

ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ І ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ "НДІБМВ"

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ
ім. В.Д. Глуховського

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК

Засновано у 1978 р. Наказом МОН України від 29 грудня 2014 р. № 1528 збірник включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук

ВИПУСК 57

2016 р.

УДК 666.965:547.14:519.2

Шинкевич О.С., доктор техн. наук, професор,
Доценко Ю.В.,
Сидорова Н.В., канд. техн. наук, доцент,
Закаблук С.С.
Одеська державна академія будівництва і
архітектури
м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4
тел. +38(048)733-54-00, e-mail: Julija22@ua.ru

ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОЇ АКТИВАЦІЇ НА ВЛАСТИВОСТІ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ ВИСОКОРУХЛИВИХ СУМІШЕЙ І СИЛІКАТНИХ КОМПОЗИТІВ НА ЇХ ОСНОВІ

Дана кінцева оцінка вкладів різних видів активації і супутніх їм технологічних ефектів в комплексно ЕС моделей. Запропоновано механізм впливу технологічних процесів, реалізованих у вигляді комплексу різних видів активації, на властивості сумішей і силікатних композитів тепловологісного твердіння на їх основі.

Ключові слова: силікатні вироби, активація, тепловологісне твердіння, водневий показник, активність, моделі, моделювання, оптимізація.

Відмітна особливість сучасного будівництва – це його висока енергоємність. Економія енергії сьогодні розглядається як одна з найважливіших економічних проблем, так як енергетичні витрати складають велику частину собівартості кожного виду продукції.

На сучасному етапі розвитку будівельного виробництва широко застосовуються різні види активації, яка вважається одним з перспективних методів, що сприяють раціональному використанню природних і енергетичних ресурсів.

У чисельних дослідженнях відзначається вплив кислотно-лужного балансу на властивості сумішей і матеріалів на їх основі. Тому актуальним є питання вивчення можливостей оцінки впливу різних видів активації, у тому числі лужної та лужноземельної, на формування властивостей і структури силікатних композитів зниженої енергоємності.

В якості основних контрольованих показників у дослідженні використані водневий показник рН і активність А сумішей. Для аналізу водневого показника і активності досліджуваних сумішей та систематизації отриманих результатів аналізу кислотно-лужного балансу по ЕС моделей розроблена інформаційно-аналітична схема. У рамках аналізу передбачено проведення по ЕС моделям обчислювальних експериментів для визначення абсолютних значень А і рН і відносних показників δA , ΔA і $\delta(\text{pH})$. Всього проаналізовано 48 абсолютних показників і 34 відносних показника сумішей.

Для визначення впливу хімічної активації за рахунок заміни молотого піску трепелом на рН і А було проведено 2 експеримента на вапняно-кремнеземистих і вапняно-трепельних в'язучих з різними питомими поверхнями кремнеземистих компонентів за 24-точковим 6-факторним планом І. В якості трьох незалежних факторів в експериментах варіювалися вміст добавок лугу - $C_{\text{л}}=(0,5\pm 1)\%$, рідкого скла $C_{\text{р.с.}}=(1\pm 5)\%$ і гіпсу $C_{\text{г.}}=(2\pm 4)\%$. У якості трьох залежних змішаних факторів фіксувалася площа питомої поверхні $S_{\text{пит}}$ окремо трепелу і окремо піску на одних і тих же рівнях: 400, 500 і 600 м²/кг.

На першому етапі суміші не піддавалися МХ обробці. За результатами двох експериментів були розраховані моделі ЕС і побудовані діаграми, які описують зміну абсолютних активностей сумішей на піску (рис. 1а), трепелі (рис. 1б). В залежності від виду кремнеземистого

компонента, активність сумішей змінюється в широких діапазонах, зокрема, на трепелі - від 96 до 152 мг/г - у 1,6 рази, на піску - від 48 до 60 мг/г - в 1,25 рази. В результаті, за рахунок заміни піску трепелом, активність суміші може бути збільшена до 3-х разів. Помел трепелу до заданої $S_{\text{пит}}$ (окремо від піску і вапна) дозволяє додатково регулювати активність сумішей (трикутні діаграми на рис.1) в інтервалі $\Delta A = 20 \div 30\%$.

