

**Рунова Р.Ф., доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, Бабіч М.В., директор, ДП «Орган по сертифікації цементів» (ДП СЕПРОЦЕМ), Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА), м. Київ, ДП «Орган по сертифікації цементів» (ДП СЕПРОЦЕМ), м. Харків**

## ДЕЯКІ КОМЕНТАРІ ДО ВВЕДЕННЯ НОРМИ НА ЦЕМЕНТ\* EN 197-1:2011

Проаналізовані основні зміни в стандарті ДСТУ Б EN 197-1:2008 «Цемент – Частина 1: Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів», які передбачені новою редакцією, що запропонована європейським технічним комітетом CEN/TK-51. Ці зміни стосуються номенклатури цементів, встановлення критеріїв відповідності та правил їх визначення, довговічності. Висвітлені основні показники якості і наведені приклади використання цементів різних типів при виробництві бетону.

В 2016 р для виробників і споживачів цементу на заміну ДСТУ Б EN 197-1:2008 вводиться національний стандарт у вигляді тотожного перекладу норми EN 197-1:2011 «Cement – Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements» (Цемент – Частина 1: Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів). Ця норма підготовлена європейським технічним комітетом CEN/TK-51 у зв'язку з доцільністю внесення змін в попередню версію, які стосуються розширення номенклатури цементів, встановлення критеріїв відповідності та правил їх визначення, довговічності, тобто в цілому для сприяння підвищення якості цементів. Крім ДСТУ Б EN 197-1:2008 діючим в Україні є ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Отже, для споживача важливо добре орієнтуватися в системі стандартів для забезпечення якості будівельних матеріалів на основі портландцементу, в тому числі бетону з досить різноманітним діапазоном його властивостей, які в значній мірі визначаються видом цементу.

Метою аналізу стандартів є звернення уваги на основні положення, в тому числі ті, що запропоновані змінами в діючій європейській нормі, для підвищення ефективності впровадження нової редакції як виробниками, так і споживачами цементів, спрямованої на забезпечення надійності показників їх якості, в тому числі при виробництві бетонів.

### Типи цементу

Суттєвою зміною вважається введення в стандарт 7 типів сульфатостійких цементів (табл.1), для яких регламентується вміст С<sub>3</sub>А в клінкері та загальний вміст сульфату як SO<sub>3</sub> поряд з

27 існуючими типами звичайного цементу (на відзнаку від 15 типів за ДСТУ Б В.2.7-46:2010). Випробування таких цементів передбачається за ДСТУ Б EN 196-2:2008; ДСТУ Б EN 196-5:2010. Водночас залишається можливість отримання інших сульфатостійких цементів, які не охоплені EN 197-1:2011 і не позначаються літерами (SR). В свою чергу в нормі відсутні цементы з нормованим мінералогічним складом клінкера такі, як ПЦ-1-500-Н та ПЦ-1-400-Н. Залишається досить розгорнутою характеристика основних складових цементів, в тому числі доменний гранульований шлак (S), силікатний пил (D), природні пуцолани (P), природні випалені пуцолани (Q), зола-виносу (V), вапнякова зола-виносу (W), випалений сланець (T), вапняк (L). Слід звернути увагу на те, що при використанні вапняку ідентифікується вміст загального органічного карбону: не більше 0,5% (L) або не більше 0,2% (LL) за масою. При використанні доменного гранульованого шлаку обумовлюється вміст склофазы в межах двох третин його складу, що відрізняється від вимоги ДСТУ Б В.2.7-46:2010, де її вміст обмежується половиною складу.

Позначення цементу відповідає скороченому СЕМ з римськими індексами відповідного типу I, II, III, IV, V та латинської літери наведеного позначення компоненту і літер А, В, С для позначення співвідношень компонентів (табл.2). Наприклад, портландцемент, який відповідає EN 197-1:2011, відноситься до класу міцності 32,5 з високою ранньою міцністю, сульфатостійкий, з вмістом С<sub>3</sub>А в клінкері ≤ 3,0% за масою позначається:

ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ EN 197-1:2011 – СЕМ I 32,5R – SR 3

Таблиця 1.

