

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ КОМПЛЕКСНО-АКТИВОВАНІ КОМПОЗИТИ НА СИЛІКАТНІЙ МАТРИЦІ

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Вступ

Питання раціонального використання енергоресурсів є достатньо актуальним сьогодні. Одним з важливих напрямів в економії електроенергії є енергозберігаючі технології, які застосовуються, у тому числі і в будівництві. Адже зведення енергоефективних будинків дозволяє істотно економити електроенергію упродовж усього терміну їх експлуатації. Тому на сьогодні це один з пріоритетних будівельних напрямів.

Енергозберігаючі технології в будівництві передбачають використання сучасних будівельних матеріалів з високими теплоізоляційними, міцнісними та експлуатаційними властивостями. Енергозбереженню багато в чому сприяє застосування ефективних блоків для спорудження будинків, розробка нових будівельних технологій і унікальних по конструкції типів будівель. Сьогодні енергоефективні матеріали не лише економлять енергію, завдяки низькому коефіцієнту теплопровідності, але й кошти на зведення будівель і споруд.

Економічна ефективність від використання технологічних заходів, спрямованих на випуск силікатних блоків необхідної міцності й морозостійкості, зниженої щільності й теплопровідності, забезпечується зниженням матеріаломісткості конструкцій, скороченням матеріальних витрат на транспортування виробів і енерговитрат на опалювання будівель на стадії експлуатації. Також заміна автоклавної обробки тепловологісною при збереженні та покращенні фізико-механічних і експлуатаційних характеристик отриманого силікатного композиту є одним з ефективних шляхів енергозбереження на стадії виробництва будівельної продукції.

На сучасному етапі розвитку будівельного виробництва для виготовлення енергоефективних матеріалів широко застосовуються різні види активації, які вважаються одним з перспективних методів, що сприяють раціональному використанню природних і енергетичних ресурсів. У практиці використовуються абсолютно різні види активації: термічна, електроактивація, віброактивація, механоактивація, активація за рахунок введення добавок різного виду та ін. Внесок різних видів активацій неоднозначний і не до кінця вивчений, тому актуальним є питання аналізу можливостей оцінки впливу різних видів активацій на формування властивостей і структури силікатних композитів зниженої енергоємності.

Мета досліджень: оптимізація властивостей активованих дрібнозернистих високорухливих сумішей і силікатних композитів тепловологісного твердіння на їх основі шляхом регулювання комплексу різних видів активацій.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні **задачі:**

- обґрунтувати вибір основних компонентів і добавок для силікатних композитів тепловологісного твердіння,
- розрахувати експериментально-статистичні моделі впливу добавок на властивості дрібнозернистих високорухливих сумішей, за допомогою яких кількісно оцінити внески різних видів активацій в комплексну;
- провести ранжування вкладів різних видів активацій в комплексну за показниками якості суміші на основі експериментально-статистичних моделей;
- експериментально підтвердити раціональність застосування комплексу запропонованих різних видів активацій і відповідних їм технологічних ефектів;
- проаналізувати закономірності впливу складу суміші і домішок на структуру та властивості силікатних композитів тепловологісного твердіння;
- зробити порівняльний аналіз властивостей силікатних композитів тепловологісного твердіння з добавками, які підвищують лужність середовища, та без добавок;

- запропонувати механізм впливу комплексу різних видів активацій і супутніх їм технологічних ефектів на властивості дрібнозернистих високорухливих силікатних сумішей та композитів на їх основі;

- розробити оптимальні склади комплексно-активованих композитів тепловологісного твердіння для ефективних і умовно-ефективних стінових виробів за енергозберігаючою литтвовою технологією.

Об'єкт дослідження: комплексно-активовані високорухливі дрібнозернисті суміші, модифіковані добавками, і силікатні композити тепловологісного твердіння на їх основі.

Предмет дослідження: кількісна оцінка вкладів окремих видів активацій і супутніх їм технологічних ефектів в комплексну і експериментально-статистичні закономірності зміни властивостей силікатних сумішей та композитів на їх основі.

1. Вибір оптимальних складів і режимів твердіння для отримання силікатних матеріалів з поліпшеними експлуатаційними властивостями

Попередньо було проведено аналітичний огляд численних досліджень в області технології силікатних матеріалів автоклавного твердіння.

В основу виробництва силікатних бетонів покладено патент Міхаеліса 1880р. Традиційно одержання силікатних матеріалів здійснюється у автоклавах при підвищеній температурі і тиску. З початку ХХ століття цей екологічний матеріал широко застосовувався в якості стінового, проте він має ряд недоліків. Аналіз літературних джерел показав, що виробництво автоклавних силікатних матеріалів здебільшого базується на технологіях пресування. Висока щільність композитів на дрібнозернистих сумішах обумовлює їх високу теплопровідність. Цей факт був частково виправлений розвитком виробництва газо - і пеносилікатів, проте це теж матеріали автоклавного твердіння. Часто на українському ринку доводиться користуватися послугами іноземних фірм, які у даних виробках утилізують матеріали (відходи), що містять полімери, тим самим вони вже не відповідають терміну «екологічні».

У численних розробках силікатних матеріалів застосовувалося впровадження в практику різних видів активацій і способів їх реалізації: термічна і її різновиди - Є.Р. Козаков, В.А. Матвієнко, Н.Н. Зайченко, С.О. Щербак; хімічна - за рахунок добавок різного виду і призначення - П.П. Будніков, О.В. Волженський, Л.М. Хавкін та ін.; лужна та лужноземельна - за рахунок введення компонентів і добавок, які підвищують лужність середовища, - С.О. Кржеминський, Н.А. Нікітін, Л.Н. Рашковіч та ін; механічна і механохімічна обробка - спеціальні способи помелу окремих компонентів - В.А. Хінт, Б.К. Буткевич, І.В. Барабаш, С.В. Федоркін, О.Ю. Крот; за рахунок контактного твердіння - В.Д. Глуховський, Р.Ф. Рунова.

На підставі цього огляду було проведено ряд експериментів для визначення оптимальних складів і режимів твердіння модифікованих силікатних матеріалів з поліпшеними експлуатаційними властивостями при одночасному зниженні матеріало- і енергоємності виробів. Для виконання цієї мети було вирішено наступні **задачі**:

- дослідження фізико-механічних властивостей модифікованих силікатних матеріалів безавтоклавного твердіння,

- аналіз можливостей регулювання експлуатаційних властивостей силікатних матеріалів за рахунок зміни величини питомої поверхні мінеральної добавки, складу сировинної суміші і режимів твердіння;

- дослідження пористості: загальної, відкритої, закритої, а також їх відношення і аналіз можливостей регулювання за рахунок зміни величини питомої поверхні мінеральної добавки, вмісту добавки гіпсу і режимів твердіння;

- проведення багатокритеріальної оптимізації складу і режимів твердіння з метою отримання стінового матеріалу з поліпшеними тепло- і гідрофізичними властивостями.

У відповідності з поставленими задачами було зроблено наступні висновки, виходячи з яких отримано на побудованих ізоповерхнях оптимальні

зони властивостей, які змінюються під впливом кожного з аналізованих факторів при фіксуванні інших на заданих рівнях:

- теоретично обґрунтована й експериментально підтверджена можливість отримання силікатних матеріалів безавтоклавного твердіння з поліпшеними тепло- і гідрофізичними властивостями шляхом модифікації структури. Використання механічної і хімічної активації забезпечує одержання модифікованих силікатних матеріалів з наступними характеристиками: M_{75-200} , F_{15-35} , $K_p > 0,84$, $\lambda = 0,46-0,7$ Вт/м·°К, $\rho = 1451-1650$ кг/м³, що на 20-25% нижче щільності звичайних силікатних бетонів,

- встановлено закономірності зміни міцнісних, гідро- і теплофізичних властивостей і щільності під впливом питомої поверхні мінеральної добавки, вмісту добавки гіпсу і режимів твердіння. Таким чином, властивості матеріалів можуть направлено регулюватися в широких межах $R_{ст}$, в 3,5 рази (рис. 1), $R_{виг}$ в 2,6 рази (рис. 2), λ в 1,5 рази, F від 15 до 35 циклів (рис.3), K_p на 22%,

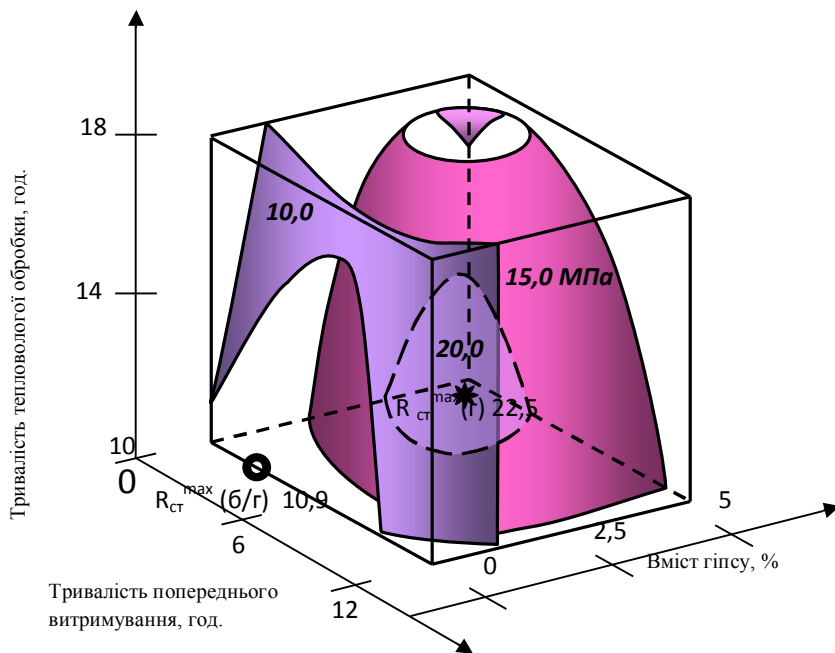


Рис.1. Зміна максимальних значень міцності на стиск під впливом величини питомої поверхні мінеральної добавки, вмісту добавки гіпсу і режимів твердіння (* – $R_{ст}^{max}$ на складах з гіпсом, ● – $R_{ст}^{max}$ на складах без гіпсу)

