

УДК 691:38.3-03(38Т)

Захарченко П.В., канд. техн. наук, професор, завідувач кафедри КНУБА;

Гавриш О.М., канд. філ. наук, професор КНУБА, ген. директор ТОВ «Кнауф Гіпс Київ», м. Київ;

Калугіна О.М., інженер ТОВ «Кнауф Гіпс Київ», аспірант КНУБА, м. Київ, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ГІПСОКАРТОННИХ ПЛИТ

Вирішення задач зниження вартості конструкції і скорочення строків їх монтажу при збереженні необхідного рівня надійності і довговічності споруд є одним з найбільш актуальних напрямків розвитку будівельної науки та бізнесу. Перед вітчизняними виробниками, які прагнуть до стандартів європейської якості постає гостра необхідність у створенні матеріалів з високими експлуатаційними і технічними показниками. Це потребує глибоких наукових досліджень в області створення ефективних композиційних матеріалів з оптимізованим складом.

Німецька компанія Кнауф на українському ринку будівельних матеріалів пропонує наступні види плит з підвищеними показниками міцності та пожежостійкості: ГКПО, ГКПВО, Кнауф «Фаєрборд», Кнауф «Діамант».

Плити гіпсокартонні з підвищеною опірністю впливу відкритого полум'я (ГКПО) - гіпсокартонні плити, що володіють більшою опірністю вогневному впливу, ніж звичайні. Вони відрізняються більшою щільністю, маса 1 м² такої плити близько 12 кг (для порівняння звичайна ГКП – 8-10 кг). Також ГКПО армовані склороволокном довжиною трохи більше 10 мм, яке отримують шляхом рубки ровінга з склониток, виробленого відповідно до ГОСТ 17139 і технічних умов підприємств. Такі плити витримують температурні навантаження до 60 хв.

Гіпсокартонні плити вологостійкі з підвищеним опором впливу відкритого полум'я (ГКПВО) поєднують одночасно властивості плит ГКПВ і ГКПО. Крім більш щільної структури і армування склороволокном, в склад гіпсового сердечника плит вводять силіконове масло і просочують картон гідрофобними матеріалами.

ГКПВ і ГКПВО застосовують в будівлях і приміщеннях з сухим і нормальним вологісними режимами у відповідності з зазначеним ДБН. При використанні таких плит в будівлях і приміщеннях з підвищеним вологим режимом слід захищати їх лицьову поверхню водостійкими ґрунтовками, шпаклівками, фарбами, керамічною плиткою чи покриттям з ПВХ[1,2].

Противопожежна гіпсова плита Фаєрборд - негорючий плитний матеріал формату 2500x1200x12,5 мм, що складається з вогнетривкого гіпсового сердечника з додаванням вермикуліту і склоровінгу, всі площини якого, крім торцевих крайок, облицьовані негорючим склополотном, міцно приклеєним до сердечника. Всі кромки плит мають прямокутну форму. Ця продукція відноситься до будівельного матеріалу класу А1 (НГ)[5].

Негорючі плити «Фаєрборд» спеціально розроблені фірмою КНАУФ для забезпечення підвищених вимог у галузі пожежної безпеки будівель і споруд.

Фаєрборд виглядає як звичайна гіпсова плита, але має високі вогнетривкі властивості. Багаторазові випробування показали, що Фаєрборд може стримувати полум'я більше години, не втрачаючи технологічних властивостей.

Фаєрборд застосовується в якості вогнезахисного облицювального матеріалу в каркасно-обшивних конструкціях перегородок, облицювань стін і підвісних стель на шляхах евакуації та в зальних приміщеннях в будівлях різного функціонального призначення, поверховості і

місткості, в інших будівельних конструкціях, де згідно з вимогами пожежної безпеки передбачено застосування негорючих будівельних матеріалів (НГ) класу пожежної небезпеки КМ0. Дані вимоги наведені в табл. 28 і 29 Додатка до Федерального закону Російської Федерації від 22 липня 2008 р. N 123-ФЗ «Технічний регламент про вимоги пожежної безпеки».