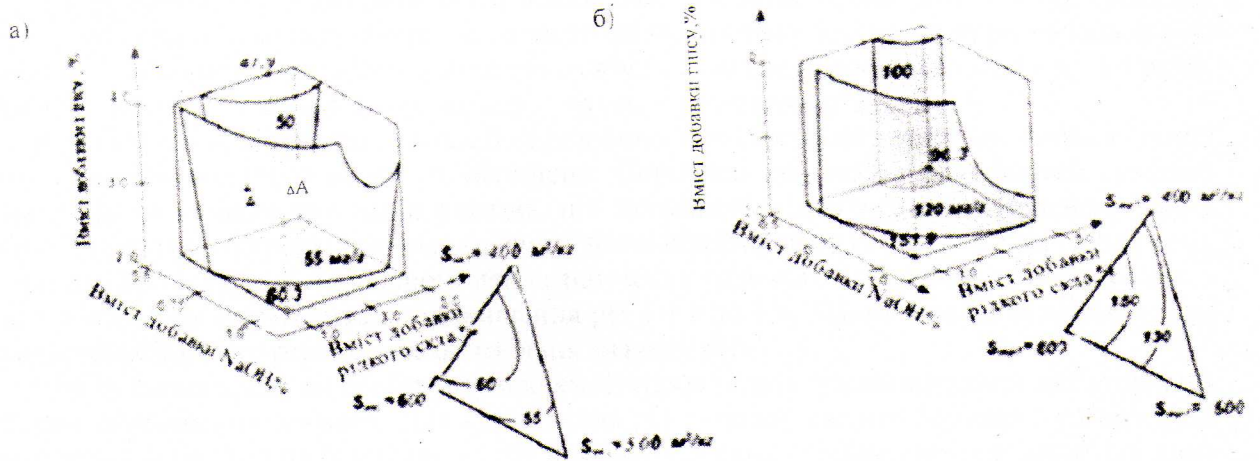


Рисунок 1. Зміна абсолютних значень активностей необроблених в змішувачі-активаторі сумішей: а) на піску, б) на трепелі з різною $S_{\text{пит}}$ цих компонентів

З викладеного випливає, що хімічна активація у вигляді заміни піску трепелом є ефективним способом підвищення активності сумішей і, як технологічний прийом, частково сприяє зниженню енергоємності виробництва. Енерговитрати на помел трепелу в 8-10 разів менше, ніж кварцового піску, однак, слід враховувати, що активність меленого до заданої питомої поверхні компонентів суміші зберігається протягом короткого часу, тому помел повинен здійснюватися регулярно, що позначиться на якості силікатних композитів.

На наступному етапі проведено оцінку впливу на рН і А сумішей механохімічної (МХ) обробки, яка здійснюється у водному середовищі змішувача-активатора. Вплив МХ обробки оцінювався як відношення значень активностей і водневих показників МХ активованих сумішей, приготованих також за планом І, до відповідних значень А і рН МХ необроблених сумішей.

За аналогією з попереднім етапом, за результатами експериментів були розраховані ЕС моделі. Аналіз ЕС моделей показав, що МХ обробка несуттєво впливає на величину рН сумішей. Водневий показник вапняно-трепельних і вапняно-піщаних сумішей підвищується не більш ніж на 0,5 і 3% відповідно. Активність МХ оброблених вапняно-трепельних сумішей змінюється від 152 до 192 мг/г, а МХ оброблених вапняно-кремнеземистих - від 51 до 68 мг/г. За рахунок повної заміни піску трепелом в МХ оброблених сумішах їх активність максимально збільшується до 2,1 рази, а у неактивованих - до 3-х разів. Абсолютне значення A_{max} МХ оброблених сумішей, порівняно з необробленими також збільшується менше на трепелі ніж на піску: на трепелі - до 34% і на піску - до 63%.

