

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 691.5

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ ШВИДКОТВЕРДНУЧІ СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ
НА ОСНОВІ В'ЯЖУЧИХ ЕТРИНГІТОВОГО ТИПУ*О. А. Ожищенко, інж., М. В. Савицький, д. т. н., проф.*

Ключові слова: сухі будівельні суміші, швидкотверднучі суміші, в'язучі еtringітового типу, термін будівництва, ремонтні роботи, вартість будівництва

Актуальність. На сьогоднішній день, в умовах високих цін на житлове будівництво, обумовлене високими банківськими процентними ставками, в Україні актуальним є питання скорочення термінів будівництва.

Один з можливих методів скорочення термінів будівництва є застосування швидкотверднучих будівельних сумішей з використанням так званих в'язучих еtringітового типу. Під в'язучими еtringітового типу розуміємо в'язучі в процесі гідратації яких утворюється еtringіт як головний продукт гідратації. Одним із головних переваг таких в'язучих є досить швидкий зріст міцності при звичайній тривалості рухливості суміші та незначному підвищенню вартості у порівнянні з ординарним портландцементом.

Аналіз публікацій. В існуючих роботах [1 – 3; 7; 10; 15], присвячених в'язучим еtringітового типу, не в повній мірі дослідженні властивості таких сумішей. До того ж кількість досліджених сумішей досить обмежена, що не дозволяє робити однозначні висновки стосовно їх будівельно-технічних властивостей. У зв'язку з вищенаведеними факторами, дослідження швидкотверднучих сухих будівельних сумішей на основі в'язучих еtringітового типу, є актуальним.

Метою роботи є розробка швидкотверднучих сухих будівельних сумішей на основі в'язучого еtringітового типу та дослідження їх основних фізико-механічних властивостей.

Виклад основного матеріалу. Аналіз вітчизняного ринку швидкотверднучих сухих будівельних сумішей [5; 8; 9; 11; 13; 14] показав, що існуючі суміші мають досить чітко визначену та інколи досить обмежену сферу застосування. З іншого боку, у зв'язку з наявністю в їх складі специфічних і не досить поширених складових, їх застосування не завжди є економічно вигідним. Саме тому була зроблена спроба розробити багатофункціональну суху швидкотверднучу будівельну суміш, яка б складалася з поширених в Україні матеріалів та використання якої було б економічно доцільним. Вимоги, що висувалися до суміші: швидкий набір міцності на ранніх термінах, достатня рухомість суміші та невисока собівартість.

Базовими матеріалами були прийняті широко розповсюджені та досить недорогий портландцемент (далі ПЦ), а також алюмінатний (глиноземний) цемент (далі АЦ) та сульфат кальцію (далі СК). Для досягнення поставленої мети було досліджено декілька різновидів вищенаведених матеріалів. Так, в якості АЦ було прийнято два алюмінатних цементи однакового хімічного та мінералогічного складу, але різної тонкості помелу (3 307 та 4 528 см²/г). В якості сульфату кальцію розглядалися ангідрит CaSO₄ та фосфогіпс – відходи хімічної промисловості. Суміш портландцементу, алюмінатного цементу та сульфату кальцію становить собою так зване в'язуче еtringітового типу. Також застосовувалися різноманітні модифікуючі добавки та суперпластифікатори, що дозволяли покращити ту чи іншу фізико-механічну характеристику [4; 6; 12]. Всі дослідження проводилися на еталонних розчинах такого складу: пісок – 1 350 г, в'язуче еtringітового типу (далі ВЕТ) – 350 г, комплекс модифікуючих добавок (два сповільнювачі схоплювання та два прискорювачі твердіння) – 0,7 % від маси в'язучого, співвідношення вода/в'язуче – 0,5, суперпластифікатор – 3,2 % від маси води.

У результаті численних експериментальних досліджень було визначено оптимальний склад суміші, яка б відповідала всім висунутим вимогам. Склад розробленої суміші – 40 ПЦ / 60 ВЕТ 40 (40 % портландцементу, 36 % алюмінатного цементу, 24 % сульфата кальцію). Ця суміш становить собою готове для використання порошкове в'язуче, яке в результаті додавання до нього води утворює будівельний розчин, не схильний до розшарування. Характеристики отриманого матеріалу наведені у таблиці 1.

Щодо сфери застосування розробленої суміші, вона може використовуватися для

проведення термінових ремонтних робіт на бетонних та залізобетонних конструкціях, у тому числі методом ін'єктування, реставрації пошкоджених поверхонь бетону, ремонту захисного шару, загладжування поверхневих дефектів, тампонування при протіканнях.