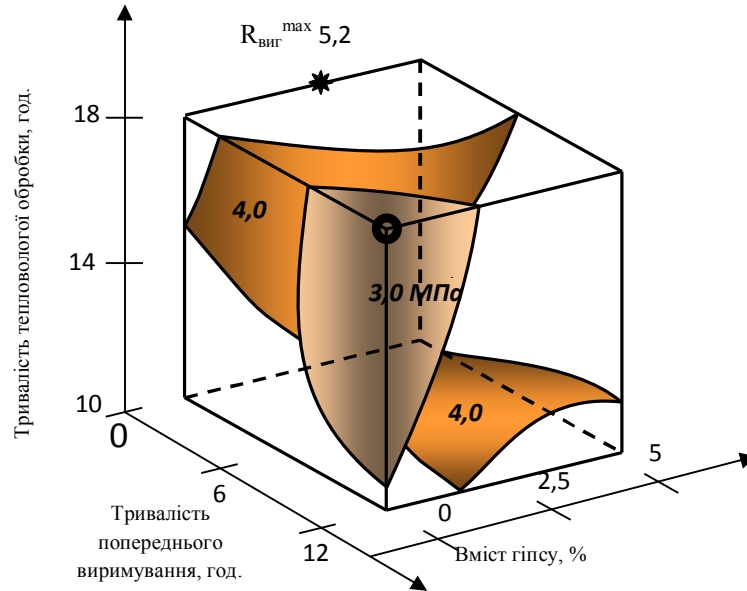


Рис.2. Зміна максимальних значень міцності на вигін під впливом рецептурно-технологічних факторів

(* – $R_{\text{виг}}^{\text{max}}$ на складах з гіпсом, ● – $R_{\text{виг}}^{\text{min}}$ на складах без гіпсу)

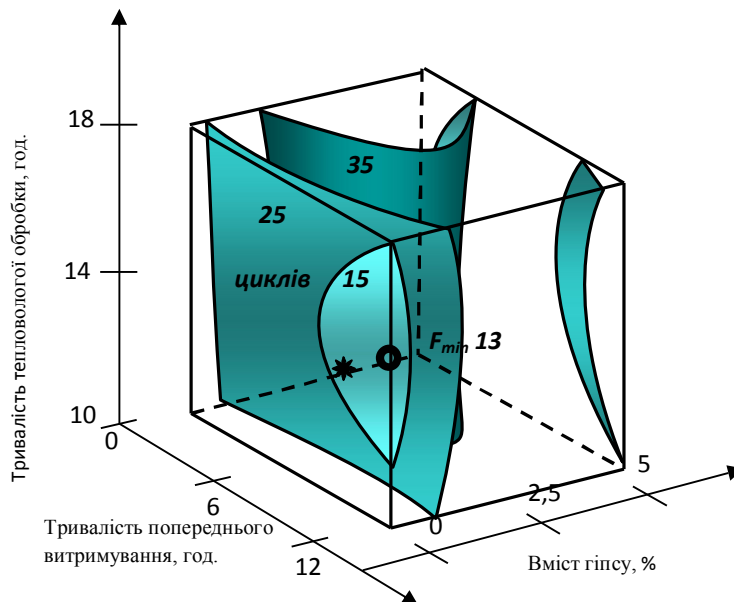


Рис.3. Зміна максимальних значень морозостійкості під впливом рецептурно-технологічних факторів

- встановлено закономірності зміни пористості загальної, відкритої, закритої під впливом питомої поверхні мінеральної добавки, вмісту добавки гіпсу і режимів твердіння, що можуть змінюватися в діапазонах пористість загальна $P_{заг}$ від 30 до 40 %, відношення пористості відкритої до закритої $P_{від}/P_{зак}$ в 2,7 разів, відношення пористості відкритої до загальної $P_{від}/P_{заг}$ – на 43 %, капілярний підсос w - на 10 %.

- проведена багатокритеріальна оптимізація складу і режимів твердіння по комплексу експлуатаційних властивостей (рис. 4). За результатами оптимізації отримані значення питомої поверхні мінеральної добавки, технологічні режими і склади, що забезпечують одержання стінових матеріалів з наступним рівнем експлуатаційних показників якості: марки по міцності М 75; 100, по морозостійкості F15, $\rho=1500$ кг/м³, $\lambda=0,5$; 0,55 Вт/м °К, з коефіцієнтом розм'якшення 0,84; 0,86.

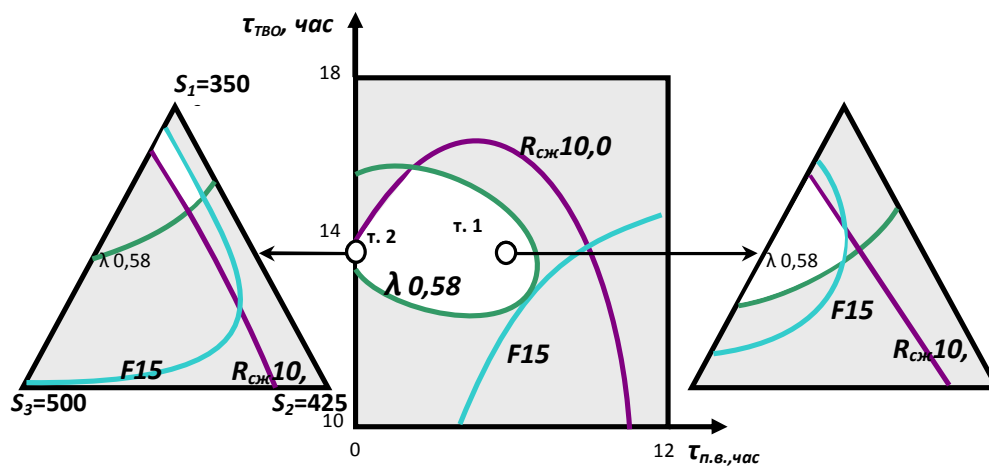


Рис.4. Оптимізація складу і режимів твердіння за комплексом критеріїв якості

За цими результатами спостерігається можливість переходу до більш низько-енергоємних технологій в виробництві силікатних виробів, що і стало однією із задач дослідження в перспективі.

До відомих недоліків силікатних матеріалів відноситься: низька водо- і вогнестійкість і недостатня довговічність. За даними О.П. Мчедлова-Петросяна, В.І. Бабушкіна - оптимальні значення рН, які забезпечують високу воздухостійкість, морозостійкість і довговічність автоклавних силікатних бетонів, повинні знаходитися в межах від 11.5 до 12.5, на практиці цей показник нижчий. Й. Штарк, Б. Віхт, Є.Г. Аввакумов також вважають, що середовище при $\text{pH} > 11.5$ сприяє збільшенню стійкості силікатного каменю і забезпечує високу якість матеріалів, відзначаючи при цьому, що при $\text{pH} > 12.5$ можуть прискорюватися процеси карбонізації. У роботах П.В. Кривенко, К.Є. Пушкарьової також зазначається, що підвищений вміст лугу може проявлятися в інтенсифікації процесів карбонізації. Коригування кислотно-лужного балансу суміші може здійснюватися введенням луговмісних добавок. Цей аспект активації відображений у працях: Р.Ф. Рунової, В.Д. Глуховського, А.Н. Пługіна, А.А. Пługіна, Л.І. Дворкіна, О.С. Файвусовича, Н.Р. Рахімової, О.О. Шишкіна та ін.

Однак питання про величину водневого показника середовища, яка позитивно впливає на стійкість гідросилікатів кальцію і властивості бетонів різних видів, залишається відкритим, що може бути свідченням того, що для різних видів бетонів верхні і нижні межі рН можуть відрізнятися.

На підставі проведеного аналізу була сформульована **гіпотеза**: можна припустити, що регулювання комплексом різних видів активацій і супутнім їм технологічних ефектів, що реалізуються в литтьової технології для високорухливих дрібнозернистих сумішей, дозволить отримувати силікатні композити зниженої енергоємності з підвищеними фізико-механічними та будівельно-експлуатаційними властивостями.

Для доказу цієї гіпотези відповідно до результатів попередніх експериментів було проведено цілий ряд досліджень властивостей комплексно-активованої силікатної суміші і низькоенергоємних композитів на її основі.