Головне завдання плит Фаєрборд - запобігти поширенню вогню, і тим самим забезпечити евакуацію людей. На сьогодні з усіх представлених на ринку негорючих матеріалів тільки він довів свою ефективність у боротьбі з полум'ям. При цьому важливо, що Фаєрборд є абсолютно безпечним екологічним матеріалом.

Принципова відмінність поведінки плит Фаєрборд від інших плитних гіпсових виробів в умовах стандартних вогневих випробувань полягає в тому, що після випарювання кристалізаційної вологи з гіпсового сердечника, виріб не тріскається і не руйнується більш тривалий час (80-90 хв).

Крім посиленого гіпсового сердечника, це досягається наявністю негорючого склополотна, яке виконує функції вогнестійкого армуючого каркаса виробу. Ця властивість плит Фаєрборд забезпечує більш високу вогнестійкість конструкцій на їх основі.

Фаєрборд - це оптимальний варіант облицювання технічних приміщень, особливо тих місць, де є підвищений ризик виникнення вогню: котельні, майстерні, гаражі, зони димоходів і т.д. Стіни з цього матеріалу покликані локалізувати пожежу в одному приміщенні і не дати полум'ю вирватися назовні.

Таблиця 1

Технічні характеристики плит Фаєрборд

Фізико-технічні характеристики плит	Значення
Ширина, мм	1200
Довжина, мм	2500
Товщина, мм	12,5; (20 під замовлення)
Маса, кг/м ²	10,5
Густина, кг/м ³	850
Теплопровідність, Вт/мК	0,22

В Європі Фаєрборд використовується вже багато років. Його широко застосовують для облицювання запасних виходів в офісних і торгових центрах: там, де проходять шляхи евакуації. Крім того, він може застосовуватися в якості додаткового негорючого облицювання, яке кріпиться до вже існуючих конструкцій стін.

Надміцна гіпсова плита Кнауф Діамант - це композиційний будівельний виріб, який складається із імпрегнованого силіконовим маслом вологостійкого гіпсового осердя, армованого спеціальним картоном підвищеної міцності, та склоровінгом – для підвищення опірності дії відкритого полум'я (Таблиця 2). Підвищена густина гіпсового осердя забезпечує більш високі показники твердості поверхні та міцності плит в цілому.

Це гіпсокартонна плита, яка поєднала в собі споживні властивості багатьох видів плит, і є, таким чином, в певній мірі універсальним будівельним матеріалом. Згідно нових Технічних умов [3] плита Кнауф «Діамант» відноситься до ГКПВО (гіпсокартонних вологоста вогнестійких плит) типу DFH2IR. Позначення типу плит літерами латинського алфавіту запроваджено європейським стандартом EN 520 [2] та означає наступне:

- ГКП типу D – плита з визначеною густиною;
- ГКП типу F – плита з підвищеною опірністю впливу відкритого полум'я;
- ГКП типу H2 – плита вологостійка з водопоглинальною здатністю нижче 10%;
- ГКП типу I – плита з підвищеною твердістю поверхні;

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

- ГКП типу R – плита з підвищеною міцністю.

Таблиця 2

Технічні характеристики плит Кнауф Діамант

Найменування показника	Значення
Товщина, мм	12,5/15
Ширина, мм	1200
Довжина, мм	2000/2500
Маса, кг/м ² 12,5 мм 15 мм	12,8 ± 0,2 15,5 ± 0,2
Тип	ГКПВО (DFH2IR)
Міцність на стиск перпендикулярно до поверхні, Н/мм ²	≥ 10
Вологостійкість, %	≤ 10
Вогнестійкість, хв	≤ 20

Плити Кнауф Діамант, які підприємство «Кнауф Гіпс Київ» почало виробляти на початку 2011 року, були випробувані згідно до європейських стандартів у виробничій лабораторії підприємства за участі наукових співробітників кафедри товарознавства та комерційної діяльності КНУБА. Ґрунтовно досліджувались перш за все два параметри: вогнестійкість та міцність плит. В лабораторних умовах були проведені порівняльні випробування звичайних ГКП (вогнестійкість яких не нормується), ГКПО та ГКПВО «Діамант», опірність яких впливу відкритого полум'я згідно ТУ та ДСТУ повинна бути не меншою, ніж 20 хвилин (табл. 3).