Таблиця 1

Основні характеристики системи 40 ПЦ / 60 ВЕТ 40

Характеристика	Значення
Властивості продукту	
Консистенція	Порошок
Колір	Сірий
Зберігання	У закритій упаковці в сухому місці протягом 12 місяців
Характеристики застосування	
Співвідношення суміші	На 100 частин суміші – 11 – 12,5 частин води
Консистенція суміші	Тиксотропна
Розплив суміші (на вібраційному столику)	160 – 180 %
Щільність суміші	2,2 кг/м ³
pH суміші	12,5
t°C застосування	От +5 до +20°C
Життєздатність суміші	Близько години
Характеристики	
Міцність на стиск (МПа)	
- після 1 дня	26
- після 7 днів	38
- після 28 днів	40
Міцність на згин (МПа)	
- після 1 дня	5
- після 7 днів	5
- після 28 днів	6
Відділення води (згідно Євронормі EN 8998/89)	відсутнє

На основі розробленої суміші також може бути виготовлений будівельний розчин, не схильний до розшарування і здатний проникати в порожнини найскладнішої форми. Завдяки характеристикам розробленої суміші її застосування достатньо різноманітне. Окрім способів застосування, що є спільними для розчину та сухої будівельної суміші, наведених вище, також можна виокремити можливість використання розчину для заповнення жорстких швів між монолітними та збірними бетонними елементами, усунення розшарування цегляної стіни методом ін'єктування.

Також на основі розробленої сухої будівельної суміші було розроблено склад швидкотверднучого бетону. Його міцнісні характеристики, в порівнянні з міцністю звичайного портландцементу, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Порівняння міцнісних характеристик бетонів

Характеристика	На основі розробленого матеріалу	На основі звичайного портландцементу
Міцність на стиск у віці, МПа		
8 годин	22,5	1,1
24 години	30	4,9
7 діб	40,7	9,48
28 діб	42,9	10,2

Продовження таблиці 2

Міцність на розтяг у віці, МПа		
8 годин	4	2
7 діб	5,5	2,6
28 діб	5,7	3,3

Собівартість розроблених матеріалів (сухої будівельної суміші, а також розчину та бетону на основі даної суміші) наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Собівартість розроблених матеріалів

№ п/п	Матеріал	Од. вимірювання	Вартість, грн
1	Суха будівельна суміш	т	2 379
2	Розчин	т	748
3	Бетон	т	980

Для оцінки економічної ефективності застосування розробленої суміші був підрахований техніко-економічний ефект від використання цього матеріалу для будівництва 9-поверхової офісно-житлової будівлі. Конструктивна схема будівлі прийнята у вигляді монолітного залізобетонного каркасу, що складається з колон квадратного перерізу 400 × 400 мм і монолітного перекриття. Розміри будівлі в плані – 36,3 м × 22,5 м. У якості показника економічної ефективності розробленої композиції була прийнята вартість матеріалу та терміни його набору міцності у порівнянні з застосуванням звичайного портландцементу.

Досягнення економічного ефекту від застосування розробленого матеріалу стає можливим за рахунок зниження загальної вартості будівництва будівлі завдяки параметрам:

- швидкий набір міцності запропонованого бетону і, як наслідок, підвищення оборотності опалубки та скорочення витрат на її оренду;
- зменшення витрат на машини та механізми за рахунок скорочення періоду їх роботи;
- дострокове введення в експлуатацію будівлі.

Розрахунок вартості виконувався лише для робіт, що виконуються при зведенні каркаса будівлі. Розрахунки виконані в програмі Smeta Online згідно чинних норм. Результати розрахунку представлені в таблиці 4.

Таблиця 4

Порівняння витрат на зведення будівлі

№ п/п	Показник	Показники ефективності досліджуваних матеріалів	
		Звичайний портландцемент	Розроблений матеріал
1	Вартість 1м ³ бетона	810	980
2	Кошторисна вартість монолітних робіт, тис.грн	9 894,767	1 147,541

Щодо скорочення термінів будівництва, то завдяки застосуванню розробленої суміші терміни будівництва можуть бути скорочені з 5 до 3,5 місяців для зведення каркаса розглянутої будівлі.

Економічний ефект за рахунок скорочення термінів тужавлення матеріалу конструкцій та дострокового введення в експлуатацію будівлі, що зводиться складає 182,985 тис. грн, від скорочення умовних постійних накладних витрат при зведенні монолітного каркаса будівлі складає 188,47 тис. грн.

