

Замість рідини можна використовувати солярову ;->. - ~ ~ - :. - •
ну олію ($\varphi = 9,5 \cdot 10^4 - 0$).

При нагріванні таких середовищ в постійному $\sim - 0$. $\cdot 0$
починає рівномірно зростати тиск, який діє на бетон. λ : * * : .
від температури: $P_n = \Gamma(1)$.

В загальному випадку потужність системи і величин; $t, < \sim *$; .
навантаження силових елементів, твердості ТСФ. $k e g /$ _ -
бетону, герморозширюваної рідини і таке інше.

Інтенсифікація режиму твердіння цементного тіста δT
використання для прискореного визначення активна; , ::го.о о

Зразки-балочки $4 \times 4 \times 16$ см з цементного розчину ; , . •
волжанському піску відповідно ДСТ формуються в сгiлл: ".: -> : ~ _ - - . . -
лабораторній камері в режимі 1^*3-5-1 г при температурі $t =$; ; - .1 .

Слід зазначити, що використання розроблених ТСО .- . . . 1
не потребує створення спеціальних дорогих теплових
пропарювальних камер). В зв'язку з цим викликає інтерес ; -
обробки бетону з метою забезпечення максимальної г о .
теплової енергії, забезпечення необхідної міцності, шільн. . . . " . -- 1,
під тиском.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мчедлов-Петросян О. П. Химия и органические строліСЛЬНЫЛ У _ : - _ " - 11- .
2. Меддов-Петросян О. П. и др. Фи'шко-химические оенощл напр-Е i-.-. - - : . o": " : . _ . . .
3. Малинина Л. А. Тепловлажностная обработка тяжелого Г>стсна — V _ : . • . . . -
4. Годовский Ю. К. Теплофизические метолл иселеловиния нi тлуС: : - : : _ - 1

Кафедра технології будівельного виробництва

УДК 691:001.89

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ V РОЗРОБЦІ НОВИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Канд. техн. наук, проф. Сердюк В. Р., канд. техн. наук Маіах Мизхер.
Киндзерський Ю. В.

Найвагомішими та актуальними задачами будівельного матеріал - III-^т: :ри чання
матеріалів з гарантованим рівнем якості, з найменшими втратами енерпії . . нр
складових.

Експериментально-статистичне моделювання (ЕСМ) в процесі ро из*я }ку >a_..ч г;гмлі-
зації складу, структури, технології виробництва будівельних матеріалів є новим науковим
напрямком, який отримав назву комп'ютерне матеріалознавство. Використання методів
математичної теорії експерименту дуже важливе для підвищення ефективності та якості
наукових дослідів та інженерних розробок. Тридцятирічний досвід ЕСМ (Одесько)! школи
отримав визнання в країнах близького та далекого зарубіжжя [1].

Нами отримано матеріал, який може широко використовуватись у виробництві стінових
виробів для малоповерхового будівництва. Під час його розробки ми виходили з таких
вимог межа міцності на стиснення $K. > 15$ МПа; коефіцієнт зм'якшення під впливом води

$K^3 > 0,7$; щільність матеріалу $1400 < i < 1600$ кг/м .

Склад сировинних матеріалів містить в собі фосфогіпс, поил-викид, активну мінеральну добавку, вапно.

В математичному плануванні експерименту межі змінювання складових призначались згідно попередніх експериментальних дослідів. Як незалежні змінні були прийняті місткість фосфогіпсу (ФГ) — X^1 ; попелу-викиду (В) — X^2 ; активної мінеральної добавки (АМД) — X^3 . Місткість X^1 змінювалась у діапазоні 2,5*5 частин; X^2 — 2*4; X^3 — 0*2 по відношенню до вапна, яке становить одну частину.

Був вибраний план експерименту: О — оптимальний симетричний тричіфакторний на кубі, 15-ти крапковий [2].