2. Експеримент

Як і в попередніх експериментах для отримання трикомпонентного вапняно-кремнеземистого в'язучого (вапно, мелені кварцовий пісок і трепел) в якості сировинних матеріалів використано: негашене вапно 2 сорту Свянського заводу, трепел Першозванівського родовища Кіровоградської області та в якості дрібнозернистого заповнювача використаний немелений кварцевий пісок з модулем крупності $M_k=1.2$ Авдіївського кар'єру Донецької області. В якості водокорегуючої добавки в усіх експериментах використано суперпластифікатор С-3. Корегування складу суміші з рН здійснювалося введенням їдкого натру технічного та луговмісної добавки - рідке скло $Na_2O \cdot nSiO_2 \cdot xH_2O$ з силікатним модулем 2.42. Також до складу введена неорганічна добавка - природний гіпсовий камінь $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

3. Кількісна оцінка комплексної активації

На наступному етапі було проведено аналіз кількісної оцінки вкладів окремих видів активацій і супутніх їм технологічних ефектів в комплексну по експериментально-статистичним (ЕС) моделям з урахуванням взаємодій компонентів між собою.

Комплексна активація являє собою послідовний цикл різних видів активацій і включає механічну, механохімічну, хімічну, лужноземельну, лужну, сульфатну та термоактивації.

Для вирішення поставленого завдання було реалізовано 12 експериментів, серії яких відрізнялися видом компонентів (пісок/трепел), видом обробки (механохімічна активація сухих компонентів і у водному середовищі) суміші, видом вапна і наявністю луговмісних добавок. У дубльованих експериментах варіювалися одні і ті ж самі фактори і параметри виходу, які були основним предметом аналізу. За результатами цих експериментів побудовані ЕС моделі.

В якості основних контрольованих показників у дослідженні використані водневий показник рН і активність А сумішей. Для аналізу рН і А досліджуваних сумішей та систематизації отриманих результатів аналізу кислотно-лужного балансу по ЕС моделям розроблена інформаційно-

аналітична схема. У рамках аналізу передбачено проведення по ЕС моделям обчислювальних експериментів для визначення абсолютних значень A і pH і відносних показників δA , ΔA і $\delta(pH)$. Всього проаналізовано 48 абсолютних показників і 34 відносних показника сумішей. Основні відомості представлені в таблиці 1.

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

На першому етапі суміші не піддавалися механохімічній (МХ) обробці. За результатами двох експериментів були розраховані ЕС-моделі і побудовані діаграми, які описують зміну абсолютних активностей сумішей на піску (рис. 5а), трепелі (рис. 5б) і зміну відносної активності суміші за рахунок заміни піску трепелом з різною питомою поверхнею (рис. 5в).

В залежності від виду кремнеземистого компонента активність сумішей змінюється в широких діапазонах, зокрема, на трепелі – у 1,6 рази, на піску – у 1,25 рази. В результаті, за рахунок заміни піску трепелом, активність суміші може бути збільшена до 3-х разів (рис. 5в). Помел трепелу до заданої $S_{пит}$ (окремо від піску і вапна) дозволяє додатково регулювати активність сумішей (трикутні діаграми на рис. 5б) в інтервалі $\Delta A=20\div 30\%$.

За аналогією з попереднім етапом, за результатами експериментів були розраховані ЕС моделі, аналіз яких показав, що МХ обробка несуттєво впливає на величину pH сумішей. За рахунок повної заміни піску трепелом активність (A_{max}) МХ оброблених сумішей максимально збільшується до 2,1 рази, а неактивованих, як було показано раніше, – до 3-х разів.

Таблиця 1

Оцінка впливу різних видів активацій на активність A_i
водневий показник рН сумішей

Розшифровка умовних позначень		Умовні позначення A/pH , $\delta A/\delta(\text{pH})$	$S_{\text{пит}}$, м ² /кг трепелу (піску)		
			400	500	600
1	Активність піску немолотого - $A_{\text{пнм}}$	$A_{\text{пнм}}/\text{pH}$	38/5,21		
Механохімічна активація сухих компонентів (механічний помел)					
1	Активність трепелу молотого - $A_{\text{тр}}^{\text{мех}}$	$A_{\text{тр}}^{\text{мех}}/\text{pH}$	152	146/5,64	152
2	Активність піску молотого - $A_{\text{п}}^{\text{мех}}$	$A_{\text{п}}^{\text{мех}}/\text{pH}$	51	53/5,21	58
Хімічна активація					
1	Відносна зміна активності за рахунок заміни піску трепелом - $\delta A_{\text{тр/п}}^{\text{хім}} = A_{\text{тр}}^{\text{мех}}/A_{\text{п}}^{\text{мех}}$	$\delta A_{\text{тр/п}}^{\text{хім}}/\delta(\text{pH})$	3.0	2.8/1,1	2.6
Механохімічна активація суміші на трепелі					
1	Відносна зміна $A_{\text{тр}}$ за рахунок за МХ обробки - $\delta A_{\text{тр}}^{\text{мхо}} = A_{\text{тр}}^{\text{мхо}}/A_{\text{тр}}^{\text{мех}}$	$\delta A_{\text{тр}}^{\text{мхо}}/\delta(\text{pH})$	1.34	1.3/1	1.25
1.1	$A_{\text{тр}}$ після МХ обробки - $A_{\text{тр}}^{\text{мхо}}$	$A_{\text{тр}}^{\text{мхо}}/\text{pH}$	192	186/5,64	191
Механохімічна активація суміші на піску					
1	Відносна зміна $A_{\text{п}}$ за рахунок МХ обробки - $\delta A_{\text{п}}^{\text{мхо}} = A_{\text{п}}^{\text{мхо}}/A_{\text{п}}^{\text{мех}}$	$\delta A_{\text{п}}^{\text{мхо}}/\delta(\text{pH})$	1.51	1.63/1,03	1.42
1.1	$A_{\text{п}}$ після МХ обробки - $A_{\text{п}}^{\text{мхо}}$	$A_{\text{п}}^{\text{мхо}}/\text{pH}$	68	72/5,26	70
2	Відносна зміна $A_{\text{пнм}}$ за рахунок МХ обробки - $\delta A_{\text{пнм}}^{\text{мхо}} = A_{\text{пнм}}^{\text{мхо}}/A_{\text{пнм}}$	$\delta A_{\text{пнм}}^{\text{мхо}}/\delta(\text{pH})$	1.16/1,03		
2.1	$A_{\text{пнм}}$ після МХ обробки - $A_{\text{пнм}}^{\text{мхо}}$	$A_{\text{пнм}}^{\text{мхо}}/\text{pH}$	44/5,26		
Лужноземельна активація					
1	Відносна зміна $A_{\text{в}}$ за рахунок зміни вміста вапна - $\delta A_{\text{в}}^{\text{л3}} = A_{\text{в(B=10\%)}}/A_{\text{в(B=20\%)}}$	$\delta A_{\text{в}}^{\text{л3}}/\delta(\text{pH})$	1,1	1,04/1,05	1,07
1.1	Активність в'язучого (B= 20%) - $A_{\text{в(B=20\%)}}$	$A_{\text{в(B=20\%)}}/\text{pH}$	145,9	134,8/9,8	140,9
1.2	Активність в'язучого (B= 10%) - $A_{\text{в(B=10\%)}}$	$A_{\text{в(B=10\%)}}/\text{pH}$	132,8	130,7/9,5	132
2	Відносна зміна активності за рахунок зміни виду вапна - $\delta A_{\text{в}}^{\text{л3}} = A_{\text{в(пг.в)}}/A_{\text{в(г.в)}}$	$\delta A_{\text{в}}^{\text{л3}}/\delta(\text{pH})$	1,18	1,11/1,1	1,16
2.1	$A_{\text{в}}$ на гашеному вапні (B= 20%) - $A_{\text{в(г.в)}}$	$A_{\text{в(г.в)}}/\text{pH}$	123,6	121,9/9,1	121,2
Лужна активація					
1	Відносна зміна $A_{\text{в}}$ за рахунок введення добавки рідкого скла - $\delta A_{\text{р.с.}}^{\text{л}} = A_{\text{в+р.с.}}/A_{\text{в(B=20\%)}}$	$\delta A_{\text{р.с.}}^{\text{л}}/\delta(\text{pH})$	1,18	1,26/1,3	1,21
1.1	$A_{\text{в}}$ з добавкою рідкого скла - $A_{\text{в+р.с.}}$	$A_{\text{в+р.с.}}/\text{pH}$	170,4	169,5/10,6	169,6
2	Відносна зміна $A_{\text{в}}$ за рахунок введення добавки луку - $\delta A_{\text{NaOH}}^{\text{л}} = A_{\text{в+NaOH}}/A_{\text{в(B=20\%)}}$	$\delta A_{\text{NaOH}}^{\text{л}}/\delta(\text{pH})$	1,25	1,33/1,32	1,27
2.1	$A_{\text{в}}$ з добавкою луку - $A_{\text{в+NaOH}}$	$A_{\text{в+NaOH}}/\text{pH}$	179,3	179,4/10,9	178,7
3	Відносна зміна $A_{\text{в}}$ за рахунок спільного введення луговмісних добавок - $\delta A_{\text{р.с.+NaOH}}^{\text{л}} = A_{\text{в+р.с.+NaOH}}/A_{\text{в(B=20\%)}}$	$\delta A_{\text{р.с.+NaOH}}^{\text{л}}/\delta(\text{pH})$	1,26	1,33/1,36	1,25
3.1	$A_{\text{в}}$ з добавками рідкого скла і луку - $A_{\text{в+р.с.+NaOH}}$	$A_{\text{в+р.с.+NaOH}}/\text{pH}$	182	176,5/12,1	177,5

