

Підставивши (6) в рівняння (5), одержимо диференційне рівняння для вузлової точки  $x\#$ , яке буде першим в залишковій системі  $M + 1$  диференційних рівнянь.

Структуру другого диференційного рівняння для вузла  $x\backslash$ :

$$B^0 \ 4 - 2 - B \ 2 = 2 \ a \ 2 \ B \ 2$$

уточнюємо за допомогою коефіцієнта  $B \ \backslash$ .

Після проплавлення матеріалу у вузлі  $xm$ , фіксуємо значення температури в інших вузлах і швидкість плавлення. Потім слідкуємо за проплавленням матеріалу до точки стику, при цьому інтервал  $(xm, \ /i)$  ділимо спершу навпіл, тобто проплавляємо матеріал до координати  $xm + \kappa \ / \ 2$ , потім до  $x \ N + 3 \ A \ i \ / \ 4$  і так до координати  $x = \ /i$ .

Потім розв'язуємо задачу проплавлення одношарового матеріалу товщиною  $I2$ - Структура першого із  $M$  диференційних рівнянь буде аналогічна першому з  $N + M$  рівнянь з відповідною заміною коефіцієнтів тепло- і температуропровідності  $A$  і  $a$  теплоємності  $c$  йр щільності для другого шару, крок розбиття  $H\backslash$  замінюємо на  $\kappa g$  і уточнюємо температуру плавлення даного шару.

У подальшому використовуємо методику розв'язання задачі для першого шару. Для дослідження плавлення матеріалу до координати  $x - I g$  структуру рівняння для вузла  $xm + (2^n - 1) / 2^n$ , де  $p = 1, 2, \dots$  буде аналогічна диференційному рівнянню для вузла  $x \ A /$ .

Випробування методики розв'язання для дослідження нагріву і фазового перетворення матеріалу в порівнянні з експериментальними даними було використано при руйнуванні залізобетону плазмою. Створено пакет програм, за допомогою яких модулюється і досліджується процес фазового перетворення матеріалу, визначається потужність теплового потоку для нагріву і проплавлення.

Достовірність розрахунків показано за допомогою інтегрального методу прямих при різних значеннях числових коефіцієнтів  $a/c$  і  $a \ i$ , тобто одержано розв'язок звичайним методом прямих ( $a = 0$ ), покращеним методом прямих ( $a^2 = 0,5$ ) і методом без урахування регулювання області інтегрування ( $a = 1$ ).

## ЛІТЕРАТУРА

1. Углов А.А., Смуrow И.Ю., Карасева Л.В. Скорости плавления тел под воздействием тепловых потоков переменной мощности // Физ. хим. обраб. материалов, 1986. — № 1. — с. 3—12.
2. Рьшдюк В.И. Применение улучшенного интегрального метода прямых к решению задач теплопроводности с кусочно-постоянным коэффициентом // Ред. Инж.-виз. журн. — Минск, 1986. — № 1. — с. 3—12.
3. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. Т.2 — М.: Физматгиз, 1996. — 640 с.

Кафедра теоретичної та будвельної механіки

УДК 666.914: 691.022

## БЕЗВИПАЛЮВАЛЬНІ НИЗЬКОМАРОЧНІ ЦЕМЕНТИ НА ОСНОВІ ФОСФОГІПСУ

Канд. техн. наук, доц. Сердюк В. Рм Майах Мізхер.

Фосфогіпс є одним із самих багатотонажних твердих відходів виробництва мінеральних добрив. Поточний вихід фосфогіпсу, при виготовленні екстрактованої фосфорної кислоти, яка в подальшому використовується для виробництва добрив, складає 4—6 тис на 1 тис  $P2O5$ .

Річний вихід фосфогіпсу в світі досяг рівня  $9 \times 10^{10}$  кг, що перевищує виробництво природного гіпсу. У країнах СНГ у відвалах накопичилось 275 млн. тонн фосфогіпсу, з них більша частина припадає на підприємства Росії та України. У цілому по народному господарству використовувалось тільки 17.5 % отриманого фосфогіпсу, а збереження його у відвалах пов'язано з великими капітальними і експлуатаційними затратами та погіршенням екології на території, що прилягає до відвалів [1].

Утилізація фосфогіпсу і комплексне його використання для потреб будівництва — це дуже важлива проблема для багатьох країн. Переробка фосфогіпсу на будівельний гіпс також є складним

кислот, які входять до його складу. Основними напрямками використання фосфогіпсу є дорожнє будівництво, як добавки в цемент, і гіпсові будівельні матеріали.

Основною гальмуючою умовою використання фосфогіпсу в зарубіжних країнах є висока його радіоактивність. Із-за цієї умови у нашій країні дуже насторожено відносяться до цього матеріалу, що відштовхує виробників і вчених від вивчення й використання його.