Як залежні змінні вивчались такі параметри: Y^1 — водотверде відношення при розпливу суміші 8—10 см по Суттарду; Y^2 — щільність сухого матеріалу, ρ^c (кг/м³); Y^3 — щільність свіжевикладеної суміші, ρ^{CB} (кг/м³); Y^4 — межа міцності при згинанні, K^c (МПа); Y^5 — межа міцності на стиснення у сухому стані, K^{BH} (МПа); Y^6 — межа міцності на стиснення у водонасиченому стані, K^{BH} (МПа); Y^7 — водогюглинання, %; Y^8 — коефіцієнт зм'якшення під впливом води K^3 .

План експерименту подано у табл. 1.

Таблиця 1

План експерименту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X^1	5	2,5	5	1	4	2	2	2	2	2,5	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
X^2	4	1	2	1	4	2	2	2	2	2,5	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
X^3	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Отримані результати подані у табл. 2.

Таблиця 2

п/п	Y^1	Y^2	Y^3	Y^4	Y^5	Y^6	Y^7	Y^8
1	0,352	1443	1855	2,12	6,38	19,5	0,714	
2	0,337	1604	1855	18	15,2	15,79	0,844	
3	0,380	1476	1819	2Д	8,68	16,23	0,826	
	0,315	1424	1799	3,4	11Д0	20,45	0,621	
	0,337	1636	1884	2,6	9,30	12,19	0,645	
	0,228	1577	1784	4,29	19,65	13,17	0,870	
	0,353	1508	1892	1,7	17,2	14,96	0,548	
9		1464	1833	3,99	13,72	9,73	0,723	
10	0,341	1587	1842	21,92	9,01	13,94	0,750	
11	0,331	1529	1816	4,04	18,7	16,6	0,650	
12	0,383	1502	1816	4	МЛП	17,76	0,640	
13	0,364	1501	1800	4,19	16,13	17,76	0,710	
14	0,347	1500	1883	13,6	11,43	16Д	0,598	
15	0,356	1547	1848	5,38	17,63	18,58	0,665	
						11,72	15,3	

Отримані результати використані як основа при побудові математичних моделей. При цьому був виконаний послідовний регресійний аналіз (ПРА) у системі COMPEX [3], орієнтований на виключення оцінок, які мають найменшу гаусову точність.

Згідно математичної обробки експериментальних результатів нами отримані такі математичні моделі:

$$Y^1 = 0,36 + 0,007X^1 + 0,02X^2 + 0,016X^3 - 0,008X^2^2 - 0,01X^3^2 + 0,006X^1 \cdot X^2; \quad (1)$$

$$Y^2 = 1520,8 - 59X^1 + 24X^2 + 1,6X^3 - 12,4X^2^2 - 12,1X^1 \cdot X^2 - 7,1X^3 - 28,1X^2 \cdot X^3; \quad (2)$$

$$Y^3 = 1841,2 - 18,5X_1 + 10,6X_2^2 - 21,7X_3 - 12,6X_2^2 + 17,5X_1 \cdot X_2 + 10,2X_2^2 \cdot X_3; \quad (3)$$

$$Y^4 = 4,79 - 0,38X_1 - 0,96X_3 - 1 \cdot X_1^2 + 0,28X_1 \cdot X_2 + 0,6X_1 \cdot X_3 + 0,28X_2^2 - X_3; \quad (4)$$

$$Y^5 = 18,2 - 4,1X_1 + 0,4X_2^2 - 0,52X_1^2 - 3,48X_3^2 - 0,1 \cdot X_1^2 \cdot X_2 - 0,56X_2^2 \cdot X_3; \quad (5)$$

$$Y^6 = 11,82 - 3,04X_1 + 0,48X_2^2 + 1,16X_3 + 0,1X_1^2 - 2,22X_3^2 - 0,32X_1 \cdot X_2 - 0,9X_1 \cdot X_2 - 0,99X_2^2 \cdot X_3; \quad (6)$$

$$Y^7 = 17,39 + 2,38X_1 - 1,03X_2^2 - 0,98X_3 - 1,11X_2^2 + 1,02X_1 \cdot X_2 + 0,66X_1 \cdot X_3 + 1,71X_2^2 \cdot X_3; \quad (7)$$

$$Y^8 = 0,653 + 0,013X_2^2 + 0,077X_3 + 0,073X_1^2 - 0,048X_1 \cdot X_3 - 0,05X_2^2 \cdot X_3. \quad (8)$$

