

# ТЕХНІЧНИЙ СТАН, РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

УДК 624

## ДЕЯКІ ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ БЕТОНУВАННЯ ШВИДКОТВЕРДНУЧИХ БЕТОНІВ

### SOME TECHNOLOGICAL ASPECTS OF CONCRETING QUICK HARDENING CONCRETE

Бабіч Є.Є., к.т.н., доцент, <https://orcid.org/0000-0003-2900-8156>  
Лашівський В.В., к.т.н., доцент, <https://orcid.org/0000-0001-5178-4317>  
Марчук В.В., к.т.н., <https://orcid.org/0000-0003-0999-0402> доцент,  
Поляновська О.Є., к.т.н., <https://orcid.org/0000-0003-2811-2429> доцент,  
Косік І., студент <https://orcid.org/0009-0007-3507-8042> (Національний  
університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Babich Ye.Ye., Candidate of technical sciences, associate professor,  
Lashchivskiy V.V., candidate of technical sciences, associate professor,  
Marchuk V.V., candidate of technical sciences, Polianovska O.Ye.,  
candidate of technical sciences, associate professor, Kosik I., student  
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

У статті розглянуті деякі технологічні аспекти застосування швидкотверднучих бетонів у будівництві.

Проведений аналіз роботи опалубочних систем та розглянуті терміни розпалубки виробів з використанням швидкотверднучих бетонів. Розглянуті основні типи опалубочних систем при зведенні об'єктів промислового та цивільного призначення.

Розглянуті особливості ущільнення бетонних швидкотверднучих сумішей. Наведені основні види вібрування.

Розглянуті технологічні особливості догляду за бетоном із швидкотверднучих сумішей.

За результатами такого аналізу зроблений висновок про ефективність впровадження наведених технологічних аспектів застосування швидкотверднучих бетонів у будівництві.

The article discusses some technological aspects of the use of quick-hardening concrete in construction.

The analysis of the work of formwork systems was carried out and the terms of formwork of products using quick- hardening concrete were considered. The main types of formwork systems during the construction of industrial and civil objects were considered. Features of the compaction of

**quick-hardening concrete mixtures were considered. The main types of vibration are given.**

**Technological features of care for concrete from quick-hardening mixtures were considered.**

**Based on the results of such an analysis, a conclusion was made about the effectiveness of the implementation of the above technological aspects of the use of quick-hardening concrete in construction.**

**Ключові слова.** Швидкотверднучі бетони, модифікатори, опалубочні системи, ущільнення, вібрування, витримування бетонної суміші, терміни перестановки опалубки

Quick-hardening concretes, modifiers, formwork systems, compaction, vibration, aging of concrete mixture, timing of formwork replacement.

На кафедрах промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд, кафедрі технології будівельних виробів і матеріалознавства та міського будівництва та господарства Національного університету водного господарства та природокористування в рамках держбюджетної дослідної теми на замовлення Міністерства освіти і науки України за узгодженням з Радою Національної Безпеки і Оборони України за темою "Високоміцні швидкотверднучі бетони і фібробетони та конструкції на їх основі для фортифікаційних споруд" (державний реєстраційний номер №0116U003759) під керівництвом професорів Бабича Є.М та Дворкіна Л.Й. було проведено дослідження використання швидкотверднучих бетонів для залізобетонних конструкцій [1].

Ефект прискореного набору міцності забезпечується застосуванням комплексного використання сучасних добавок, що дає економічний та технологічний ефект.

Останніми роками термін "добавки" все частіше замінюється або ототожнюється з терміном "модифікатори". Під модифікаторами також розуміють речовини, поліпшуючі (модифікуючі) і регулюючі технологічні властивості бетонних сумішей та фізико-механічні властивості бетону [2].

Ефективні модифікатори для рухомих товарних бетонних сумішей включають суперпластифікатори і добавки, які у вигляді компонентів дозволяють регулювати швидкість твердіння, вміст повітря та інші властивості.

Метою запропонованої статті є розгляд деяких технологічних аспектів застосування швидкотверднучих бетонів у будівництві, а саме:

- Економічний ефект від застосування модифікаторів при приготуванні швидкотверднучих бетонів
- Аналіз роботи опалубочних систем та термінів розпалубки
- Ущільнення бетонних сумішей

- Догляд за бетоном

### **1. Економічний ефект від застосування модифікаторів при приготуванні швидкотверднучих бетонів**

Порівнювались рекомендовані склади звичайних важких бетонів різних марок з використанням та без використання модифікаторів (таблиця 1).

Розглядалися склади бетонів наступних марок М150 (С8/10), М200 (С12/15), М250 (С16/20), М350 (С20/25) та М400 (С25/30) з використанням та без використання модифікаторів. Пораховані витрати та вартість матеріалів та бетонної суміші. Використання модифікаторів дає можливість здешевити вартість бетонної суміші за рахунок зменшення витрати цементу. При цьому економія цементу може складати 20...70 кг/м<sup>3</sup> в залежності від марки бетону. А вартість бетону зменшується на 125...295 грн/м<sup>3</sup>.