Таблиця 3

Фізико-механічні випробування гіпсокартонних плит
виробництва ТОВ «Кнауф Гіпс Київ»

№ п/п	Найменування показників	Од. вим.	Види і типи гіпсокартонних плит				
			ГКП - А	ГКПО – FD - Вогнестійкі		ГКПВО – Вологовогнестійкі	
				Без скловолокна	+ Скловолокно	+ Базальтове волокно	FDH2IR- Діамант - 12,5 мм
1	Товщина	мм	12,1	12,2	12,2	12,3	14,9
2	Маса плити	кг/м ²	10,585	10,601	10,396	13,130	15,391
3	Руйнівне навантаження у повздовжньому напрямку	Н	637	698	712	763	962
4	Прогин у повздовжньому напрямку	мм	0,57	0,59	0,58	0,37	0,25
5	Руйнівне навантаження у поперечному напрямку	Н	204	221	259	331	453
6	Прогин у поперечному напрямку	мм	0,86	0,77	0,74	0,49	0,31
7	Опірність дії відкритого полум'я	хв	10 (800°C)	57 (800°C)	89 (800°C)	29 (1000°C)	38 (1000°C)

Тест на вогнестійкість показав, що звичайні ГКП не руйнуються протягом 10 хвилин,

вогнестійкі гіпсові плити (ГКПО), армовані скловолокном, витримують температурні навантаження до 60 хвилин, а плити Діамант не руйнуються протягом 30 хвилин при температурі 1000 °С. Завдяки високим пожежостримуючим властивостям плити Кнауф Діамант можуть застосовуватись в якості протипожежних перегородок та перешкод.

Показниками міцності гіпсової плити є нормоване ДСТУ та ТУ руйнівне навантаження при згині, яке вимірюється в Н(кгс), та прогин (мм). Руйнівне навантаження при випробуванні на міцність при згині зразків плити Діамант, становило в поздовжньому напрямку – 763 Н, що на 6% вище нормованого показника і на 20% вище показника для звичайних ГКП, а в поперечному напрямку – 331 Н, що на 23% вище нормованого показника і майже в два рази перевищує цей показник для звичайних плит. Показник прогину, який згідно нормативів є однаковим як для звичайних ГКП (типу А), так і для ГКП з підвищеною міцністю (типу R), у зразках плити «Діамант» перевищував норматив теж майже в два рази (Табл. 3).

Гіпсові будівельні матеріали належать до класичних вогнестійких. Надійний захист від пожежі забезпечується насамперед завдяки вмісту приблизно 20 % зв'язаної кристалізаційної води (1 м² гіпсової плити завтовшки 15 мм містить приблизно 3 л води). Під впливом пожежі гіпс зневоднюється, тобто кристалізаційна вода випаровується. При цьому витрачається енергія, поширення пожежі уповільнюється внаслідок утворення парової зависи між вогнем та гіпсовим будівельним матеріалом. Для нагрівання, випаровування й десорбції кристалізаційної води, наприклад, з 1 м² гіпсової плити завтовшки 15 мм, витрачається приблизно 8400 кДж (≈ 2000 ккал)[5].