Ідентифікація і додаткові вимоги до сульфатостійких цементів

Властивість	Стандарт на випробування	Тип цементу	Клас за міцністю	Вимоги
Вміст сульфату (як SO <sub>3</sub> )	EN 196-2	CEM 1-SR 0	32,5N	≤ 3,0%
		CEM 1-SR 3	32,5R	
		CEM 1-SR 5*	42,5R	
		CEM 1V/A-SR	42,5R	≤ 3,5%
		CEM 1V/B-SR	52,5N	
			52,5R	
С <sub>3</sub> А в клінкері	EN 196-2	CEM 1-SR 0	всі	0%
		CEM 1-SR 3		≤ 3,0%
		CEM 1-SR 5		≤ 5,0%
		CEM 1-SR 5		≤ 9,0%
		CEM 1V/B-SR		≤ 9,0%
Пуцоланові властивості	EN 196-5	CEM 1V/A-SR	всі	Задовольняє випробуванню через 8 діб

\*можливе збільшення вмісту сульфату, що необхідно вказувати в документі на поставку

\* Терміни «портландцемент» і «цемент» використовуються в документах як ідентичні

## Умовні позначення цементів за різними стандартами

Тип цементу	Найменування	ДСТУ Б В.2.7-46:2010	EN 197-1:2011
I	Портландцемент	ПЦ I	CEM I
II	Портландцемент з шлаком	ПЦ II/A-Ш	CEM II/A-S
		ПЦ II/Б-Ш	CEM II/B-S
	Портландцемент з пуцоланою	ПЦ II/A-П	CEM II/A-P
			CEM II/A-Q
		Портландцемент з золю-виносу	ПЦ II/A-З
	Портландцемент з вапняком	ПЦ II/A-В	CEM II/A-L
		CEM II/A-LL	
Портландцемент композиційний	ПЦ II/A-К	CEM II/A-M	
	ПЦ II/Б-К	CEM II/B-M	
III	Шлакопортландцемент	ШПЦ III /А	CEM III/A
		ШПЦ III /Б	CEM III/B
		ШПЦ III /В	CEM III/C
IV	Пуцолановий цемент	ПЦЦ IV/А	CEM IV/A
		ПЦЦ IV/Б	CEM IV/B
V	Композиційний цемент	КЦ V/А	CEM V/A
		КЦ V/Б	CEM V/B

## Показники якості

Як і раніше, якість цементів оцінюється всіма важливими показниками (рання та стандартна міцність, початок тужавлення, рівномірність зміни об'єму, втрати при прожарюванні, нерозчинний залишок, вміст сульфату як SO<sub>2</sub>, вміст хлориду, пуцоланові властивості, склад, С<sub>3</sub>A в клінкері, теплота гідратації), що є ідентичним для порівнювальних стандартів, але методи їх визначення різні і це впливає на абсолютні значення і їх обмеження. Найважливішим показником залишається міцність при стиску, яка за ДСТУ Б В.2.7- 46:2010 характеризується «маркою» цементу, а за EN 197-1:2011 «класом міцності» – міцність при стиску (МПа) зразків після 28 днів тверднення, що повинна бути забезпеченою з вірогідністю 95%. Характеристичні значення міцності цементів різних класів наведені в табл. 3.

Рис.1 демонструє різний характер набору міцності на прикладі цементів одного класу за стандартною міцністю 52,5. Суттєва різниця існує тільки в межах ранніх термінів тверднення, в зв'язку з чим за показником ранньої міцності цементи поділяються на три класи: звичайної міцності (N), високої міцності (R) і низької міцності (L), застосованої тільки для шлакопортландцементу (табл.3).

В національному додатку залишається розподіл звичайних цементів по групах за ефективністю пропарювання, метод її визначення в Україні, що наведено в Додатку НА до цього стандарту.