*- у таблиці представлені максимальні значення A_i , рН

а)

$$\ln A_{\Pi} = \begin{matrix} +3.888v_1 & +0.271v_1v_2 & \pm 0x_4^2 & \pm 0x_4x_5 \\ +3.882v_2 & +0.332v_1v_3 & +0.024x_5^2 & \pm 0x_4x_6 \\ +3.819v_3 & +0.570v_2v_3 & +0.030x_6^2 & \pm 0x_5x_6 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} +0.046v_1x_4 & \pm 0v_1x_5 & \pm 0v_1x_6 \\ +0.084v_2x_4 & +0.027v_2x_5 & +0.361v_2x_6 \\ +0.078v_3x_4 & -0.028v_3x_5 & \pm 0v_3x_6 \end{matrix} \quad (1)$$

б)

$$\ln A_{\text{тр}} = \begin{matrix} +4.634v_1 & +0.361v_1v_2 & -0.023x_4^2 & -0.024x_4x_5 \\ +4.603v_2 & +0.455v_1v_3 & \pm 0x_5^2 & -0.007x_4x_6 \\ +4.554v_3 & +0.863v_2v_3 & +0.035x_6^2 & +0.012x_5x_6 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} +0.081v_1x_4 & -0.03v_1x_5 & -0.051v_1x_6 \\ +0.141v_2x_4 & +0.024v_2x_5 & \pm 0v_2x_6 \\ +0.127v_3x_4 & -0.056v_3x_5 & -0.144v_3x_6 \end{matrix} \quad (2)$$

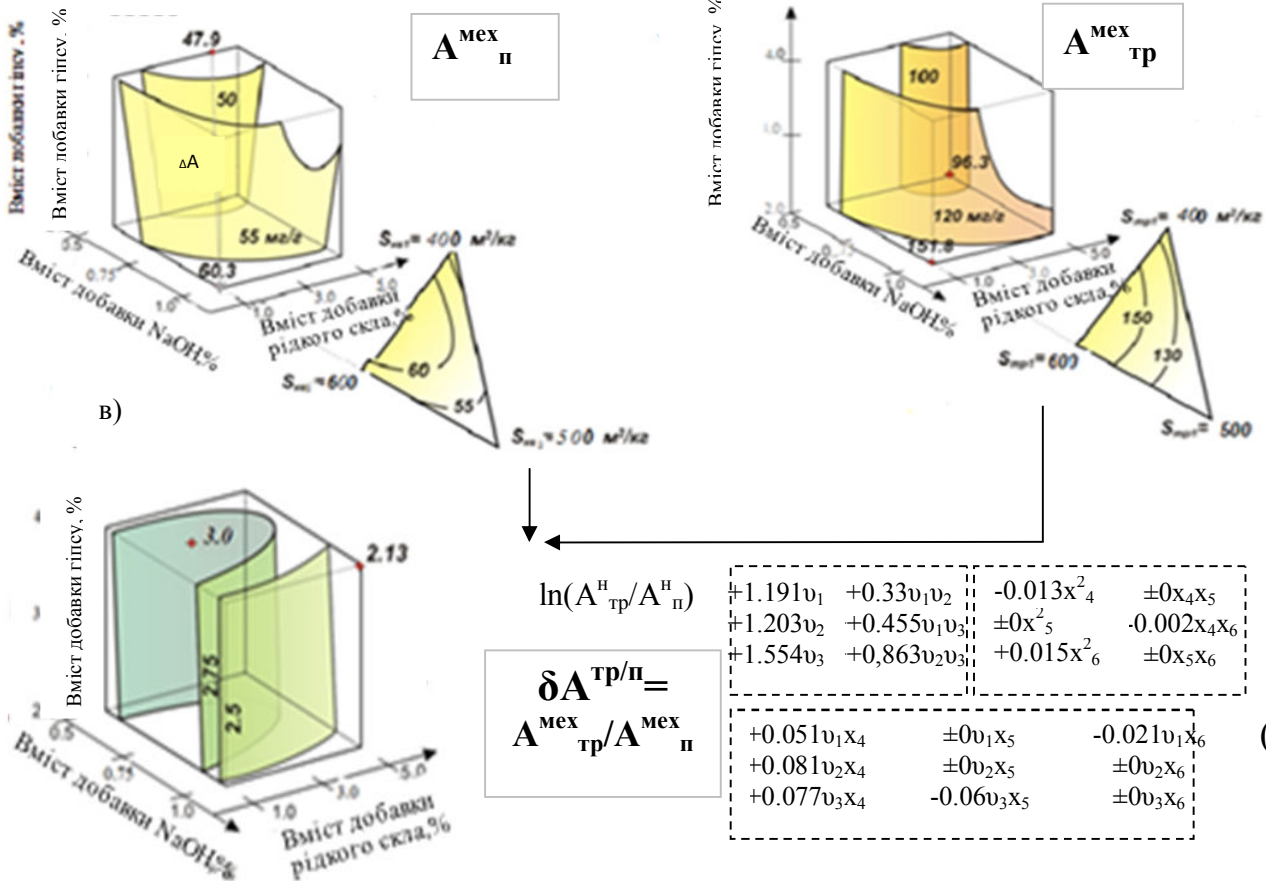


Рис.5. Зміна абсолютних значень активностей необроблених в змішувачі-активаторі сумішей:

а) на піску з різною $S_{\text{пит}}$ цих компонентів,

б) на трепелі з різною $S_{\text{пит}}$ цих компонентів,

в) зміна відносної активності суміші за рахунок заміни піску трепелом

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

більш ефективна для необроблених сумішей, ніж для МХ оброблених, тому що заміна піску трепелом істотніше впливає на величини активностей, ніж МХ обробка. Різниця в значеннях становить $\delta A = A^{тр/п} / A_{МХ0} = 1,85-2,25$ разів. Але 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 меленого 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 $S_{пит}$ трепелу, представлені в таблиці 1.

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, кислотно-лужний баланс при цьому характеризується значенням рН – 5,2-5,6.

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 (табл.1). Застосування негашеного вапна натомість гашеного і збільшення його вмісту до двох разів у в'язучому призводить до підвищення рН з 9,1 до 9,8. Таким чином, лужноземельна активація, яка здійснюється за рахунок заміни виду вапна, не забезпечує рекомендованого рівня значень $pH \geq 11,5$.

Ці результати послужили обґрунтуванням для проведення лужної активації, яка здійснена введенням луговмісних добавок. Для підвищення рН сумішей введені добавки луговмісного рідкого скла і луги. Аналіз їх впливу на рН показав, що саме спільне використання цих двох добавок забезпечує необхідне значення водневого показника $pH \geq 11,5$. Збільшення $S_{пит}$ трепелу також сприяє збільшенню рН суміші до 5% в залежності від температури (рис.

5а), 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 146 мг/г, введення добавки рідкого скла сприяє збільшенню активності до 170 мг/г (на 26 %), добавки лугу - до 180 мг/г (на 33 %), а за рахунок спільного запровадження цих добавок - на 33 % (табл.1).

Важливим видом активації є термоактивація на стадії попереднього витримування за рахунок екзотермічного ефекту негашеного вапна і термоактивація в умовах тепловологісної обробки (ТВО) при $T=85\pm 2^\circ\text{C}$. 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 $S_{\text{пит}}$ трепелу (рис. 6а), так і від виду вхідних компонентів (рис.6б).

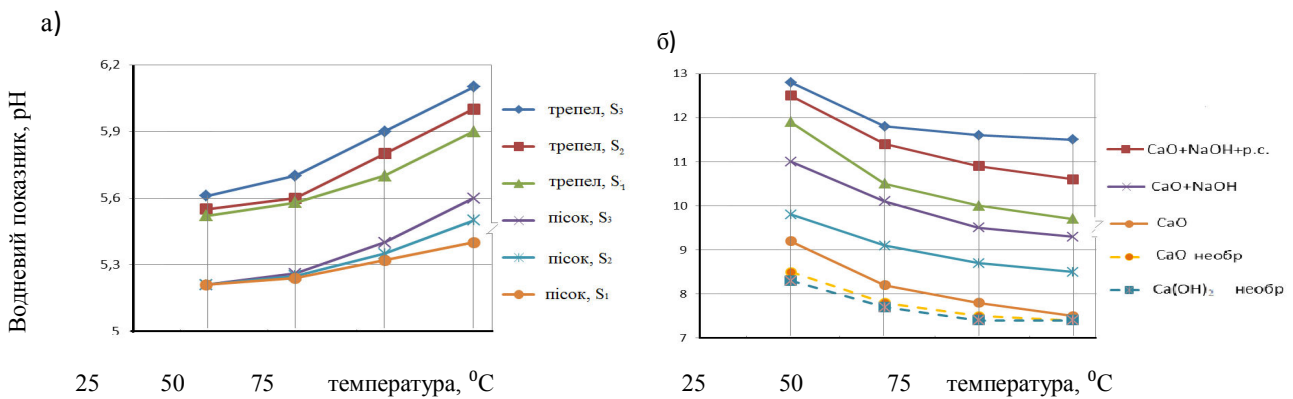


Рис.6. Вплив температури на водневий показник

а) кремнеземистих компонентів (піску і трепелу) різної питомої поверхні,

б) лужноземельних і луговмісних компонентів суміші

Аналіз кількісної оцінки вкладів різних видів активацій в комплексну показав їх взаємовплив та взаємозв'язок між собою. Як випливає з вищевикладеного, МХ активація як технологічний прийом робить істотний вплив на властивості суміші. МХ активація сприяє підвищенню активності суміші до 3 разів і можливості гомогенізації і зниження в'язкості виготовленої суміші до 1,5 разів. Роль МХ обробки проявляється також в можливості реалізації важливих технологічних ефектів, які супроводжують даний вид активації. МХ обробка також створює умови для проведення ряду наступних технологічних операцій: забезпечує можливість введення трепелу і дрібнозернистого заповнювача для проведення спільної активації без підвищення водотвердого відношення; застосування негашеного вапна та збільшення його вмісту в в'язучому (за рахунок відведення тепла); введення лужних добавок в підвищених кількостях.