### **2. Аналіз роботи опалубочних систем та термінів розпалубки**

Основні типи опалубочних систем при зведенні об'єктів промислового та цивільного призначення наведені в таблиці 2.

Процес витримування бетонної суміші в опалубочній системі регламентується вимогами по набору міцності [3]. Мінімальна міцність бетону незавантажених монолітних конструкцій при розпалубці горизонтальних та похилих поверхонь при прольоті до 6,0 м складає 70% а більше 6,0 м складає відповідно 80% проектної.

Швидкотверднучі бетони набирають необхідну їм розпалубну міцність практично вдвічі швидше, ніж звичайні. Це дозволяє прискорити терміни перестановки опалубки і таким чином зекономити її в обсягах.

### **3. Ущільнення бетонних сумішей**

Процес вкладання бетонної суміші в опалубку супроводжується ущільненням з використанням різноманітних заходів. Основним методом ущільнення бетонної суміші є вібрація. В умовах будівельного майданчика застосовують наступні види вібрування: внутрішнє, зовнішнє та поверхневе. Найбільш широко використовується внутрішнє вібрування з застосуванням глибинних вібраторів (табл.3) із зануренням у бетонну суміш вібронаконечника із гнучким валом що приводиться в дію електроенергією (електромеханічні).

При роботі із звичайними важкими бетонами крок перестановки глибинних вібраторів не повинен перевищувати півтора радіуса їх дії.

При роботі ж із швидкотверднучими бетонними сумішами з модифікаторами крок перестановки глибинних вібраторів можна збільшити вдвічі (тобто до трьох радіусів дії вібратора). Це дозволить

Таблиця 1

Витрата матеріалів та вартість бетонів з використанням та без використання модифікаторів

Марка (клас) бетону	Витрата матеріалів з використанням модифікатор, кг/м <sup>3</sup>					Ціна б/суміші, грн/ м <sup>3</sup>	Витрата матеріалів без використанням добавки СП, кг/м <sup>3</sup>				Ціна б/суміші, грн/ м <sup>3</sup>	Економія, грн/ м <sup>3</sup>
	Цемент	Пісок	Щебінь	Вода	Модифікатор, л		Цемент	Пісок	Щебінь	Вода		
M150 (C8/10)	180	890	1150	160	1,3	2054,3	200	890	1150	200	2180	125,2
Ціна, грн	4,5	0,4	0,65	0,88	40		4,5	0,4	0,65	0,88		
Вартість	810	356	747,5	140,8	52		900	356	747,5	176		
M200 (C12/15)	200	870	1150	160	1,4	2192,3	250	870	1150	200	2397	204,2
Ціна, грн	4,5	0,4	0,65	0,88	40		4,5	0,4	0,65	0,88		
Вартість	900	348	747,5	140,8	56		1125	348	747,5	176		
M250 (C16/20)	240	840	1150	160	1,6	2368,3	300	840	1150	200	2610	241,2
Ціна, грн	4,5	0,4	0,65	0,88	40		4,5	0,4	0,65	0,88		
Вартість	1080	336	747,5	140,8	64		1350	336	747,5	176		
M350 (C20/25)	280	770	1160	160	2	2542,8	350	770	1160	200	2813	270,2
Ціна, грн	4,5	0,4	0,65	0,88	40		4,5	0,4	0,65	0,88		
Вартість	1260	308	754	140,8	80		1575	308	754	176		
M400 (C25/30)	310	750	1160	160	2,2	2677,8	387,5	750	1160	200	2974	295,95
Ціна, грн	4,5	0,4	0,65	0,88	40		4,5	0,4	0,65	0,88		
Вартість	1395	300	754	140,8	88		1743,75	300	754	176		

Таблиця 2

## Класифікація опалубочних систем по конструктивним і технологічним характеристикам

Типи опалубки	Особливості конструювання	Сфера застосування
Індивідуальна	Проектується спеціально для даної споруди з розрахунку одноразового застосування	Оригінальні конструкції
Нез'ємна	Складається з плит, сіток та залишається в конструкції після бетонування	Зведення конструкцій без розпалублення
Розбірно-переставна	Складається з щитів, підтримуючих, кріпильних та інших елементів	Бетонування різнотипних монолітних конструкцій
дрібнощитова	Складається з елементів до 50 кг	
крупнощитова	Складається з елементів більше 50 кг	
Під'ємно-переставна	Складається з несучих конструкцій, до яких кріпиться, конструкція підлоги, щити, засоби для поярусної перестановки, засоби контролю тощо	Бетонування монолітних конструкцій
Сковзаюча	Складається із щитів, закріплених на домкратних рамах, робочої підлоги, домкратів та інших елементів.	Висотні компактні в плані будівлі та споруди
Горизонтально-переміщені	Переміщуються горизонтально без розборки по мірі бетонування конструкцій	Бетонування горизонтально-протяжних конструкцій
катуча		
тунельна		
Пневматична	Конструкція із повітря- та водонепроникної тканини, яка під впливом надлишкового тиску повітря приймає задану форму	Простіші оболонки, труби, колектори, криволінійні конструкції
Блочна	Складається з щитів та підтримуючих елементів, зібраних в просторовий блок	Бетонування однотипних конструкцій
нероз'ємна		Невеликого об'єму
роз'ємна		Великого об'єму
Об'ємно-переставна	Конструкція має вигляд П чи Г-подібну секцію.	Житлові та громадські будівлі з протяжною компоновкою