З викладеного випливає, що заміна піску трепелом ефективніше для необроблених сумішей, ніж для МХ оброблених, т. к. заміна піску трепелом істотніше впливає на величини активностей, ніж МХ обробка. Різниця в значеннях становить $\delta A = A_{\text{трп}} / A_{\text{МХ}} = 1,85-2,25$ разів. Але

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

реалізувати заміну піску трепелом можливо тільки в умовах МХ обробки. Тому МХ активація - це важливий технологічний прийом, який, в першу чергу, забезпечує можливість введення трепелу натомість частини піску без підвищення водотвердого відношення в результаті зниження в'язкості суміші. Основні значення активностей і рН сумішей, отримані в ході натурних і обчислювальних експериментів для різних видів активацій і при різних значеннях $S_{\text{пт}}$ трепелу.

Таким чином, отримані результати показують, що, якщо повна заміна піску трепелом підвищує активність суміші до 3-х разів, то часткова заміна піску трепелом, передбачена даною технологією, підвищує активність суміші без лужної і лужноземельної активації - до 1,5 разів, кислотнo-лужний баланс при цьому характеризується значенням рН - 5,2-5,6.

В роботі для підвищення лужності середовища використаний важливий технологічний прийом - заміна гашеного вапна на негашене. Порівняльний аналіз активностей сумішей на гашеному та негашеному вапні показав, що активність в'язучого на негашеному вапні порівняно з активністю в'язучого на гашеному вапні відрізняється на 11-18% при однаковому його вмісті. Застосування негашеного вапна натомість гашеного і збільшення його вмісту з 2 рази у в'язучому призводить до підвищення рН з 9,1 до 9,8. Таким чином, лужноземельна активація не забезпечує рекомендованого рівня значень $\text{pH} \geq 11,5$.

Ці результати послужили обґрунтуванням для проведення лужної активації, яка здійснена введенням луговмісних добавок. Для підвищення рН сумішей введені добавки луговмісного рідкого скла і луѓи. Аналіз їх впливу на рН показав, що саме спільне використання цих двох добавок забезпечує необхідне значення $\text{pH} \geq 11,5$. Збільшення $S_{\text{пт}}$ трепелу також сприяє збільшенню рН суміші до 5% в залежності від температури (рис.2а), що слід враховувати при підборі оптимальної кількості луговмісних добавок. Активність в'язучого рекомендованого складу, що складається з вапна, піску і трепелу в заданому співвідношенні, становить 146мг/г, введення добавки рідкого скла сприяє збільшенню активності до 170мг/г, тобто на 26%, добавки луѓу - до 180мг/г, тобто на 33%, а за рахунок спільного запровадження цих добавок - на 33%.

Важливим видом активації є термоактивація на стадії попереднього витримування за рахунок екзотермічного ефекту негашеного вапна і термоактивація в умовах тепловологісної обробки (ТВО) при $T = 85 \pm 2$ °С. Термоактивація на стадії попереднього витримування за рахунок застосування негашеного вапна і термоактивація в умовах ТВО сприяють підвищенню міцності до 15 разів у порівнянні з сумішами на гашеному вапні. Міцність при стиску після попереднього витримування і ТВО всього в 2-3 рази вище, ніж міцність при стисненні складів, твердіючих в н. у. Отже, основна роль підвищення міцності при стисненні належить екзотермії негашеного вапна, оскільки в разі заміни виду вапна гашеного на негашене активність суміші може бути збільшена до 18%, а рН - до 5%, що не може бути причиною істотного підвищення міцності.

Температура суміші - також важливий контрольований параметр, який впливає на величину рН і залежить як від $S_{\text{пт}}$ трепелу, так і від виду вхідних компонентів. Аналіз кількісної оцінки вкладів різних видів активацій в комплексну показав їх взаємовплив та взаємозв'язок між собою. Як впливає з вищевикладеного, МХ активація робить істотний вплив на параметри стану суміші. Роль МХ обробки проявляється також у технологічних ефектах, супутніх даного виду активацій, зокрема, в першу чергу, МХ обробка сприяє зниженню в'язкості суміші. Крім того, застосування негашеного вапна натомість гашеного, збільшення його вмісту в в'язучому, з урахуванням істотного впливу екзотермічного ефекту на міцність, введення лужних добавок у підвишених порівняно з МХ необробленими сумішами кількостях і проведення спільної активації в'язучого з дрібнозернистим (ДЗ) заповнювачем може бути забезпечене тільки в умовах МХ активації.