Згідно моделі водотвердого відношення найменше значення В/Т досягається, коли відсутні АМД, найменша місткість фосфогіпсу (2,5 част.), та найбільша місткість попелу-викиду (4 част.) (див табл. 2, п. 6).

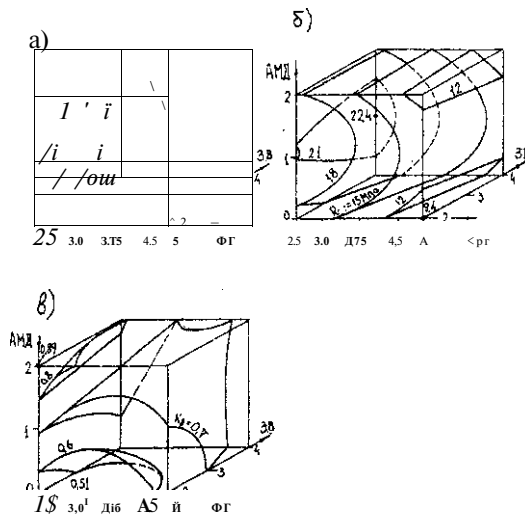


Рис. 1. Ізоповерхні рецептурних параметрів:
а) водотверде відношення при рівній рушливості суміші, В/т; б) міцність при стисненні, К, МПа; в) коефіцієнт зм'якшення, Кз

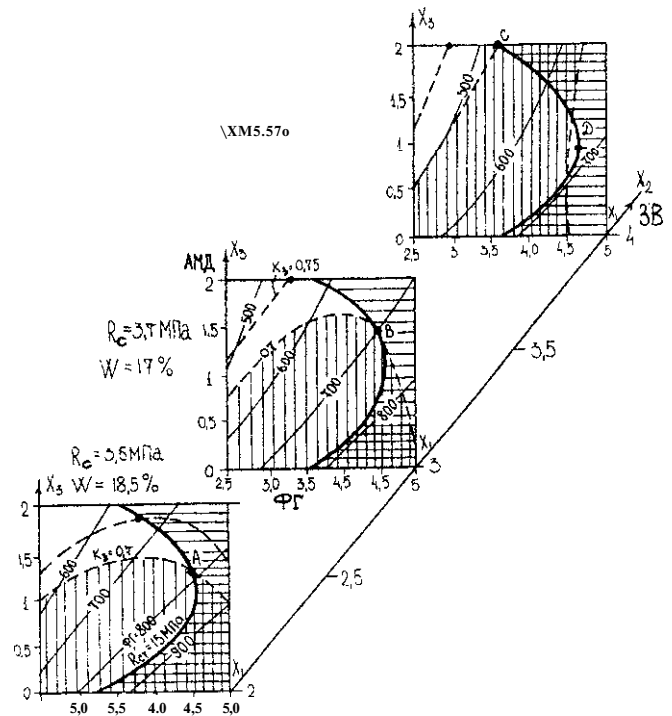


Рис. 2. Визначення підобласті, що відповідає вимогам:
К > 15 МПа; Кз > 0,7 та складу композиту із максимальним рівнем фосфогіпсу

Характер ізоліній в розрахункових значеннях В/Т = 0,33; 0,35; 0,37 свідчить, що зі стабільною рушливістю та постійними витратами вапна (1 часі.) із збільшенням попелу-викиду від 2 до 4 частин та різній місткості фосфогіпсу (від 2,5 до 5 частин) -- В/Т суміші зменшується (рис. 1, а).