Вінницьким політехнічним інститутом сумісно з Українським науково-дослідним центром радіаційної медицини виконана радіаційна оцінка фосфогіпсів із відвалів підприємств України і фосфоритів Іорданії. У табл. 1 наведені результати досліджень і літературні дані радіоактивності гіпсо- і фосфогіпсових матеріалів різних країн світу. Радіоактивність фосфогіпсів хімічних підприємств України і Росії виявилась величиною достатньо стабільною, тому що вони використовують одну сировину — із Кольського півострова (Росія) [2, 3].

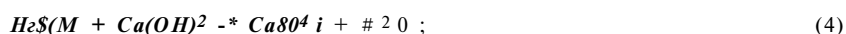
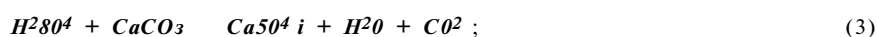
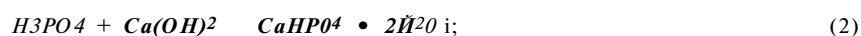
Таблиця 1

Вид матеріалу	Країна	Питома активність, Бк/кг			Сеф. Бк/кг.
		радій-226	торій-232	калій-40	
I Фосфогіпс	Україна	33	14	51	Г 56,9 616 832 1509 580—740
	ФРН	600	5	110	
	Англія	800	20	70	
	США	1500	7	—	
	Польща	580—740	—	—	
Гіпс	Україна	38	8	196	65
I Фосфорит	Іорданія	707	48,6	39,8	Г . . 774 _

На основі таблиці 1 можна зробити висновок, що кількість радіонуклідів у фосфогіпсах України значно менше 370 Бк/кг і, відповідно вимогам українських РБН 356—91, такі фосфогіпси можуть бути використані у всіх видах будівництва без будь-яких обмежень.

Відомо, що для використання фосфогіпсу в натуральному стані, коли не регламентується вміст у його складі кислот, фтору й води, найбільш підходить технологія виробництва фоізолу, яка розроблена НИУИФ і ВНИИСтрой [4, 5].

При розробці низькомарочного безвипалювального цементу, на основі фосфогіпсу, ми виходили з того, що гідралічні властивості (властивість твердіти у воді) можуть забезпечити активні мінеральні добавки. Наявність карбонатів кальцію в суміші забезпечують нейтралізацію кислот, що знаходяться у фосфогіпсі. Невеликі добавки вапна чи цементу, дозволяють провести більш глибоку нейтралізацію кислот і головне — переводять іони фтору у водонерозчинений та нешкідливий стан. Наведені формули (1—5) відображають основні хімічні реакції при виготовленні цементу:



При розробці нормативних документів (ТУ 21, Україна, 521—92. Камни из фосфогипсозольных бетонов, стеновые) для виготовлення виробів, на основі безвипалювального цементу, виконані санітарно-гігієнічні дослідження цих виробів із висновком Міністерства охорони здоров'я України. Для виготовлення безвипалювального бетону на основі фосфогіпсу нами, як багатоцільовий компонент, був запропонований опоковидний мергель. До його складу входить кремній у гідралічноактивній формі, карбонат кальцію, невелика кількість оксидів заліза й алюмінію. Крім того в суміш вводиться добавка вапна. Сировина компонентів розмелюється в кульовому млині, щоб дисперсність досягала 2800—3200 /г.

Гідралічне в'язуче (цемент) досліджувалось відповідно до ГОСТ 310.4—81. На рис 1 показана кінетика росту міцності протягом місяця при різній кількості сировинних компонентів.

За результатами досліджень можна зробити висновок про те, що найбільша міцність безвипалювального цементу отримана при складі суміші в'язучого, яке містить 40—50 % фосфогіпсу, 30—40 % опоковидного мертелю та 20 % вапна (рис. К, кр. 3 і 4).

Оскільки гіпс і фосфогіпс набирають міцність на повітрі (повітряні в'язучі), то з практичної точки зору в їх склад потрібно вводити цемент, вапно, трепел, опоку, золи та інші компоненти, які містять силікати, алюмінати, алюмоферити. Продукти їх гідратації та взаємодії з сульфатом кальцію є водостійкими, що дозволяє розширити можливості використання цих цементів. Обов'язковим для

водостійкими, що дозволяє розширити можливості використання цих цементів. Обов'язковим для підбору складу в'яжучих і сумішей є створення хіміко-технологічних передумов, виключаючих умови виникнення в складі суміші високоосновного гідросульфоалюмінату кальція — [6].