Ранжування абсолютних значень pH_{max} і відповідних їм абсолютних значень активностей

сумішей A_{max} для різних видів активацій. Враховуючи суттєві відмінності в абсолютних значеннях A і pH для різних видів активацій, ці показники раціонально враховувати при підборі складів сумішей та оптимізації структури і властивостей комплексно активованих силікатних композитів. Для проведення оперативного контролю якості суміші, крім загальноприйнятого показника рухливості суміші, рекомендовані показники pH , T і $S_{трп}$ трепелу.

Ранжування величин відносних значень δA і $\delta(pH)$ сумішей, одержаних в результаті різних видів активацій, представлено на рисунку 2. Відносні значення δA і $\delta(pH)$ показують у скільки разів підвищується активність і водневий показник суміші в процесі окремих видів активацій. Різниця у величині відносних показників лужної, лужноземельної і MX активації згладжується і не є показовою величиною, незважаючи на істотне, у кількісному вираженні, відмінності в абсолютних значеннях активностей і pH сумішей. А відносне значення хімічної активності $\delta A_{трп}^{хим}$ як найбільш значимий за величиною показник є важливою характеристикою якості суміші, що рекомендовано включити в комплекс перерахованих вище показників контролю якості.

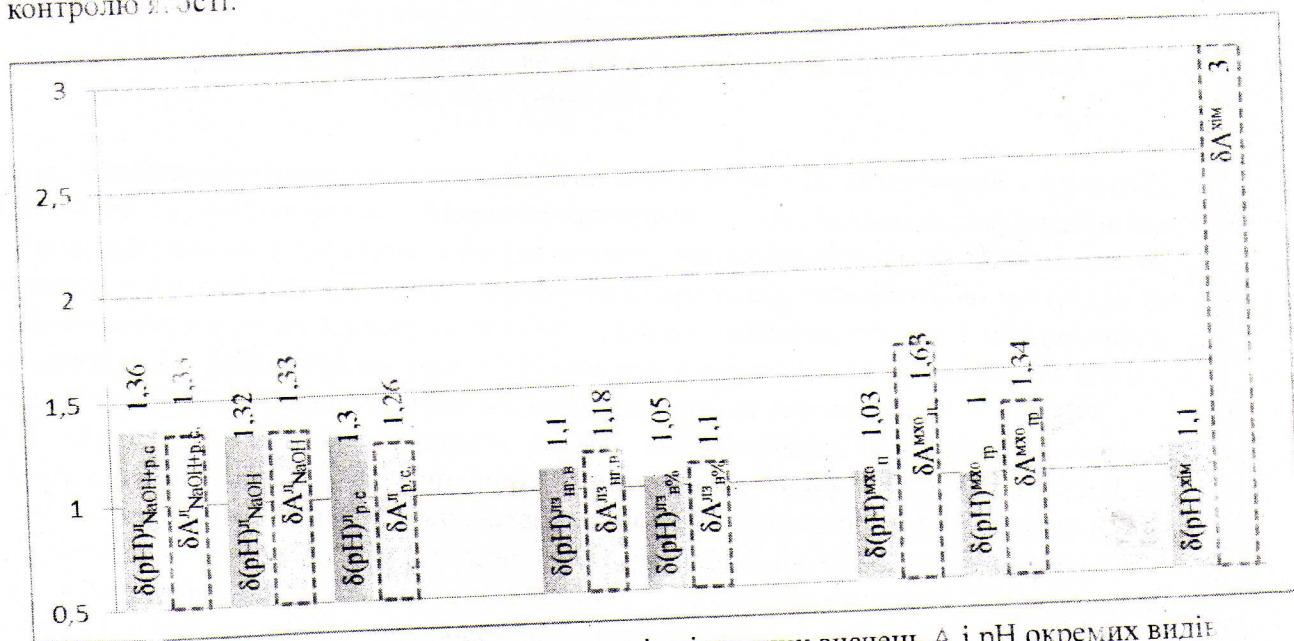


Рисунок 2. Ранжування величин вкладів відносних значень A і pH окремих видів активацій в комплексі