Регулюючи внесок різних видів активацій в комплексну, можна управляти формуванням структури і властивостями композитів. Різні види і способи активації не тільки вносять різний внесок у комплексну, але і супроводжуються своїми супутніми технологічними ефектами, які взаємозв'язані між собою.

4. Ранжування значень водневого показника та активностей сумішей, отриманих в умовах різних видів активацій

З урахуванням величини впливу проаналізованих різних видів активацій на абсолютні і відносні значення активності і величин водневого показника проведено їх ранжування, результати яких представлені на рисунках 7 і 8. На підставі проведеного ранжування величин A , pH , δA , $\delta(pH)$ вибрано і обґрунтовано комплекс показників якості для оперативного і поточного контролю стану і властивостей дрібнозернистих високорухливих сумішей.

Ранжування абсолютних значень pH_{max} і відповідних їм абсолютних значень A_{max} для різних видів активацій представлено на рисунку 7.

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 $S_{пит}$ трепелу.

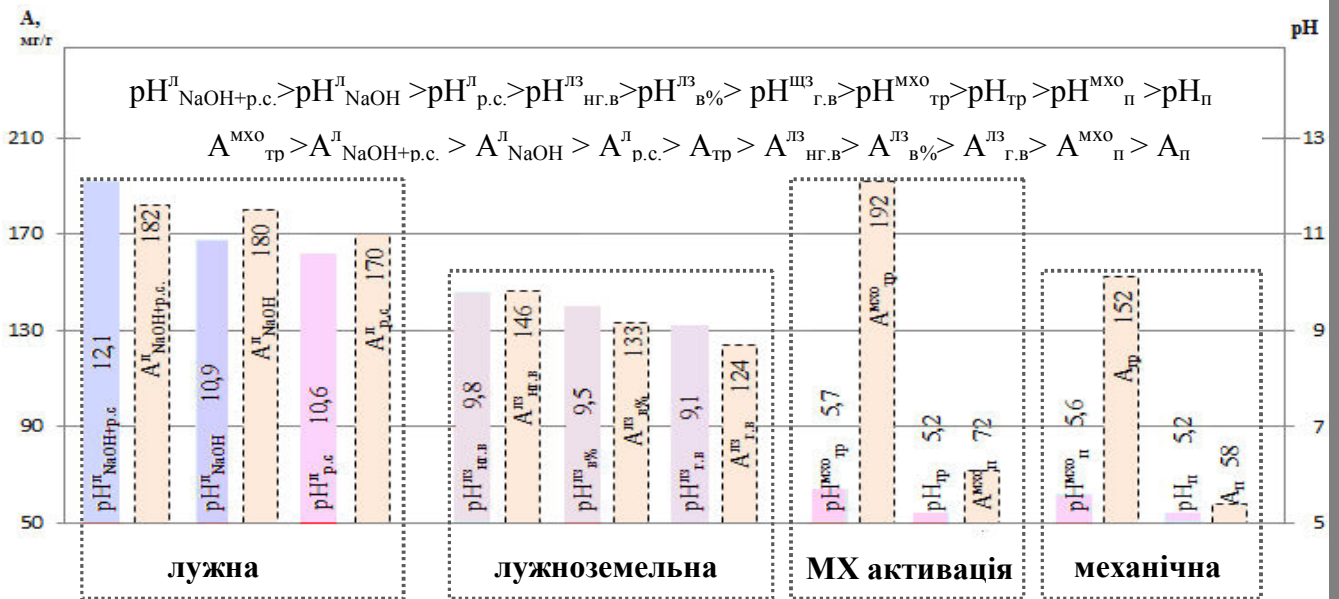


Рис.7. Ранжування абсолютних значень pH_{max} і відповідних їм значень A_{max} сумішей, отриманих в результаті різного виду активацій

Ранжування величин відносних значень δA і $\delta(pH)$ сумішей, одержаних в результаті різних видів активацій, представлено на рисунку 8. 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 МХ 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 $\delta A^{xim}_{тр/п}$ як найбільш значимий за величиною показник є важливою характеристикою якості суміші, що рекомендовано включити в комплекс перерахованих вище показників контролю якості.

Узагальнюючи отримані результати, можна зробити висновок, що показники A , $\delta A^{xim}_{тр/п}$, pH , T і $S_{пит}$, включаючи загальноприйняті показники рухливості суміші, можуть використовуватися для оперативного контролю і коригування складів дрібнозернистих високорухливих сумішей, приготовлених

за литтровою технологією у виробничих умовах з метою підвищення якості продукції.

На підставі результатів цих досліджень проаналізовано основні технологічні процеси і супутні їм ефекти, які створюють необхідні умови для забезпечення повного циклу комплексної активації. Досліджено фізико-механічні та будівельно-експлуатаційні властивості силікатних композитів.

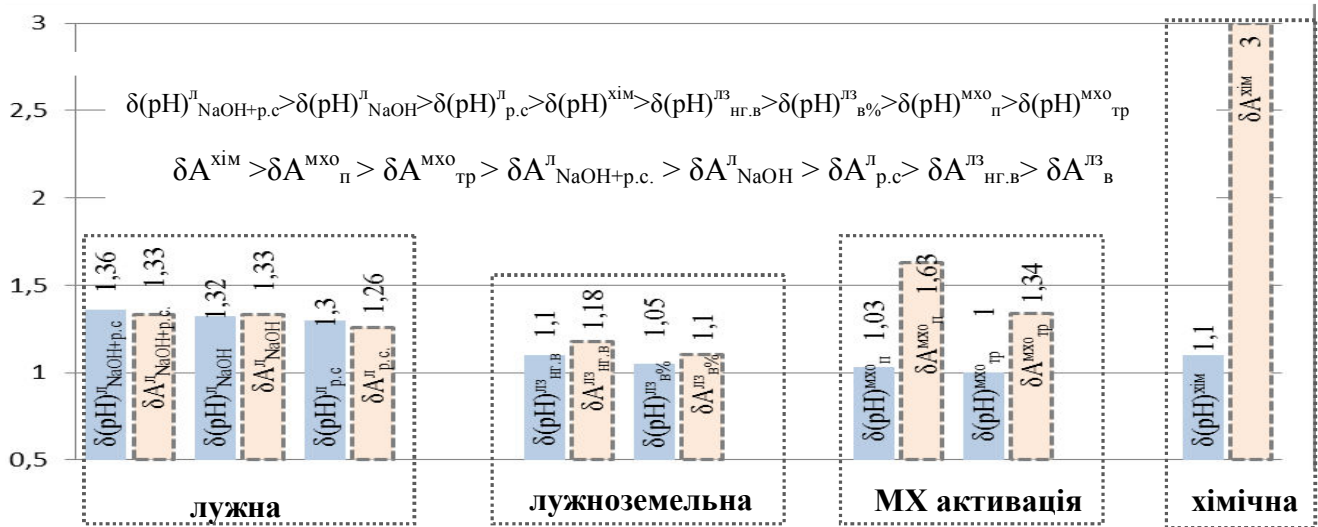


Рис. 8. Ранжування величин вкладів відносних значень A і pH окремих видів активацій

5. Властивості силікатних матеріалів, отриманих за литтровою технологією

Порівняно з технологією пресування литтцова технологія має ряд переваг, включаючи знижену енергомісткість. Литтровою технологією передбачена певна послідовність завантаження компонентів суміші і добавок в змішувач-активатор з встановленим інтервалом завантаження і часом активації. У присутності суперпластифікатора С-3 спільно з гіпсом відбувається зниження в'язкості суміші і її пластифікація. Одночасно, при послідовному введенні компонентів суміші і добавок, збільшується період гасіння вапна, знижується температура її гасіння з 85 до 40-55°C (рис. 9).

В результаті аналізу ЕС моделей, які описують зміни фізико-механічних і будівельно-експлуатаційних властивостей композитів, було побудовано

діаграми зміни теплопровідності і водостійкості, усадки і коефіцієнту карбонізації, вологості і пористості, які представлено на рис.10.

