Як сповільнювачі тверднення зазвичай застосовують лігносульфонати, гідроксикарбонові кислоти, фосфати та інші органічні сполуки.



Повітровтягувальні добавки вводяться в цементний розчин для створення в ньому замкнутих повітряних пор, які підвищують морозостійкість та стійкість до стирання бетону [7, с. 78]. Вони особливо ефективні для бетонів, які експлуатуються в умовах циклічного заморожування-відтавання або піддаються впливу агресивних середовищ.

Гідрофобізуючі добавки надають цементному каменю водовідштовхувальних властивостей, що зменшує його водопоглинання та підвищує довговічність. Вони утворюють на поверхні пор та капілярів цементного каменю тонку плівку, яка перешкоджає проникненню води всередину бетону.

Добавки-інгібітори корозії арматури захищають сталеву арматуру в залізобетонних конструкціях від корозії, викликаній впливом агресивних середовищ [8, с. 90]. Вони утворюють на поверхні арматури захисну плівку або адсорбуються на ній, перешкоджаючи доступу кисню та вологи до металу.

Отже, хімічні добавки для цементу дозволяють покращити його властивості та отримати бетони з високими експлуатаційними характеристиками. Їх використання дозволяє підвищити міцність, довговічність, морозостійкість, водонепроникність та інші важливі параметри цементних композицій.

Оптимізація процесу виробництва цементу. Оптимізація процесу виробництва цементу є важливим завданням, яке дозволяє підвищити ефективність та якість продукції, зменшити витрати енергії та сировини, а також мінімізувати вплив на навколишнє середовище. Як зазначає О.В. Кравченко, «оптимізація процесу виробництва цементу - це комплекс заходів, спрямованих на вдосконалення технології, модернізацію обладнання та автоматизацію виробничих процесів» [9, с. 23].

Одним з ключових етапів виробництва цементу є подрібнення сировинних матеріалів. Оптимізація процесу подрібнення дозволяє зменшити витрати електроенергії та підвищити продуктивність млинів. Це досягається шляхом використання сучасних млинів замкнутого циклу, які забезпечують високу ефективність подрібнення та можливість регулювання тонини помелу [10, с. 34].

Важливим аспектом оптимізації виробництва цементу є контроль якості сировини. Використання сировини з оптимальним хімічним та мінералогічним складом дозволяє отримати цемент з високими експлуатаційними характеристиками [11, с. 45]. Для цього на цементних заводах впроваджуються системи автоматизованого контролю якості сировини, які дозволяють оперативно коригувати сировинну суміш та забезпечувати стабільність властивостей цементу.

Оптимізація процесу випалу клінкеру є ключовим фактором підвищення ефективності виробництва цементу. Сучасні печі для випалу клінкеру оснащені системами автоматичного контролю та регулювання температурного режиму, що дозволяє знизити питомі витрати палива та підвищити якість клінкеру [12, с. 56]. Крім того, використання альтернативних видів палива, таких як відходи виробництва або біомаса, дозволяє зменшити витрати на енергоносії та



скоротити викиди парникових газів.

Автоматизація та комп'ютеризація виробничих процесів є важливим напрямком оптимізації виробництва цементу. Впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) дозволяє підвищити ефективність роботи обладнання, зменшити витрати енергії та сировини, а також забезпечити стабільність якості продукції [13, с. 67]. Сучасні АСУТП включають в себе системи моніторингу, контролю та регулювання всіх етапів виробництва цементу, від подачі сировини до відвантаження готової продукції.

Оптимізація логістики та транспортування сировини і готової продукції також відіграє важливу роль у підвищенні ефективності виробництва цементу. Використання сучасних транспортних систем, таких як конвеєри, пневмотранспорт або залізничний транспорт, дозволяє знизити витрати на транспортування та скоротити час доставки матеріалів.

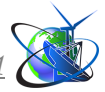
Ще одним важливим аспектом оптимізації виробництва цементу є зниження впливу на навколишнє середовище. Сучасні технології дозволяють значно скоротити викиди пилу, оксидів азоту, діоксиду сірки та інших забруднюючих речовин. Для цього на цементних заводах встановлюються ефективні системи пиловловлювання, фільтрації та очищення відхідних газів. Крім того, використання замкнених циклів водопостачання та очищення стічних вод дозволяє мінімізувати вплив виробництва цементу на водні ресурси.

Таким чином, оптимізація процесу виробництва цементу є комплексним завданням, яке вимагає впровадження сучасних технологій, автоматизації виробничих процесів, контролю якості сировини та готової продукції, а також мінімізації впливу на навколишнє середовище. Ці заходи дозволяють підвищити ефективність виробництва, знизити собівартість продукції та забезпечити високу якість цементу.

Використання сучасних технологій для збереження властивостей цементу. Збереження властивостей цементу під час його зберігання та транспортування є важливою задачею, яка вимагає використання сучасних технологій. Як зазначає Р.Ф. Рунова, «сучасні технології дозволяють зберегти високу якість цементу протягом тривалого часу та забезпечити його надійне транспортування до споживача».

Одним з ефективних способів збереження властивостей цементу є використання спеціальних добавок-стабілізаторів. Ці добавки дозволяють запобігти передчасному тужавінню цементу під час зберігання та транспортування, а також зберегти його активність та міцнісні характеристики. До таких добавок належать, наприклад, етаноламін, триетаноламін, лігносульфонати та інші органічні сполуки.

Важливим фактором збереження властивостей цементу є забезпечення оптимальних умов його зберігання. Цемент повинен зберігатися в сухих, добре вентильованих приміщеннях, захищених від вологи та прямих сонячних променів. Для цього використовуються спеціальні силоси або склади, оснащені системами контролю вологості та температури. Сучасні силоси для зберігання цементу мають конічне дно, що дозволяє запобігти злежуванню матеріалу та



забезпечити його рівномірний розподіл.