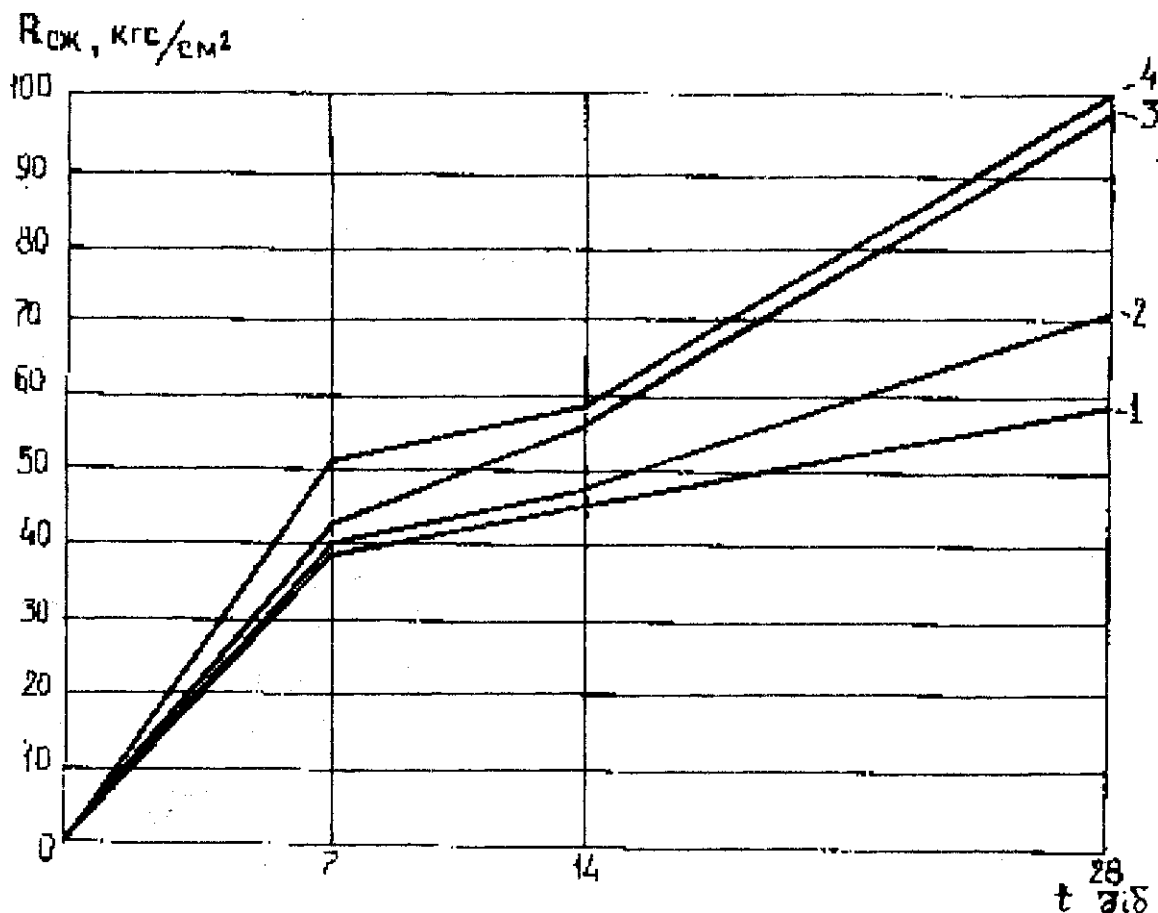


Рис. 1. Зростання міцності безвипалювального цементу на основі фосфогіпсу

- 1 — фосфогіпс — 70 %; вапно — 20 %; опоковидний мергель — 10 %;
- 2 — фосфогіпс — 55 %; вапно — 15 %; опоковидний мергель — 30 %;
- 3 — фосфогіпс — 50 %; вапно — 20 %; опоковидний мергель — 30 %;
- 4 — фосфогіпс — 40 %; вапно — 20 %; опоковидний мергель — 40 %

Отримане безвипалювальне в'яжуче марки 75—100 раціонально використовувати в малоповерховому домобудівництві, тому що не вигідно, з економічної точки зору, у малоповерховому домобудівництві використовувати високомарочні цементи, будівельні матеріали й вироби з них.

Оскільки виготовлення рядових портландцементів є досить енергоємним процесом (температура випалювання дорівнює 1450 С), і Україна витрачає 60—70 % валютних коштів на імпорт енергоносіїв, то виробництво безвипалювальних цементів є своєчасним і економічно вигідним заходом. Крім того, паралельно будуть покращуватися екологічні умови багатьох регіонів України.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Фосфогипс и его использование / Под ред. С. Д. Звенчика, А. А. Новикова.—М.: Химия, 1990 — 224 с.
2. Сердюк В. Р., Майх Мизхер. Оценка радиоактивности фосфогипсов // Научно-технический прогресс в строительстве: Тез. докл. обл. науч.-техн. конф.—Винница, 1992.—С. 26—27.
3. Зонігін / агіаііон: Зішгсез апсі БіоіофіскаІ еГГесіз, Ь ^ С Е А К N. У.: У^Т, 1982.
4. Абдукаримов А. Хайдилов Ю. Х., Нудельман Б. И. и др. Использование фосфогипса из фосфоритов Каратау в производстве строительных материалов // Тр. НИУИФ.—1989.—Вып. 25.—С. 156—161.
5. Гордашевский П. Ф., Долгоров А. В. Производство гипсовых вяжущих материалов из гипсосодержащих отходов.—М.: Стройиздат, 1987.—104с.
6. Сердюк В. Р., Майх Мизхер. Фосфогипсовые отходы в производстве ячеистого бетона // Строительные материалы и конструкции.—1993.—№ 2.—С. 27—28.

Кафедра технології організації управління та економіки будівництва