

ІЗОПАРАМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ПРИ ПОСТІЙНІЙ ГУСТИНІ КОМПЗИТІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ НА СИЛКАТНІЙ МАТРИЦІ ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО ТВЕРДІННЯ

*Студ. Нікітюк К.С., студ. Мазур Д.О. – гр. ВЕК-608м(н),
асп. кафедри процесів та апаратів в технології будівельних матеріалів Сурков О.І.
Науковий керівник: д.т.н., проф. Шинкевич О.С.
Одеська державна академія будівництва і архітектури*

Ізопараметричний аналіз – це методичний прийом комп'ютерного матеріалознавства, який дозволяє дослідити та проаналізувати зміну параметрів структури та/або різних властивостей в умовах постійності (ізопараметричних умовах) якого-небудь одного заданого показника якості (заданого рівня властивості або параметру структури).

Експериментально-статистичні (ЕС) моделі [1] в обчислювальному експерименті самі по собі можуть аналізуватися як об'єкти аналізу та оптимізації. Ізопараметричний аналіз є складовою частиною обчислювальних експериментів і дозволяє виявляти досить приховані закономірності та особливості поведінки дисперсних систем за багатьма параметрами як на стадії структуроутворення, так і на стадії експлуатації.

На основі натурального експерименту, реалізованого за 6-ти факторним планом, який дозволяє аналізувати залежності "суміш-технологія-властивості" і "суміш-технологія-структура", розраховані ЕС моделі зміни властивостей та характеристик структури композитів нового покоління на силкатній матриці тепловологісного твердіння [2, 3].

В експерименті досліджувався вплив наступних факторів: співвідношення в суміші v_1, v_2, v_3 частинок трепелу з питомою поверхнею $S_{\text{трп}}=350 \text{ м}^2/\text{кг}$, $S_{\text{трп}2}=425 \text{ м}^2/\text{кг}$, $S_{\text{трп}3}=500 \text{ м}^2/\text{кг}$ відповідно, які зв'язані лінійною залежністю $v_1+v_2+v_3=1$; два технологічних фактори, що визначають умови твердіння: тривалість попереднього витримування ($\tau_{\text{п.в}}$) у нормальних умовах при температурі $20\pm 2^\circ\text{C}$ – від 0 до 12 годин (фактор X_1) і тривалість тепловологісної обробки ($\tau_{\text{тв}}$) – від 10 до 18 годин (фактор X_2) при температурі ізотермічного витримування $80\text{--}85^\circ\text{C}$ і відносній вологості 100% (при $B/T = \text{const}$); вміст добавки гіпсу (ζ), змінювався на рівнях 0,0, 2,5 і 5,0% від маси сухих компонентів (фактор X_3). Це дозволило порівнювати склади без гіпсу і з різним його вмістом. Добавка гіпсу вводилася для регулювання швидкості і температури гідратації негідратованого вапна, а також реологічних характеристик сировинної суміші [2, 3].

Досліджувалися наступні характеристики структури і фізико-механічні властивості затверділого матеріалу. Характеристики структури порового простору: пористість загальна (P , %), відкрита (P_o , %) закрита (P_c , %), їх співвідношення (P_o/P_c), відносний середній розмір капілярів (λ_c) і коефіцієнт однорідності їх розміру (α). Характеристики структури твердої фази: вид, морфологія і кількісний вміст гідросилікатів кальцію (ГСК), втрата маси при прожарюванні (Δm за ДТА), що непрямо характеризує ступінь закристалізованості ГСК. За результатами електронної мікроскопії, диференційно-термічного і рентгенофазового аналізу ідентифіковані тоберморитоподібні гідросилікати кальцію виду: тоберморит – $\text{CSH}(\text{II})$, гілебрандит В – $\text{C}_2\text{SH}(\text{B})$, його різновид гілебрандит С – $\text{C}_2\text{SH}(\text{C})$ та фошагіт – $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}$. Фізико-механічні властивості: міцність при стиску (R_c , МПа), коефіцієнт теплопровідності (λ , Вт/м·К), водо- (k_0) і морозостійкість (F , цикли), густина (ρ , кг/м³) [2, 3].

На основі аналізу зміни коефіцієнту теплопровідності та густини рекомендовані умови для олеювання стінових матеріалів з нормованою густиною ($\rho = 1450\text{--}1650 \text{ кг/м}^3$) і

показниками коефіцієнта теплопровідності і густини можуть класифікуватися як умовно-ефективні.

Основні фізико-механічні властивості цих матеріалів можуть регулюватися: міцність при стиску від 6.3 до 17.8 МПа, коефіцієнт розм'якшення від 0.8 до 0.96, морозостійкість від 15 до 25 циклів. Це дозволило рекомендувати состави та режими виготовлення умовно-ефективних силікатних виробів різних марок за міцністю при нормованих водо- та морозостійкості. Вміст гілебрандиту С змінюється більше ніж на 30%, гілебрандиту В – більше, ніж на 40%, фашагіту – на 10%, відношення відкритої до закритої пористості відрізняється для різних складів в 3 рази, відносний середній розмір капілярів і коефіцієнт однорідності розподілу їх за розмірами змінюється більше, ніж у 5 разів.