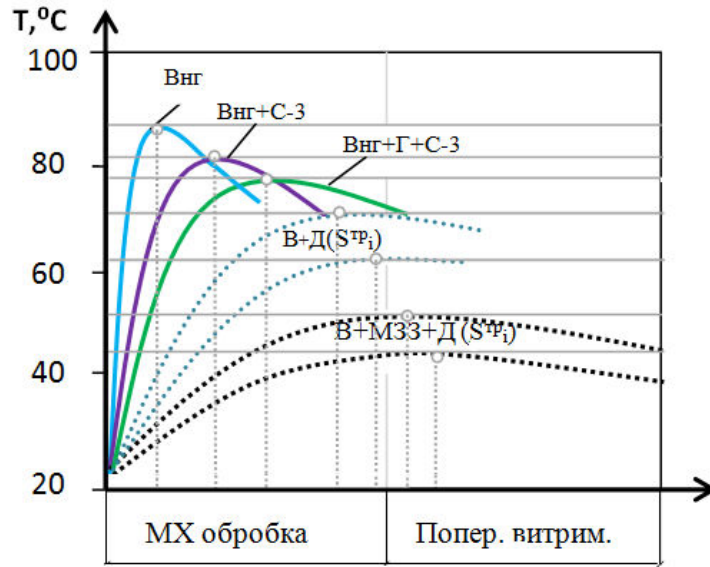


Рис. 9. Вплив послідовності завантаження компонентів на швидкість гасіння сумішей і температуру

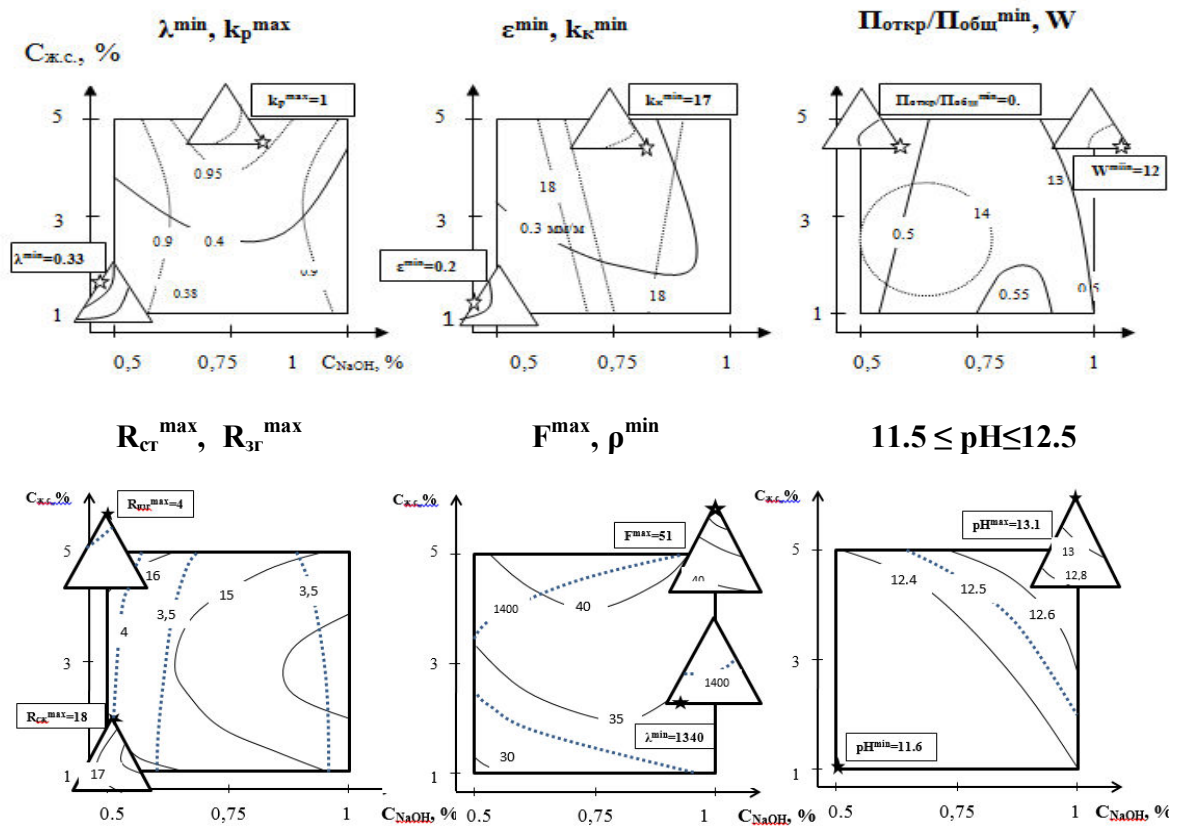


Рис. 10. Діаграми зміни фізико-механічних, експлуатаційно-будівельних властивостей та характеристик структури під впливом добавок

З графіків випливає, що склади, які забезпечують максимальну водостійкість, характеризуються також максимальною карбонізаційною стійкістю. Склади з мінімальною усадкою характеризуються мінімальним значенням теплопровідності, при цьому $P_{\text{відк}}/P_{\text{заг}} = 0,46$. Встановлено також, що $R_{\text{ст}}$ під впливом досліджуваних факторів змінюється від 13,8 до 18,1 МПа, $\rho = 1250 \div 1500 \text{ кг/м}^3$, $F \geq 35$ циклів, $k_{\text{тс}} = 0.91 \div 1.64 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{-0.5}$, $P_{\text{заг}} = 38-44 \%$, $P_{\text{отк}} = 19 \div 26 \%$. Величина $pH = 11,5 \div 12,1$.

Терміни тужавлення у всій області досліджуваного факторного простору змінюються: початок не раніше 30 хв, а кінець - не пізніше 16 години від початку замішування. Для того, щоб скоротити терміни схоплювання, відповідно до вимог ДСТУ Б В. 2.7-24-95, необхідно обмежувати введення луговмісних добавок.

Таким чином, за рахунок комплексної активації модифікованого в'язучого і дрібнозернистого заповнювача в присутності обґрунтовано обраних добавок забезпечена можливість одержання композитів з підвищеними фізико-механічними та будівельно-експлуатаційними властивостями без зниження їх міцності.

6. Порівняльний аналіз властивостей силікатних композитів з добавками, які підвищують лужність середовища, та без добавок

Для вирішення однієї з поставлених задач, яка зводилася до вивчення впливу добавок, які підвищують лужність середовища, на властивості комплексно-активованих сумішей і композитів на їх основі, було проведено порівняльний аналіз властивостей матричного матеріалу, а саме: матеріалу, отриманого в ході попередніх експериментів, і поризованного композиту, отриманого на основі комплексно-активованої суміші.

Аналіз впливу параметрів стану сумішей на їх властивості представлено на рис.11 у вигляді порівняння властивостей силікатних сумішей та композитів на їх основі та комплексно-активованих силікатних сумішей, водневий показник яких значно вище. З графіків випливає, що спостерігається поліпшення основних властивостей, як сумішей, так і композитів на їх основі, зокрема:

тріщиностійкість підвищується на 25%, теплопровідність знижується в 1,8 рази, морозостійкість до 2-х разів збільшується, водостійкість збільшується з 0,85 до 1.

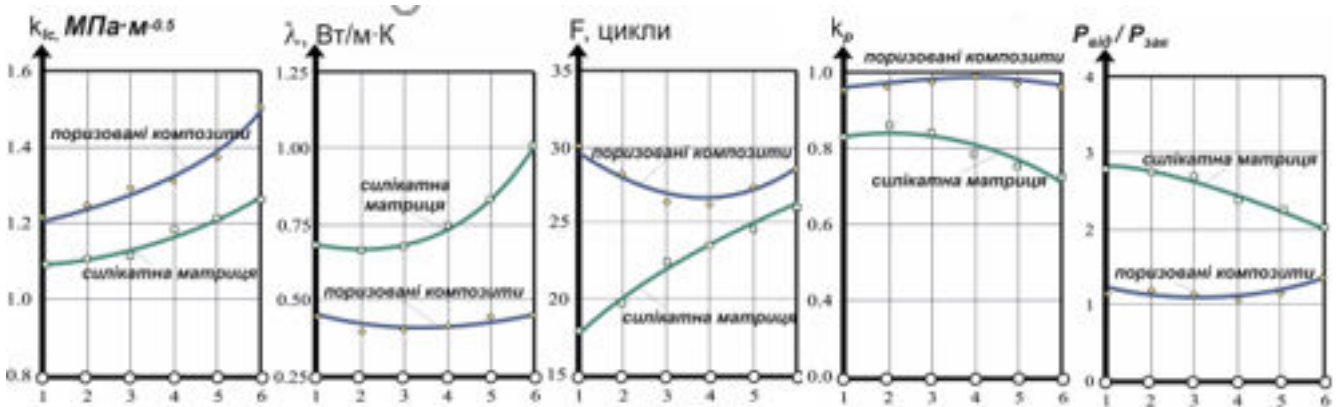


Рис.11. Порівняльний аналіз властивостей комплексно-активованих силікатних композитів і матричного матеріалу

Таким чином, за рахунок комплексної активації суміші в присутності обґрунтовано обраних добавок, які підвищують лужність середовища, забезпечена можливість одержання композитів з підвищеними фізико-механічними та будівельно-експлуатаційними властивостями без зниження їх міцності.

7. Механізм формування впливу комплексу різних видів активацій і супутніх їм технологічних ефектів на властивості дрібнозернистих високорухливих силікатних сумішей та композитів на їх основі

Комплексна активація здійснюється реалізацією різних технологічних прийомів і операцій, які обумовлюють перебіг механохімічних, хімічних, фізико-хімічних, термічних та інших процесів, пов'язаних із взаємодією компонентів суміші з урахуванням супутніх їм явищ. Супутні основним технологічним прийомам та операціям процеси та явища чинять істотний вплив на властивості суміші та силікатних композитів (рис.12).