Найбільший вплив на зміну міцності при стискуванні чинить кількість введеного фосфогіпсу, про що свідчить характер ізоліній (рис. 1, б). Практично, зі стабільним В/Т відношенням збільшення частини фосфогіпсу викликає зниження міцності при стискуванні в 2,4 рази.

Вплив АМД має свої особливості (див. рис. 1, б). Дійсним є той факт, що існує оптимальна кількість цієї добавки, котра дає найприйнятнішу міцність при стискуванні.

Найбільша міцність досягається в співвідношенні добавки до вапна — 1:1.

На моделі, зображеній на рис. 1, в, видно, що АМД має важливу роль у підвищенні водостійкості матеріалу. В процесі збільшення у складі суміші фосфогіпсу та зменшення попелу-викиду різко збільшується водопоглинання суміші та зменшується коефіцієнт зм'якшення.

При відносно малих дозах фосфогіпсу додавання ПВ значно впливає на водопоглинання матеріалу. Введення у суміш АМД при постійній кількості фосфогіпсу призводить до збільшення значень коефіцієнтів зм'якшення від 0,5 до 0,85 (рис. і, в).

Оптимальні показники досягнуті з різними рівнями для різних рецептурних факторів:

$$K - X^1 - -1; X^2 - +1; X^3 - 0,08;$$

$$K^3 - X^1 = -1; X^2 - -1; X^3 - +1;$$

$$\Phi \Gamma - X^1 - +1; X^2 - -1; X^3 - -1.$$

У випадку, коли основні рівні не співпадають за оптимальними рівнями з різними критеріями, рекомендується прийняти компромісне рішення. При цьому, для визначення рецептурно-технологічного рішення за комплексом поліноміальних моделей, наочніше і раціональніше використовувати двофакторні діаграми (рис. 2).

Таким чином, знаходимо оптимальну рецептурну область, що відповідає комплексу необхідних вимог. Точки перетинання К, К³, ФГ (А, В, С, О на рис. 2) є оптимальними.

Отриманий матеріал буде мати такі властивості: К = 15 МПа; К³ = 0,7; К^с = 3,7 МПа; $\Psi = 17 \%$; $\rho = 1500\text{--}1600 \text{ кг/м}^3$, а місткість фосфогіпсу буде більше ніж 710 кг/м^3 з витратами ПВ 3 частини по відношенню до вапна. При цьому оптимальний склад в нормалізованих факторах такий:

$$4,5 > X^1 > 2,5;$$

$$X^2 - 3;$$

$$2,0 > X^3 > 0,75;$$

Вміст вапна дорівнює 1.

Таким чином, на основі комплексу експериментально-статистичних моделей (ЕСМ) визначено рецептурне поле технологічних складів композиційного матеріалу, який забезпечує отримання вищезгаданих властивостей.

Дослідження фазового складу новоутворень методами ДТА та рентгеноструктурного аналізу підтверджують достовірність результатів ЕСМ визначення властивостей матеріалу.

Комп'ютерне моделювання дозволяє технологу та досліднику керувати технологічними процесами виробництва будівельних матеріалів і отримувати їх з наперед заданими властивостями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вознесенский В. А., Ляшенко Т. В., Иванов Я. П. ЗВМ и оптимизация композиционных материалов. — Киев: Будивзльнїк, 1989. — 240 с.
2. Вознесенский В. А., Ляшенко Т. В., Огорков Б. Л. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЗВМ. — Киев: Вища школа, 1989. — 328 с.
3. Вознесенский В. А., Вьюровой В. Н., Керні В. Я. и др. Современные методы оптимизации композиционных материалов. — Киев: Будивзльнїк, 1983. — 140 с.

Кафедра економіки та управління будівництвом