Висновок. Використання сухих будівельних сумішей на основі в'язучих еtringітового типу є альтернативним та перспективним засобом скорочення процесу твердіння та набору міцності цементів та бетонів і як результат – зменшення вартості будівництва. При застосуванні бетону на основі розробленої багатофункціональної сухої будівельної суміші, яка складається з 40 % ПЦ, 36 % АЦ та 24 % СК та комплексу модифікуючих добавок,

економічний ефект за рахунок скорочення строків твердіння матеріалу конструкцій та дострокового введення в експлуатацію будівлі, що зводиться, складає 182,985 тис. грн, від скорочення умовних постійних накладних витрат при зведенні монолітного каркасу 9-поверхової будівлі, яка складає 188,47 тис. грн (52,16 грн/м³).

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Алкснис Ф. Ф. Твердение и деструкция гипсоцементных композиционных материалов / Фрицис Фрицевич Алкснис – Л. : Стройиздат, 1988. – 103 с.
2. Баженов Ю. М. Высокопрочный мелкозернистый бетон для армоцементных конструкций / Юрий Михайлович Баженов – М. : Госстройиздат, 1963. – 128 с.
3. Батраков В. Г. Модифицированные бетоны / Владимир Григорьевич Батраков. – М. : Стройиздат, 1990. – 400 с.
4. К оценке совместимости химических добавок с цементами в технологии бетона / Ущеров-Маршак А. В., Златковский О. А. и др. // Строительные материалы и изделия, 2003. – № 4. – С. 11 – 15.
5. Менделеева И. Н. Сухие смеси на основе смешанных цементов [Электронный ресурс] – Систем. вимоги: Pentium ; 32 Mb RAM ; Windows 95, 98, 2000, XP ; MS Word 97-2000. – Режим доступа к статье. : <http://www.spsss.ru/confer/doclad08/medvedeva.doc>
6. Мешков П. И. Способы оптимизации составов сухих строительных смесей / Мешков П. И., Мокин В. А. // Строительные материалы. – 2000. – № 5. – С. 12 – 14.
7. Мчедлов-Петросян О. П. Расширяющиеся составы на основе портландцемента (химия и технология) / О. П. Мчедлов-Петросян, Л. Г. Филатов. – М. : Изд-во лит. по строительству, 1965. – 140 с.
8. Песцов В. И. Современное состояние и перспективы развития производства сухих строительных смесей в России / В. И. Песцов, Э. Л. Большаков // Строительные материалы, 1999. – № 3. – С. 3 – 5.
9. Рекомендованные рецептуры приготовления сухих смесей. ООО «Спец-контракт» [Электронный ресурс] — по данным ООО «Спец-контракт» – К. , 2000 – Систем. вимоги: Pentium ; 32 Mb RAM ; Windows 95, 98, 2000, XP ; MS Word 97-2000.
10. Рояк С. М. Специальные цементы / С. М. Рояк, Г. С. Рояк – М. : Стройиздат, 1983. – 279 с.
11. Саницький М. А. Модифіковані цементи для бетонів та будівельних розчинів / Саницький М. А., Марущак У. Д., Шевчук Г. Я. [та ін.] // Зб. наук. праць : Будівельні конструкції. – 2002. – № 56. – С. 378 – 385.
12. Савицкий Н. В. Ускорение процесса твердения портландцемента вяжущими этрингитового типа / Н. В. Савицкий, О. А. Ожищенко // Проблемы современного бетона и железобетона. – 2011. – № 74, кн. 2. – С. 84 – 89.
13. Современные методы оптимизации композиционных материалов / [Вознесенский В. А., Выровой В. Н., Керш В. Я. и др.]. – К. : Будівельник, 1983. – 144 с.
14. Суміші будівельні сухі модифіковані Загальні технічні умови : ДСТУ-П Б В.2.7-126:2006. – [Чинний від 2006-04-27]. – К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 33 с. – Національний стандарт України.
15. Lamberet S. Durability of ternary binders based on portland cement, calcium aluminate cement and calcium sulfate. Thèse de doctorat de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne / Lamberet Severine. – EPFL., 2005. – 186 с.

УДК 69.06:658.012.2

СЕЛЕКТОНОВАЦІЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ У РЕАЛІЗАЦІЇ СКЛАДНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТІВ

*І. Д. Павлов, * д. т. н., проф., Ф. І. Павлов, к. т. н., доц., М. О. Каплуновська, * к. т. н.
* Запорізька державна інженерна академія*

Ключові слова: селектоновація рішень, оптимальне управлінське рішення, сітьова модель, економіко-математична модель, складний будівельний проект

Постановка проблеми. Виконання складного будівельного проекту в визначений термін завжди пов'язане з можливістю використання і наявністю ресурсів (трудових, матеріально-