Добре відомо, що міцність цементу залежить від методу приготування і умов тверднення зразків, в тому числі від форми зерен і гранулометричного складу піску, водоцементного відношення, процедур перемішування, ущільнення і зберігання зразків. Ці фактори по-різному визначені в ДСТУ Б EN 196-1:2007 і ДСТУ Б В.2.7- 187:2013, яким залишено старі вимоги до водоцементного відношення і характеристики піску. За ДСТУ Б EN 196-1:2007 передбачається використання поліфракційного піску з розміром зерен від 0,08 до 2,00 мм та водоцементного відношення 0,5, за ДСТУ Б В.2.7- 187:2013 – монофракційний пісок з розміром зерна від 0,5 до 0,9 мм та водоцементного відношення 0,39, яке підлягає корегуванню після визначення розпливу на струшувальному столику. Випробування більше 100 проб цементу за цими двома стандартами свідчать, що показник 2-х добової міцності за ДСТУ Б В.2.7- 187:2013 становить на 30% більше показника за ДСТУ Б EN 196-1:2007 при тому, що стандартна

міцність на 28 добу майже однакова. Між тим споживачі цементу найчастіше дають перевагу випробуванням за ДСТУ Б EN 196-1:2007, які давно вже не викликають труднощів.

Слід звернути увагу на важливість такого показника, як термін тужавлення, з врахуванням розширення номенклатури цементів і відповідного впливу його на технологічні (реологічні) властивості бетонної суміші. Початок тужавлення обмежується діапазоном між 45 та 75 хв. Практика свідчить, що такого терміну вистачає для

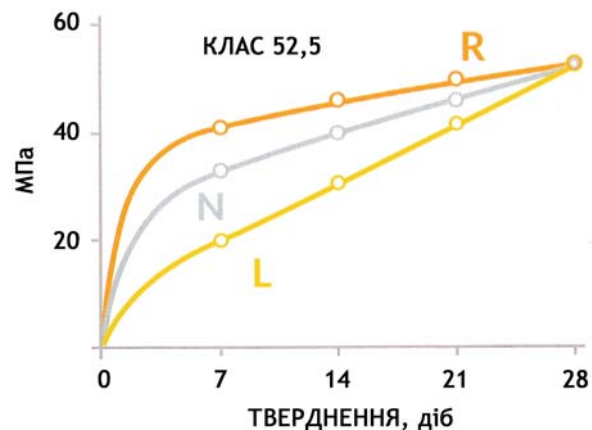


Рис. 1. Зміна міцності цементного каменю при твердненні в часі

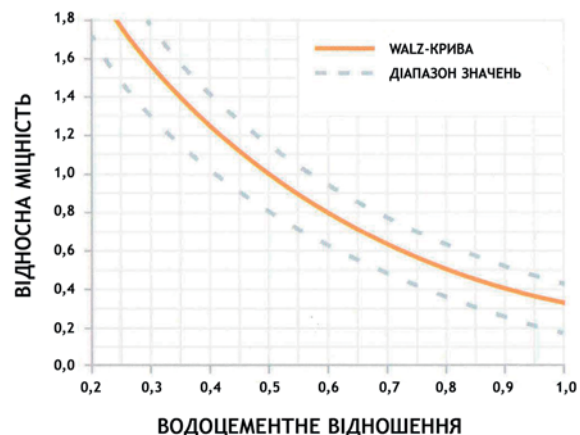


Рис. 2. Зміна відносної міцності в залежності від водоцементного відношення

## Характеристичні значення міцності цементів

Клас міцності	Рання міцність, МПа		Стандартна міцність, МПа		
	2 доби	7 діб	28 діб		
32,5 L*	-	≥12,0	≥32,5 ≤52,5		
32,5 N	-	≥16,0			
32,5 R	≥10,0	-			
42,5 L*	-	≥16,0	≥42,5 ≤62,5		
42,5 N	≥10,0	≥16,0			
42,5 R	≥20,0	-			
52,5 L*	≥10,0	-	≥52,5		
52,5 N	≥20,0	-			
52,5 R	≥30,0	-			