З урахуванням встановленої можливості модифікації структури в широких межах під впливом факторів, які досліджуються, а також з огляду на відомий факт впливу густини на коефіцієнт теплопровідності проведено ізопараметричний аналіз при $\rho = 1550 \text{ кг/м}^3 = \text{const}$ (рис. 1). Відносна величина зміни коефіцієнта теплопровідності складає на малій питомій поверхні 2.3, а на великій – 1.6 в умовах, коли зафіксовано тривалість етапу попереднього витримання ($\tau_{\text{п.в.}}$) на оптимальному рівні (за умовою $\lambda \leq 0.58 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, $\tau_{\text{п.в.}} = 3 \text{ год}$) та зміни тривалості тепловологісної обробки ($\tau_{\text{т.в.}} = 10\text{--}18 \text{ год}$) і вмісту добавки гіпсу ($c_r = 0\text{--}5 \%$).

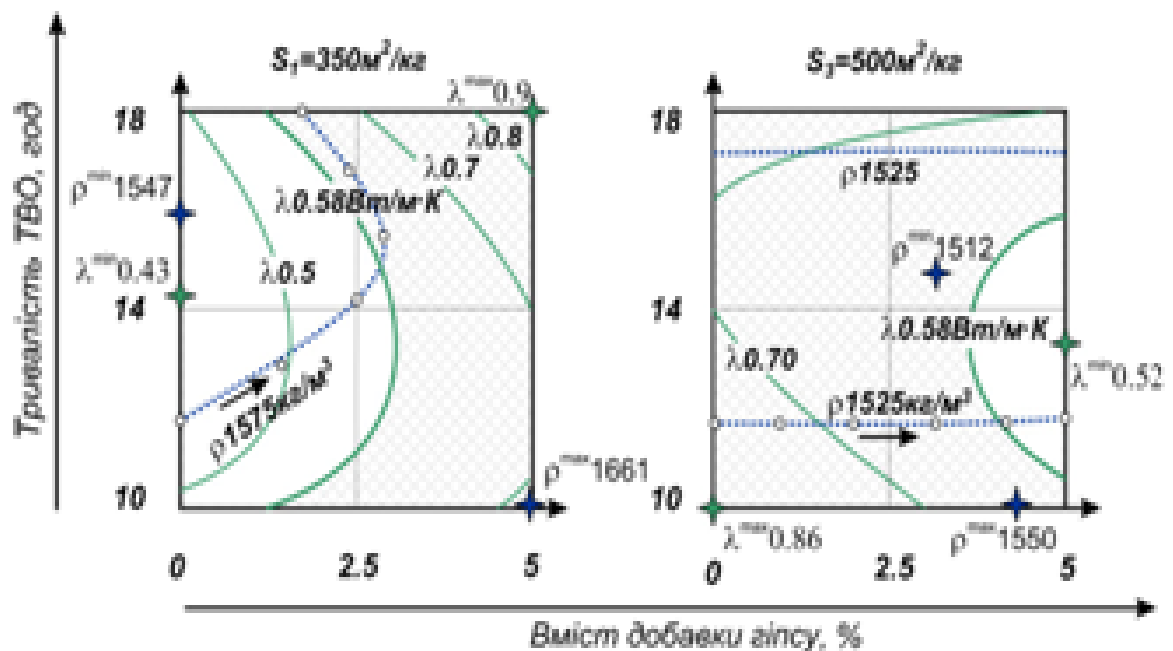


Рис. 1. Залежність зміни коефіцієнта теплопровідності і густини

від тривалості ТВО і вмісту добавки гіпсу при фіксованій тривалості попереднього витримання для складів, що містять трепел з різною питомою поверхнею.

При постійній густині $\rho = 1550 \text{ кг/м}^3 = \text{const}$ коефіцієнт теплопровідності може змінюватись на малій питомій поверхні у 1.4 рази, а на великій – у 1.3 рази. Встановлено, що такі зміни пов'язані з модифікацією структури порового простору і твердої фази.

Встановлено, що відношення відкритої до закритої пористості і вміст гілебрандиту змінюються більш ніж в 2 рази, відносний середній розмір капілярів і коефіцієнт однорідності розподілу їх за розмірами – більш ніж в 1.4 рази (рис. 2).

Тобто величина питомої поверхні добавки трепелу і вміст добавки гіпсу, також як і режими твердіння, є ефективними факторами регулювання властивостей і модифікації структури.