Узагальнюючи отримані результати, можна зробити висновок, що рекомендовані показники A , $\delta A_{трп}^{хим}$, pH і T , включаючи загальноприйнятий показник рухливості суміші, можуть використовуватися для оперативного контролю і коригування складів силікатних дрібнозернистих високорухливих сумішей, приготованих за литтвовою технологією у виробничих умовах з метою підвищення якості продукції.

Порівняно з технологією пресування ливарна технологія, розроблена в ОДАБА, має ряд переваг, включаючи знижену енерго- і матеріаломісткість. Литтвовою технологією передбачена строго певна послідовність завантаження компонентів суміші і добавок в змішувач-активатор з встановленим інтервалом завантаження і відповідно – часом активації. У присутності СП спільно з гіпсом відбувається зниження в'язкості суміші і її пластифікація. Одночасно, при послідовному введенні компонентів суміші і добавок, які збільшують період гасіння вапна у часі, знижується температура її гасіння з 85 до 40-55°C (рис. 3).

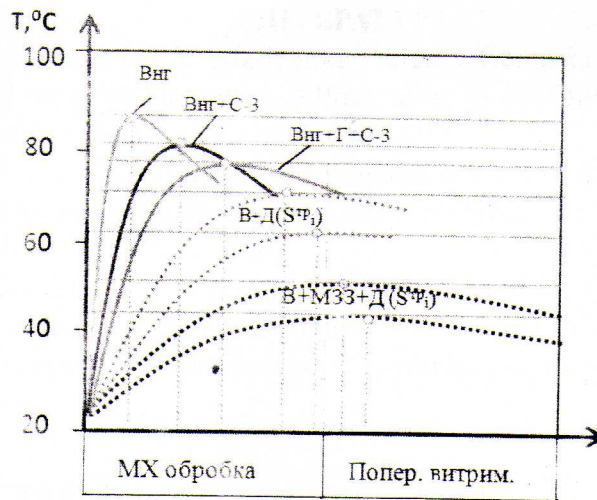


Рисунок 3. Вплив послідовності завантаження компонентів на швидкість гасіння сумішей і температуру

Проведена багатокритеріальна оптимізація складів комплексно активованих силікатних композитів ТВТ з поліпшеними фізико-механічними і будівельно-експлуатаційними властивостями для умовно-ефективних і ефективних штучних стінових виробів. Оптимізаційна задача полягала в наступному: отримати умовно-ефективні та ефективні стінові матеріали та вироби нормованих марок по щільності, міцності, морозостійкості, усадку з поліпшеними фізико-механічними і будівельно-експлуатаційними властивостями з урахуванням тріщино-, карбонізаційної стійкості, усадки і значень водневого показника середовища.

Для вирішення багатокритеріальної задачі запропоновано наступний алгоритм поетапної оптимізації. Перший етап – це виділення комплексу основних критеріїв якості на основі діючої нормативно-технічної документації. У цьому дослідженні аналізувалися: $R_{сж}$, F , λ , ρ , V_p . Другий етап – це додаткові критерії якості на основі діючої нормативно-технічної документації. Аналізувалися: усадка (ϵ), сорбційна ($W_{сорб}$) і відпускна вологості ($W_{відп}$), терміни сховування. На третьому етапі було проведено обґрунтування допоміжних критеріїв якості та напрямків їх оптимізації, які визначаються науковими дослідженнями. Цей етап забезпечує поліпшення якості виробів за рахунок показників, які не входять до діючих стандартів, при порівнянні конкуруючих варіантів рішень. В якості додаткових критеріїв використовувалися показники стійкості, такі як карбонізаційна стійкість (k_c), водостійкість (k_p), тріщиностійкість (k_t) та показники стану суміші – активність (A) і величина водневого показника (pH) на стадії приготування.