\*клас ранньої міцності, визначений тільки для СЕМ III

приготування і укладання бетонної чи розчинової суміші. При цьому різні вимоги до сумішей для конструкцій заводського виробництва і тих, що транспортуються для монолітного укладання. Між початком тужавлення і швидкістю тверднення не існує прямого зв'язку, але можна стверджувати, що для цементів з більш короткими термінами тужавлення (кінець до 2 г) характерним є більш швидкий набір міцності. Цемент, який схватився раніше нормованого часу для відповідного класу міцності, не є нормальним, хоча це не позначається негативно на інших його властивостях, якщо бетонна суміш укладена в достатній мірі щільно. Цемент, який уже через декілька хвилин після додавання води тужавіє з виділенням теплоти, часто має незадовільні інші властивості. Саме тому недоцільним є використання напівгідрату сульфату кальцію або його утворення в результаті високої температури при помелі (явища «хибного» тужавлення) і дуже уважно потрібно ставитись до вибору додаткових компонентів при помелі, які представлені органічними сполуками, що уповільнюють тужавлення і тверднення до небажаних меж.

Досить узагальнено висвітлюється в EN 197-1:2011 питання довговічності, підкреслюється пріоритетність в цьому питанні регламентації EN 206-1 [національний стандарт ДСТУ Б В.2.7-176:2008 (EN 206-1 ^2000, NEQ)] Національним поясненням дається посилання на Додаток НБ, де пропонуються періодичність і методи визначення будівельно-технічних властивостей, що в певній мірі впливає на гарантії довговічності.

### Критерії відповідності

Відомо, що стабільність властивостей цементу впливає на весь технологічний процес отримання бетону і його якість. Відповідно Регламенту Європейського Союзу №305/2011 встановлені конкретні методи визначення і контролю стабільності властивостей будівельної продукції. У зв'язку з цим в стандарті EN 197-1:2011 введений критерій відповідності, яким підтверджується стабільність властивостей цементу. Цей показник – найбільш суттєва відзнака європейського стандарту від національного ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Для всіх показників якості введено поняття «нижнє довірче значення», обчислення якого здійснюється з використанням точкової проби, яка береться в той самий час і в тому самому місці, що і при контрольному випробуванні, і яка може бути отримана об'єднанням однієї або більше безпосередньо відібраних послідовних одиничних проб.

Наприклад, стабільність показника міцності цементу підтверджується, якщо забезпечується умова:

$$L \leq X - K S,$$

де

- L – нижнє довірче значення у відповідності з класом міцності, МПа;
- X – середнє арифметичне сукупності результатів внутрішніх випробувань цементу за контрольний період, МПа;
- S – стандартне відхилення сукупності результатів внутрішніх випробувань цементу за контрольний період, МПа;
- K – константа приймання, яка залежить від ряду факторів, в тому числі кількості результатів випробувань, і наводиться в стандарті.

Фактичне значення L можна розглядати як показник надійності, що дозволяє оцінити цемент з гарантованими нормованими характеристиками. Стандарт регламентує граничні значення одиничних результатів при визначенні всіх властивостей цементу, наприклад, для оцінки міцності вони наведені в табл. 4.

### Приклади використання в бетоні

Накопичений за декілька років виробниками і споживачами досвід користування ДСТУ Б EN 197-1:2008 дозволяє навести приклади щодо використання цементу в бетонах різної функціональності і, безумовно, носять вибіркового характер по відношенню до цементів з конкретними властивостями серед всього різноманіття цементів, які пропонуються новою редакцією норми EN 197-1:2011.

**Портландцемент СЕМ I 52,5R** ( $S_{плит} = 5000 \text{ см}^2/\text{г}$ ; початок тужавлення 2 г 10 хв, кінець тужавлення 2 г 50 хв; ТНГ = 30%; міцність на 2 д = 38 МПа, інтенсивне тепловиділення в початковий період гідратації – більше 270 Дж/г протягом 41 год за EN 196-9) – найбільш «шляхетний» цемент, при мінімізації витрати якого доцільне використання в рецептурі бетону класу за міцністю  $\geq \text{C } 35/45$  для конструкцій монолітного будівництва, в т.ч. зимового бетонування з відповідними засобами для виключення термічних тріщин; для залізобетонних конструкцій з попереднім напруженням арматури, в т.ч. без використання теплової обробки; для відповідальних інженерних споруд при необхідності у високоміцному бетоні класів за міцністю до С 100/115.