значно зекономити використання електроенергії та часу (за рахунок зменшення кількості перестановок вібраторів) при ущільненні бетонної суміші.

Технічні характеристики глибинних  
електромеханічних вібраторів із гнучким валом

Показники	Тип		
	ИВ-113	ИВ-112	ИВ-47Б
Вібронаконечник			
зовнішній діаметр корпусу, мм	38	51	76
збуджуюча сила, Н	1500	3000	4500
частота коливань, Гц	330	285	157
Електродвигун			
потужність, кВт	0,55	0,55	0,8
напруга, В	40	40	36
частота струму, Гц	50	50	50
Загальна маса, кг	34,5	34,5	57

### . Догляд за бетоном

Укривання і поливку бетону починають не пізніше ніж за 10...12 годин після закінчення бетонування, а в жарку і вітряну погоду через 2...3 години. Якщо температура зовнішнього повітря 15°C і вище, поливають в перші 3 доби днем через 3 години й один раз уночі, а в наступні дні - до набору 20 % проектної міцності (на портландцементі - 7 діб, шлакопортландцементі - 14 діб, на глиноземистому - 3 доби) не рідше 3 рази на добу.

В процесі догляду за бетоном основні витрати лягають на полив бетону – це вода та електроенергія (при відповідних природно-кліматичних умовах). Звичайні важкі бетони набирають міцність упродовж 28 діб. Норми витрати води на полив бетону регламентуються відповідно до [4].

Швидкотверднучі бетони набирають 100% міцність упродовж 10...14 днів. А це значно зменшує витрати води та електроенергії в процесі догляду за бетоном.

### Висновки

1. Використання модифікаторів при приготуванні швидкотверднучих бетонів дає можливість здешевити вартість бетонної суміші за рахунок зменшення витрати цементу.

2. Оскільки швидкотверднучі бетони набирають необхідну розпалубну міцність набагато швидше, ніж звичайні, це дозволяє прискорити терміни перестановки опалубки і тим самим скоротити процес бетонування, зменшивши кількість необхідної опалубки.

3. При ущільненні швидкотверднучої бетонної суміші є можливість значно зекономити використання електроенергії та часу виконання робіт за рахунок зменшення кількості перестановок вібраторів.

4. За рахунок того, що швидкотверднучі бетони набагато швидше набирають, скорочується час догляду за бетоном. А це призводить до зменшення витрати води та електроенергії.

Зазначена стаття носить оглядовий характер із зазначенням питань та проблематики деяких технологічних аспектів при застосуванні швидкотведнучих бетонів.

Більш детальний аналіз із визначенням ефективності по вказаним вище технологічним параметрах авторами буде розглянуто у наступних дослідженнях та розробках.

1. Дворкін Л.Й., Бабич Є.М., Житковський В.В., Бордюженко О.М., Філіпчук С.В., Кочкар'ов Д.В. Високоміцні швидкотверднучі бетони та фібробетони. Рівне: НУВГП, 2017. 331 с.

Dvorkin L.I., Babych Ye.M., Zhytkovskyi V.V., Bordiuzhenko O.M., Filipchuk S.V., Kochkarov D.V. Vysokomitsni shvydkotverdnuchi betony ta fibrobetony. Rivne: NUVHP, 2017. 331 s.

2. Дворкін Л. Й. Проектування складів бетонів (Методи, приклади, вправи): навчальний посібник / Л.Й. Дворкін. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. – 613 с.

Dvorkin L. Y. Proektuvannia skladiv betoniv (Metody, pryklady, vpravy): navchalnyi posibnyk / L.I. Dvorkin. – K.: Vydavnychiy dim «Kondor», 2018. – 613 s.

3. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Будівельні матеріали. Бетони правила контролю міцності./ Київ. Мінрегіонбуд України. 2010.

DSTU B V.2.7-224:2009. Budivelni materialy. Betony pravyla kontroliu mitsnosti./ Kyiv. Minrehionbud Ukrainy. 2010.

4. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва

DBN A.3.1-5:2016. Orhanizatsiia budivelnoho vyrobnytstva