На підставі проведених досліджень розроблено оптимальні склади, які забезпечують одержання стінових виробів з поліпшеними фізико-механічними і будівельно-експлуатаційними властивостями. Ефективні повнотілі блоки: $R_{сж}$ –В10, $\rho=1350-1400$ кг/м³, $F50$, $\lambda=0.33$ Вт/м·К, $k_p=1$; додаткові критерії якості: $k_{ic}=1,5$ МПа·м^{0.5}, $W=12\%$, $\epsilon=0.3$ мм/м, $pH\approx 12$. Пустотілі блоки: $R_{сж}$ –В7.5, $\rho=1250$ кг/м³, $F50$, $\lambda=0.3$ Вт/м·К, $k_p=1$; додаткові критерії: $k_{ic}=1,3$ МПа·м^{0.5}, $W=12\%$, $\epsilon=0.2$ мм/м, $pH\approx 12$. Умовно-ефективні повнотілі блоки: $R_{сж}$ –В12.5-15, $\rho=1450-1550$ кг/м³, $F\geq 35$, $\lambda=0.38$ Вт/м·К, $k_p=0.95$, додаткові критерії: $k_{ic}=1,2$ МПа·м^{0.5}, $W=13\%$, $\epsilon=0,3$ мм/м, $pH\approx 12$.

Композити з $k_p=1$ можуть бути рекомендовані для елементів декору садово-паркової архітектури та зовнішнього та внутрішнього дизайну приміщень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shinkevich E., Lutskin E., Y. Mariyanko Aerated Complex Activated Composites on Silicate Matrix of Thermal-moisture Hardening // Proceeding of 14th International Congress on the Chemistry of Cement / Abstract Book. – Beijing, China. 2015.
2. Shinkevich E., Lutskin E., Mironenko I., Dotsenko J. Geopolymer aerated composites on silicate matrix of thermal-moisture hardening // Bulletin incercom scientific research institute of construction, Moldova, 2015, Nr 6. – p.141-146.
3. Shinkevich E., Dotsenko J., Sidorova N. Optimization of the compositions and properties of complex-activated silicate composites heat-to-humidity hardening // <http://www.sworld.education/index.php/ru/arts-architecture-and-construction-116/modern-construction-technologies-and-materials-116/27314-116-181>.

УДК 666.965:547.14:519.2

**ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ АКТИВАЦИИ НА СВОЙСТВА
МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ВЫСОКОПОДВИЖНЫХ СМЕСЕЙ И
СИЛИКАТНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ИХ ОСНОВЕ**

/Шинкевич Е.С., Доценко Ю.В., Сидорова Н.В. Закаблук С.С./

Дана количественная оценка вкладов разных видов активаций и сопутствующих им технологических эффектов в комплексную по ЭС моделям. Предложен механизм влияния технологических процессов, реализованных в виде комплекса разных видов активаций, на свойства смесей и силикатных композитов тепловлажностного твердения на их основе.

Ключевые слова: силикатные изделия, активация, тепловлажностное твердение, водородный показатель, активность, модели, моделирование, оптимизация.

UDC 666.965:547.14:519.2

**THE INFLUENCE OF COMPLEX ACTIVATION ON THE PROPERTIES
FINE-GRAINED AND POURABLE MIXTURES
SILICATE COMPOSITES ON THEIR BASIS**

/Shinkevich E., Dotsenko Yu., Sidorova N., Zakabluk S./

A quantitative estimation of the contributions of different types of activations and related technological effects in a complex on ES models. The mechanism of influence of technological processes implemented in the form of a complex of different kinds of activations on the properties of blends and composites of silica heat-to-humidity hardening.

Keywords: silicate product, activation, heat-to-humidity hardening, the pH value, the activity of the mixture, models, modeling, optimization.