Механізм впливу комплексу різних видів активацій і супутніх їм технологічних процесів на структуру та властивості силікатних композитів тепловологісного твердіння (ТВТ) на основі дрібнозернистої високорухливої вапняно-кремнеземистої суміші, модифікованої лужними, луговмісними і

сульфатними добавками полягає в тому, що різні види і способи активації вносять різний внесок у комплексну, супроводжуються своїми важливими позитивними технологічними ефектами, які обумовлюють можливість проведення комплексної активації. Причому, внесок окремих видів активації повинен оцінюватися не тільки величинами A і pH сумішей, але і супутніми технологічними ефектами, які супроводжують даний вид активації і забезпечують можливість реалізації наступних видів активації. МХ обробка є однією з особливостей даного технологічного процесу. Аналіз впливу технологічних процесів і супутніх їм ефектів та оцінка їх ролі в загальному процесі активації показав, що всі явища та процеси взаємопов'язані і являють собою комплекс.

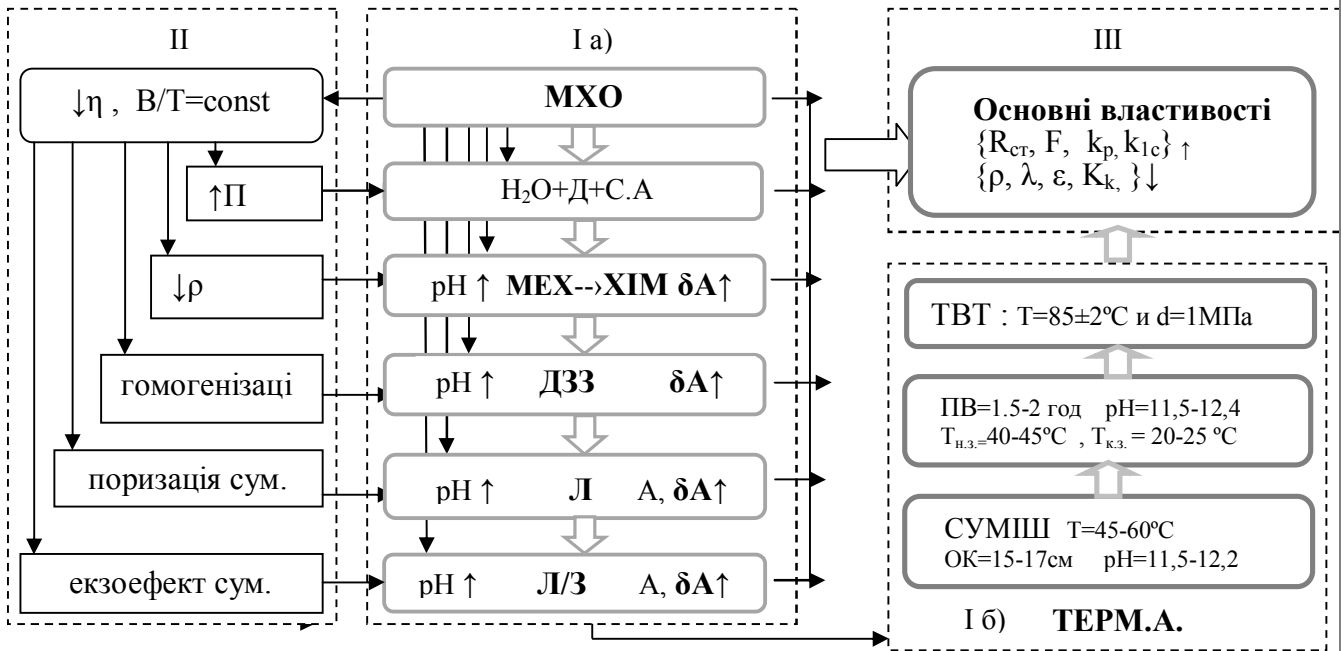


Рис.12. Схема взаємного впливу технологічних операцій, що реалізуються у вигляді комплексу різних видів активацій і викликаних ними супутніх процесів та явищ, на властивості

I (а, б) – різні види активацій, які утворюють комплекс;

II – процеси та явища, які супутні технологічним операціям и прийомам;

III – вплив основних і супутніх процесів та явищ на зміну рівней властивостей композитів

Таким чином, регулюючи внесок різних видів активацій в комплексну активацію з урахуванням супутніх їм технологічних ефектів, можна цілеспрямовано регулювати властивості сумішей і композитів на їх основі.

8. Оптимізація складів комплексно-активованих композитів з поліпшеними властивостями

На підставі досліджень було проведено багатокритеріальну оптимізацію складів комплексно-активованих силікатних композитів ТВТ з поліпшеними властивостями. Оптимізаційна задача полягала в наступному: отримати умовно-ефективні та ефективні стінові матеріали та вироби нормованих марок по щільності, міцності, морозостійкості, усадки 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, представлений у таблиці 2.

Перший етап – це виділення комплексу основних критеріїв якості на основі діючої нормативно-технічної документації. У цьому дослідженні аналізувалися: $R_{ст}$, F , λ , ρ , V_m .

Другий етап – це додаткові критерії якості на основі діючої нормативно-технічної документації. Аналізувалися: усадка (ϵ), сорбційна ($W_{сорб}$) і відпускна вологості ($W_{відп}$), терміни тужавлення.

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: карбонізаційна стійкість (k_k), водостійкість (k_p), тріщиностійкість ($k_{тс}$) та показники стану суміші – активність (A) і величина водневого показника (рН) на стадії приготування.

Таблиця 2

Багатокритеріальна оптимізація властивостей за умовами отримання ефективних стінових виробів

Алгоритм і основні етапи багатокритеріальної оптимізації						
Етапи	Критерії якості	Обґрунтування	Умови оптимізації			
			Властивості	$R_{ct\ max}$	$\lambda_{\ min}$	$K_p\ max$
1 етап	Основні критерії оптимізації	Нормовані критерії ДСТУ Б В.2.7-36:2008	R_{ct} = норм, МПа F = норм, цикл B_m = норм, % ρ = норм, кг/м ³ λ = норм, Вт/м·К	B_{15} F_{35} $B_m=12$ $\rho=1500$ $\lambda=0,44$	B_{12} F_{35} $B_m=12$ $\rho=1350$ $\lambda \leq 0,34$	B_{12} F_{50} $B_m=14$ $\rho=1400$ $\lambda \leq 0,38$
2 етап	Допоміжні критерії	Нормативні документи ДСТУ Б В.2.7-45:2010	ϵ = норм, мм/м $W_{сopб}$ = норм, % $W_{вiдн}$ = норм, %	$\epsilon \leq 0.3$ мм/м $W_{сopб} \leq 15\%$ $W_{вiдн} \leq 25\%$	$\epsilon \leq 0.2$ мм/м $W_{сopб} \leq 13\%$ $W_{вiдн} \leq 25\%$	$\epsilon \leq 0.2$ мм/м $W_{сopб} \leq 13\%$ $W_{вiдн} \leq 25\%$
		ДСТУ Б В.2.7-24-95	Терміни тужавлення: початок та кінець	Початок – не раніше 30 хв., Кінець – не пізніше 16 год.		
3 етап	Допоміжні критерії	Науково-дослідницькі вишукування	<i>Показники стійкості</i>	1. $k_{Ic} \geq 1$		
			1. трещиностійкість $k_{Ic} \rightarrow$ оптимум			
			2. водостійкість $K_p \rightarrow$ max, %	2. $K_p=0,95$	$K_p=0.95$	$K_p=1$
			3. карбонізаційна стійкість $k_k \rightarrow$ max, %	3. $k_k \geq 82\%$		
			<i>Параметри структури</i>			
$P_{вiдкр} \rightarrow$ min, %	22	20	21			
$P_{закр} \rightarrow$ max, %	18	22	20			
$P_{заг} \rightarrow$ max, %	40	44	42			
<i>Параметри стану</i>	$11,5 \leq pH \leq 12,5$ $A \rightarrow$ max, мг/г					

На підставі проведених досліджень розроблено оптимальні склади, які забезпечують отримання стінових виробів з поліпшеними фізико-механічними і будівельно-експлуатаційними властивостями. Ефективні повнотілі блоки: R_{ct} -B10, $\rho=1350-1400 \text{ кг/м}^3$, $F50$, $\lambda=0.33 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, $k_p=1$; додаткові критерії якості: $k_{Ic}=1,5 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{-0.5}$, $W=12\%$, $\varepsilon=0,3 \text{ мм/м}$, $pH\approx 12$. Пустотілі блоки: R_{ct} -B7,5, $\rho=1250 \text{ кг/м}^3$, $F50$, $\lambda=0.3 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, $k_p=1$; додаткові критерії: $k_{Ic}=1,3 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{-0.5}$, $W=12\%$, $\varepsilon=0,2 \text{ мм/м}$, $pH\approx 12$. Умовно-ефективні повнотілі блоки: R_{ct} -B12.5-15, $\rho=1450-1550 \text{ кг/м}^3$, $F\geq 35$, $\lambda=0.38 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, $k_p=0.95$, додаткові критерії: $k_{Ic}=1,2 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{-0.5}$, $W=13\%$, $\varepsilon=0,3 \text{ мм/м}$, $pH\approx 12$. Композити з $k_p=1$ можуть бути рекомендовані для елементів декору садово-паркової архітектури та дизайну приміщень.

Авторами розроблено енергозберігаючі силікатні композити на основі комплексно-активованої суміші. Відмінною особливістю таких композитів є тепловологісне твердіння при температурі $T=85^\circ\text{C}$, комплексна активація і поризація лужними і луговмісними добавками. На підставі проведених досліджень розроблено оптимальні склади, які забезпечують отримання стінових виробів у вигляді ефективних та умовно-ефективних повнотілих блоків та пустотілих блоків з поліпшеними фізико-механічними і будівельно-експлуатаційними властивостями, а також композитів, які можуть бути рекомендовані для елементів декору садово-паркової архітектури та дизайну приміщень.

ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано раціональність застосування комплексу різних видів активацій дрібнозернистих високорухливих сумішей, модифікованих добавками, для виробництва силікатних композитів тепловологісного твердіння з поліпшеними фізико-механічними і будівельно-експлуатаційними властивостями.
2. Обґрунтовано вибір основних компонентів і добавок для силікатних композитів тепловологісного твердіння.
3. Розраховано ЕС моделі та проаналізовано можливість регулювання

активності і величини водневого показника суміші за рахунок зміни вкладів різних видів активацій. Дана кількісна оцінка вкладів різних видів активацій в комплексну активацію. Визначено можливі інтервали регулювання активності і величини водневого показника сумішей. Встановлено, що різні види активації по-різному впливають на активність і величину рН сумішей.

4. На підставі кількісної оцінки впливу різних видів активацій проведено ранжування аналізованих властивостей сумішей на основі ЕС моделей. Абсолютні значення водневого показника і активності рекомендовано враховувати при підборі складів та оптимізації структури і властивостей композитів, а аналізовані відносні показники дозволяють обґрунтовано здійснювати вибір основних компонентів і технологічних операцій. Контроль комплексу аналізованих показників, включаючи абсолютні і відносні значення активності і рН, а також температуру суміші і $S_{\text{пит}}$ трепелу, забезпечить гарантовану якість виробів.

5. Показано, що різні види і способи активації взаємозв'язані між собою і супроводжуються важливими технологічними ефектами, які взаємообумовлюють можливість проведення комплексної активації. Внесок окремих видів активацій повинен оцінюватися не тільки величинами активності, водневого показника і температури сумішей, але і супутніми технологічними ефектами, які супроводжують даний вид активації і забезпечують можливість реалізації наступних видів активації.

6. Проаналізовано властивості силікатних композитів за експериментально-статистичними моделями та отримані наступні результати: $R_{\text{ст}}=13,8-18,1$ МПа, $k_p=0,9-1$, $F \geq 35$, $k_{1c}=0,91-1,64$ МПа \cdot м $^{-0.5}$, $P_{\text{заг}}=38-44$ %, $\lambda=0,3-0,44$ Вт/м \cdot К і $\rho \leq 1500$ кг/м 3 . Показано, що регулюючи властивості силікатної суміші з використанням запропонованого комплексу різних видів активацій, забезпечено отримання ефективних і умовно-ефективних виробів тепловологісного твердіння з поліпшеними властивостями за енергозберігаючою литтвовою технологією.

7. Показано на основі порівняльного аналізу, що за рахунок комплексної активації суміші в присутності обґрунтовано обраних добавок, які підвищують

лужність середовища, забезпечена можливість одержання композитів з підвищеними фізико-механічними та будівельно-експлуатаційними властивостями без зниження їх міцності.

8. Запропоновано механізм впливу комплексу різних видів активацій і супутніх їм технологічних ефектів на структуру та властивості силікатних композитів тепловологісного твердіння на основі дрібнозернистої високорухливої суміші, модифікованої добавками. Аналіз впливу технологічних процесів і супутніх їм ефектів та оцінка їх ролі в загальному процесі активації показали, що всі явища та процеси взаємопов'язані і являють собою комплекс.

9. Рекомендовані оптимальні склади, які забезпечують отримання композитів з поліпшеними фізико-механічними і будівельно-експлуатаційними властивостями: ефективні повнотілі блоки: $R_{ст} - B10$, $\rho=1350-1400 \text{ кг/м}^3$, $F50$, $\lambda=0.33 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, $k_p=1$; додаткові критерії якості: $k_{Ic}=1,5 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{-0}$, $W=12 \%$, $\varepsilon=0,3 \text{ мм/м}$, $pH\approx 12$. Пустотілі блоки: $R_{ст} - B7,5$, $\rho=1250 \text{ кг/м}^3$, $F50$, $\lambda=0.3 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, $k_p=1$; додаткові критерії: $k_{Ic}=1,3 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{-0.5}$, $W=12 \%$, $\varepsilon=0,2 \text{ мм/м}$, $pH\approx 12$. Умовно-ефективні повнотілі блоки: $R_{ст} - B12.5-15$, $\rho=1450 \text{ кг/м}^3$, $F\geq 35$, $\lambda=0.38 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, $k_p=0.95$, додаткові критерії: $k_{Ic}=1,2 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{-0.5}$, $W=13 \%$, $\varepsilon=0,3 \text{ мм/м}$, $pH\approx 12$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сидорова Н.В. Модифіковані силікатні матеріали безавтоклавного твердіння. Структура, властивості. Автореферат дис... канд. техн. наук. Одеса, ОДАБА, 2004. -20с.
2. Доценко Ю.В. Комплексно-активовані силікатні композити зниженої енергоємності. Автореферат дис... канд. техн. наук. Одеса, ОДАБА, 2016. -20с.
3. Луцкин Е.С. Влияние различных видов добавок на активность известково-кремнеземистых смесей/ Е.С. Луцкин, Е.С. Шинкевич, Ю.В. Доценко, Н.В. Сидорова // Вісник ОДАБА. – Одеса, 2008. – Вип. 31. – С.195-199.
4. Шинкевич Е.С. Оценка эффектов влияния комплексной активации на свойства известково-кремнеземистых дисперсных систем и силикатных

композитов / Е.С. Шинкевич, Е.С. Луцкин, Г.Г. Бондаренко, А.А. Койчев, Ю.В. Доценко, Є.О. Земцова, Е.А. Подмазко // Вісник ОДАБА. – Вип.38, Ч.2. – Одеса, 2009. – С. 495-499.

5. Шинкевич Е.С. Оценка активности известково-кремнеземистых дисперстных систем на основе экспериментально-статистического моделирования / Е.С. Шинкевич, Е.С. Луцкин, Ю.В. Доценко, А.Б. Тымняк // Материалы 6 междунар. н-т. конф. «Композиционные материалы», Киев, 2012. - С.69-71.

6. Шинкевич Е.С. Энергоэффективные стеновые композиты на основе силикатной поризованной матрицы / Е.С. Шинкевич, Ю.В. Доценко// Зб.наук. праць "Будівельні конструкції" - Вип.80, - Київ, 2014. - С.204-209.

7. Доценко Ю.В. Количественная оценка влияния на активность комплексно-активированных дисперсных систем отдельных видов активации / Ю.В. Доценко, Е.С. Шинкевич, Н.В. Сидорова // Вісник ОДАБА. – Вип.60. – Одеса, 2015. – С.96-103.

8. Shinkevich E. The influence of modification of the structure of silicate materials on their properties after non-autoclaved hardening / E.Shinkevich, E.Lutskin, O.Gnyr, A.Koichev, J.Dotsenko // Proceedings of the 8th International Symposium Brittle Matrix Composites 8. – Cambridge and Warsaw – 2006. – P.517-525.

9. Shinkevich E. Geopolymer aerated composites on silicate matrix of hermal-moisture hardening / E. Shinkevich., E. Lutskin, I. Mironenko, J. Dotsenko // Bulletin incercom scientific research institute of construction, Moldova, 2015, Nr 6. – p.141-146.

10. Shinkevich E. Optimization of the compositions and properties of complex-activated silicate composites heat-to-humidity hardening / E. Shinkevich, J. Dotcenko, N. Sydorova // Научные труды Sworld. - Вып. 1(42). - Иваново, 2016. – С.57- 66.

11. Доценко Ю.В. Обґрунтування прказників якості для комплексно-активованої силікатної суміші / Доценко Ю.В., Шинкевич Е.С., Сидорова Н.В.

// Матеріали міжнародного науково-технічного семінару «Моделювання та оптимізація будівельних композитів». – Одеса, 2016. – С.43-45.

12. Шинкевич О.С. Аналіз впливу параметрів стану сумішей на властивості комплексно-активованих силікатних композитів тепловологісного твердіння / Шинкевич О.С., Доценко Ю.В., Сидорова Н.В., Койчев О.О., Мироненко І.М. // Научные труды Sworld. - Вып. 3(44). - Иваново, 2016. – С.84- 87.

13. Шинкевич О.С. Вплив комплексної активації на властивості дрібнозернистих високорухливих сумішей і силікатних композитів на їх основі / Шинкевич О.С., Доценко Ю.В., Сидорова Н.В., Закаблук С.С. // Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка». – Вип.57. – Київ, 2016. – С.192-197.

ЗМІСТ

Вступ

1. Вибір оптимальних складів і режимів твердіння для отримання силікатних матеріалів з поліпшеними експлуатаційними властивостями

2. Експеримент

3. Кількісна оцінка комплексної активації

4. Ранжування значень водневого показника та активностей сумішей, отриманих в умовах різних видів активацій

5. Властивості силікатних матеріалів, отриманих за литвювою технологією

6. Порівняльний аналіз властивостей силікатних композитів з добавками, які підвищують лужність середовища, та без добавок

7. Механізм формування впливу комплексу різних видів активацій і супутніх їм технологічних ефектів на властивості дрібнозернистих високорухливих силікатних сумішей та композитів на їх основі

8. Оптимізація складів комплексно-активованих композитів з поліпшеними властивостями

Висновки

Література