З використанням прийомів комп'ютерного матеріалознавства були побудовані

При постійній густині значення коефіцієнту кореляції $r \geq 0.80$ між коефіцієнтом теплопровідності та характеристиками структури на складах без добавки гіпсу, для яких оптимальною є величина питомої поверхні $S_{\text{opt}} = 350 \text{ м}^2/\text{кг}$ добавки трепелу отримано: з коефіцієнтом однорідності розподілу капілярів по розмірах ($r = -0.99$), відносним середнім розміром капілярів ($r = 0.88$), співвідношенням аморфно-кристалічної фази ($r = 0.88$) і загальною пористістю ($r = -0.83$). На складах з 5% добавки гіпсу при оптимальній величині $S_{\text{opt}} = 500 \text{ м}^2/\text{кг}$ добавки трепелу коефіцієнт кореляції, який більше ніж $r \geq 0.80$, отримано: з відносним середнім розміром капілярів ($r = 0.99$), загальною пористістю ($r = -0.86$) і співвідношенням аморфно-кристалічної фази ($r = 0.84$).

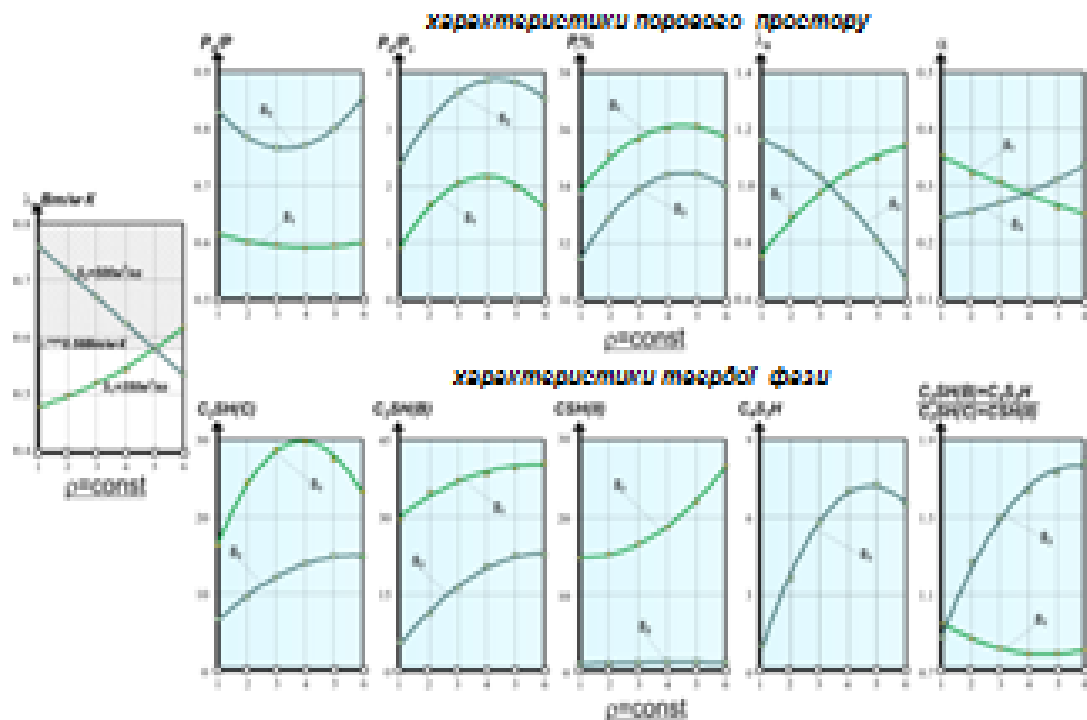


Рис. 2. Зміна теплопровідності і модифікація структури при постійній густині.

Аналіз результатів ЕС моделювання коефіцієнта теплопровідності, доповнений аналізом ЕС моделювання результатів фізико-хімічних досліджень твердої фази і пористості, дозволив сформулювати припущення про причини впливу величини питомої поверхні добавки трепелу, режимів твердіння і змісту добавки гіпсу на коефіцієнт теплопровідності.

Тобто, величина питомої поверхні добавки трепелу, також як і режими твердіння, є ефективним фактором регулювання властивостей і модифікації структури.

Висновок. Проведено історометричний аналіз зміни властивостей і характеристик структури при постійній густині. Показано, що навіть при постійній густині властивості та параметри структури можуть змінюватися в широкій межах.

ЛІТЕРАТУРА

1. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Я.П. Иванов, Н.И. Николов. – К.: Будівельник, 1989. – 240 с.
2. Lutskin Y. Aerated Composites on Silicate Matrix of Non-Autoclave Hardening / Y. Lutskin, O. Shynkevych, K. Nikitink // Proceeding of International scientific-practical conference "Ecology and energy efficiency problems in modern construction" – Baku, Azerbaijan, 2016. – P. 86 – 91.
3. Lutskin Y. The influence of the content on structure and properties of geopolymer composites on silicate matrix / Y. Lutskin, O. Shynkevych, I. Myronenko, S. Zakabluk, O. Surkov //