Для транспортування цементу на великі відстані використовуються спеціальні цементовози або контейнери, які захищають матеріал від впливу вологи та забруднення [14, с. 45]. Ці транспортні засоби оснащені системами герметизації та вентиляції, що дозволяє зберегти якість цементу під час перевезення. Крім того, для запобігання злежування цементу під час транспортування використовуються спеціальні аераційні системи, які забезпечують циркуляцію повітря в ємностях з цементом.

Ще одним сучасним методом збереження властивостей цементу є використання технології активації цементу перед його застосуванням. Ця технологія полягає в механічній або хімічній обробці цементу безпосередньо перед його змішуванням з водою та заповнювачами [15, с. 56]. Механічна активація здійснюється шляхом додаткового помелу цементу в спеціальних млинах, що дозволяє збільшити його питому поверхню та реакційну здатність. Хімічна активація полягає в обробці цементу спеціальними реагентами, такими як суперпластифікатори або прискорювачі тверднення, що дозволяє покращити його властивості та прискорити процес тверднення бетону.

Використання наноматеріалів та нанотехнологій є перспективним напрямком розвитку технологій збереження властивостей цементу. Введення наночастинок в цементні композиції дозволяє покращити їх міцність, довговічність, корозійну стійкість та інші експлуатаційні характеристики. Наприклад, додавання наночастинок кремнезему або алюмінію до цементу дозволяє значно підвищити його міцність та зменшити пористість цементного каменю, що забезпечує його високу довговічність.

Сучасні методи контролю якості цементу також відіграють важливу роль у збереженні його властивостей. Для цього використовуються автоматизовані системи відбору проб та проведення лабораторних випробувань, які дозволяють оперативно оцінювати якість цементу на різних етапах його виробництва та зберігання. Крім того, впровадження систем автоматизованого управління якістю дозволяє забезпечити стабільність властивостей цементу та мінімізувати ризики виникнення невідповідностей.

Виходячи із всього вищевикладеного можна зробити наступні висновки.

Висновки.

Хімічні добавки для цементу дозволяють покращити його властивості та отримати бетони з високими експлуатаційними характеристиками. Їх використання дозволяє підвищити міцність, довговічність, морозостійкість, водонепроникність та інші важливі параметри цементних композицій.

Оптимізація процесу виробництва цементу є комплексним завданням, яке вимагає впровадження сучасних технологій, автоматизації виробничих процесів, контролю якості сировини та готової продукції, а також мінімізації впливу на навколишнє середовище. Ці заходи дозволяють підвищити ефективність виробництва, знизити собівартість продукції та забезпечити високу якість цементу.

Використання сучасних технологій дозволяє ефективно зберігати властивості цементу під час його зберігання та транспортування. Застосування



спеціальних добавок-стабілізаторів, забезпечення оптимальних умов зберігання, використання спеціалізованих транспортних засобів, активація цементу перед застосуванням, впровадження нанотехнологій та автоматизованих систем контролю якості - все це дозволяє зберегти високу якість цементу та забезпечити його надійне використання у будівництві.

Література:

1. Кіндрацький В.В. Хімічні добавки для бетонів і будівельних розчинів. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. 180 с.
2. Ковальчук О.Ю., Григоренко О.В. Технологія бетонних і залізобетонних виробів. Київ: Видавництво Ліра-К, 2022. 280 с.
3. Дворкін Л.Й., Житковський В.В. Спеціальні бетони. Рівне: НУВГП, 2021. 350 с.
4. Саницький М.А., Позняк О.Р. Наномодифіковані будівельні матеріали. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. 250 с.
5. Історія становлення цементної галузі в Україні. Асоціація виробників цементу України "Укрцемент". 2024. URL: <https://ukrcement.com.ua/novini/informatsiya/767-istoriia-stanovlenniatsementnoi-haluzi-v-ukraini-1.html> (дата звернення: 15.05.2024).
6. Обсяг реалізованої продукції (товарів, послуг) суб'єктів господарювання за видами економічної діяльності у 2010-2022 роках. Державна служба статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/size_20.htm (дата звернення: 15.05.2024).
7. Пушкарьова К.К., Бамбура А.М. Довговічність бетонів і залізобетонних конструкцій. Київ: Видавництво Ліра-К, 2021. 300 с.
8. Кравченко О.В. Сучасні технології виробництва цементу. Київ: Видавництво "Ліра-К", 2019. 210 с.
9. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л. Проектування складів бетону. Рівне: НУВГП, 2020. 400 с.
10. Кочевих М.О., Пушкарьова К.К. Управління якістю в технології бетону. Київ: КНУБА, 2021. 180 с.
11. Соболь Х.С., Петровська Н.І. Ресурсо- та енергозбереження у виробництві будівельних матеріалів. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. 280 с.
12. Дворкін Л.Й., Марчук В.В. Автоматизація виробництва будівельних матеріалів. Рівне: НУВГП, 2019. 380 с.
13. Саницький М.А., Соболь Х.С. Зберігання і транспортування цементу. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. 180 с.
14. Пушкарьова К.К., Гончар О.А. Спеціальні методи транспортування будівельних матеріалів. Київ: КНУБА, 2022. 250 с.
15. Дворкін Л.Й., Житковський В.В. Механоактивація цементних систем. Рівне: НУВГП, 2020. 220 с.



Abstract. *The article considers the possibility of prolonging the preservation of the established consumer properties of cement, which can be solved by using chemical additives, optimizing the production process and using modern technologies. The possibilities and features of using each of these methods are analyzed*

Key words: *cement industry, cement production, modern technologies, chemical additives, optimization of production processes*