Таблиця 4.

### Нижнє граничне значення одиничних результатів визначення міцності

Властивість		Граничні значення одиничних результатів								
		Клас міцності								
		32,5 L	32,5 N	32,5 R	42,5 L	42,5 N	42,5 R	52,5 L	52,5 N	52,5 R
Рання міцність, МПа	2 д	-	-	8,0	-	8,0	18,0	8,0	18,0	28,0
	7 д	10,0	14,0	-	14,0	-	-	-	-	-
Стандартна міцність, МПа	28д	30,0			40,0			50,0		

**Портландцемент СЕМ І 32, R** ( $S_{\text{пит}} = 3100 \text{ см}^2/\text{г}$ ; початок тужавлення 2 г 25 хв, кінець тужавлення 3 г 20 хв; ТНГ = 26%; міцність на 2 д = 24 МПа; тепловиділення в межах 270 Дж/г) – цемент найбільш широкого призначення для бетону класів за міцністю не більше С 30/35, що востребований всіма видами бетонних робіт із забезпеченням досить високої ранньої міцності, в т.ч. для конструкцій монолітного і збірного будівництва, влаштування підлог в промислових приміщеннях.

**Портландцемент з шлаком СЕМ ІІ/А-S 42,5 R** ( $S_{\text{пит}} = 4200 \text{ см}^2/\text{г}$ ; початок тужавлення 2 г 25 хв, кінець тужавлення 3 г 20 хв; ТНГ = 29%; міцність на 2 д = 28 МПа, рівномірне тепловиділення понад 270 Дж/г протягом 7 діб за EN 196-8) – для бетонів класом за міцністю від С 30/35 до С 40/50, призначених для збірних залізобетонних конструкцій, масивних монолітних конструкцій, в тому числі при здійсненні робіт в умовах понижених температур; для виготовлення бетонних елементів дорожнього устрою у вигляді бордюрних каменів, фігурних елементів мощення.

**Шлакопортландцемент СЕМ ІІІ/А 32,5 N** ( $S_{\text{пит}} = 3000 \text{ см}^2/\text{г}$ ; початок тужавлення 2 г 50 хв, кінець тужавлення 4 г 20 хв; ТНГ = 27%; міцність на 7 д = 16 МПа, понижене тепловиділення 250 Дж/г протягом 7 діб за EN 196-8) – для рядових важких бетонів класом за міцністю до С 35/45, в тому числі з регламентованою в терміні після 28 діб проектною міцністю, призначених для масивних конструкцій спеціальних інженерних споруд, перш за все при їх експлуатації в умовах дії мінералізованих вод.

Для оцінки зв'язку між міцністю цементу і міцністю бетону може використовуватися поняття «відносної міцності», запропоноване науково-дослідним інститутом цементної промисловості Німеччини, що визначається як відношення міцності при стиску бетонних зразків регламентованого складу з ребром 150 мм після тверднення протягом 28 діб і випробуванні за DIN 1048 до стандартної міцності цементу, визначеної за EN 196-1:2007. Залежність цього показника від водоцементного відношення відома як «Walz-крива» (рис. 2). За допомогою кривої при виробництві бетону подібно принципам користування номограмами теоретичними і експериментальними можна вирішувати практичні задачі: вибирати цемент за класом міцності, прогнозувати міцність бетону при заданому класі міцності цементу і водоцементному відношенні в бетоні, визначати водоцементне відношення в бетоні при заданих класах міцності бетону і цементу.

#### Висновки

Європейські норми на цемент системно і послідовно вдосконалюються з метою максимального наближення до вимог забезпечення стабільної якості цементу і врахування умов його використання в бетоні. Їх впровадження в систему національних стандартів здійснюється поступово з накопиченням відповідного досвіду, супроводжується узагальненням вимог і регламентуючих положень, що дозволяє вважати доцільним виключення паралельної дії стандартів одного призначення і переходу на європейські норми тотального перекладу з можливостями введення національних приміток.

## ДО ВИХОДУ У СВІТ МОНОГРАФІЇ «ЩЕЛОЧНЫЕ ЦЕМЕНТЫ» \*

Книжковий світ отримав нову монографію **«Щелочные цементы»**, підготовлену авторським колективом у складі **Кривенка П. В., Рунової Р. Ф., Саницького М. А., Руденко І. І.** (м. Київ, видавництво ТОВ «Основа», 2015 р., с. 446), яка є свідоцтвом розвитку наукової школи Київського національного університету будівництва і архітектури, основи якої закладалися в середині 50-х років минулого століття під керівництвом професора Глуховського В. Д.

В монографії наводяться результати досліджень лужних цементів в усьому діапазоні запропонованих класифікацією національного стандарту ДСТУ Б В.2.7-181:2009 «Цементи лужні. Технічні умови». Надзвичайно важливим є висвітлення концепції створення лужних цементів як реалізації ідеї моделювання природних процесів мінерало- і породоутворення в умовах будівельної індустрії з метою отримання штучного каменя, довговічність якого визначається його подібністю властивостям природного каменя (розділи 1,2). Не менш важливим є звернення уваги на питання термінології, зміни, які відбувалися у зв'язку з розширенням вихідних понять («грунтосилікати», «грунтоцементи») до конкретизованих сировиною і властивостями («геоцементи»), а також з врахуванням світових здобутків у цьому напрямку («геополімери», «лужноактивовані цементы»).

Корисним для дослідників лужних алюмосилікатних систем є експериментальний матеріал, що присвячений ідентифікації фазового складу продуктів гідратації в можливих оксидних системах, моделюючих цементні композиції (розділ 3). Фактично цей матеріал може служити як довідниковий при дослідженні фізико-хімічних процесів в складних лужних алюмосилікатних системах.

Сучасний рівень розвитку досліджень висвітлюють дані про пластифікацію лужних цементів, особливості вибору хімічних добавок, ефективних до дії у високолуж-

ному середовищі (розділ 5). Автори наводять проблемні питання, вирішення яких визначають шляхи подальшого розвитку як цементних систем, так і їх використання в спеціальних матеріалах. На відзнаку від досить добре висвітлених в минулому питань отримання бетонів на основі шлаколужного цементу, перш за все жорстких бетонних сумішей для конструкцій заводського виробництва, пластифіковані бетонні суміші на основі лужних цементів потребують подальших досліджень. Деякі з перспективних напрямків показані в розділі 6 монографії: сухі будівельні суміші, розчини для тампонування свердловин, композиції для іммобілізації токсичних відходів.

Для читачів особливо корисним можна вважати список джерел, на які даються посилання за текстом – він становить 438 робіт, в тому числі більше 200 іноземних авторів.

Не можна не звернути уваги на високий технічний рівень видання: 153 рисунка та 74 таблиці виконані дуже якісно і залишають виключно позитивне враження.

На завершення вражень від монографії хочеться підкреслити одну емоційну деталь: автори присв'ячують книгу пам'яті своїх вчителів. Це добре виховне посилання молодому поколінню.

Бажаємо всім зацікавленим в проблемі приємного ознайомлення з запропонованим виданням.

Солодкий С. Й.,  
Завідувач кафедри автомобільних шляхів  
Національного університету  
«Львівська політехніка»,  
доктор технічних наук, професор

**Зацікавлені можуть замовити монографію  
зателефонувавши за номером  
+38 (096) 426-05-07**

\* Щелочные цементы (Кривенко П.В., Рунова Р.Ф., Саницький М.А., Руденко І.І.), К., ТОВ «Основа», 2015, 446 с