Важливим завданням, яке вирішують інженери-проектувальники вогнестійких конструкцій, є визначення оптимальних значень товщини шарів вогнезахисних матеріалів, що використовуються в конструкції. Вибір завищених значень товщини призводить до необґрунтованих матеріальних витрат та збільшення маси конструкції. Заниження, відповідно, призводить до того, що межа вогнестійкості стає меншою від проектною. Оптимальна товщина відповідає мінімальній товщині шару матеріалу, при якій забезпечується необхідна межа вогнестійкості будівельної конструкції. Плити «Діамант» повністю відповідають зазначеним вимогам і можуть бути використані в якості облицювального елемента для вогнезахисту різноманітних будівельних конструкцій [6].

Метою даної роботи було створення дисперсної системи на основі гіпсових в'язучих та наповнювачів, які б давали синергетичний ефект щодо підвищення як міцнісних, так і вогнестійких параметрів.

Для обґрунтування можливості створення композиційних гіпсоцеолітових матеріалів були проведені дослідження вихідних сировинних компонентів-гіпсового в'язучого, природних і синтетичних цеолітів.

Для розробки композиційних гіпсоцеолітових матеріалів (КГЦМ) використовувались наступні сировинні компоненти: гіпсове в'язуче Кривського родовища (Молдова) марки Г-4, Г-5, гіпсове в'язуче ТОВ «Скала» Шишківського родовища (м. Борщів, Тернопільської обл.) марки Г-4; вода для замішування гіпсового в'язучого, природні цеоліти Сокирницького родовища.

За висновком лабораторії інституту Укргеолстром м. Київ, використані гіпсові камені даних родовищ мають відмінності по структурі та за вмістом домішок. Кривське родовище (Молдова) фракція 60-300 мм характеризується як макроскопічна порода майже білого кольору, з сірувато-бежевим відтінком, скритозерниста, сахароподібна, масивна, міцна. Порода складається з скритокристалічного агрегату тісно зрощених, переплетених променевих, пластинчастих, волокнистих зерен гіпсу розміром 0,01-0,05 мм

Шишківське родовище (Україна) фракція 60-300 мм, - макроскопічна порода неоднорідна за рахунок пересікаючихся в різних напрямках шарів медово-коричневого, світло-кремовею і майже білого кольору, шириною від 1 до 5 мм, крихка, на окремих ділянках за рахунок домішок кальциту реагує з HCl. Основну масу породи складають широкі пластинчасті зерна гіпсу розміром до 6 мм, рідше виділяються дрібнозернисті агрегати. В окремих зернах спостерігаються двійники з

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

характерною формою «хвоста ластівки».

При помелі гіпсового каменю Шишковецького родовища отримують крупну фракцію розмолотого порошку (розмір фракції 0,2 мм і більше складає 12-14%, іноді і вище).

При переробці гіпсового каменю Шишковецького і з 1-го, і з 2-го уступу не забезпечується кількість порошку для 3-х котлів безперервної дії двома встановленими млинами, так як для досягнення фракції гіпсового в'язучого з залишком на ситі 02 - 7-8% продуктивність млина зменшується.

З каменю Кривського родовища такого ж ступеню чистоти порошок значно меншої фракції (розмір 0,2 мм - 7-8%) цим забезпечується продуктивність 3-х котлів. Це пояснюється тим, що структура каменю цих 2-х родовищ різна.

Крім того, порошок каменю Шишковецького родовища значно легший за насипною масою (густиною) вагою за розмелений порошок:

Назва родовища гіпсового каменю	Насипна (об'ємна) вага сирого порошку, г/л
Кривське (Молдова)	1060
Шишковецьке (Україна)	975

Ймовірно, через те, що Шишковецький камінь має шарувату, пластинчасту структуру, помел має проводитись довше, щоб легкі крупні частинки подрібнювались до необхідної фракції. Забезпечити продуктивність 3-х котлів можливо за рахунок збільшення фракції 0,2 мм розмолотого порошку до 14-16% і більше.

В результаті для забезпечення завантаження 3-х котлів, фракція порошку розміром 0,2 мм утримуються на 14-16%; при роботі 4-х котлів - до 19%. Практичні дані показують, що при фракції 14-16% сирого порошку Шишковецького родовища в середньому водо потреба складає 0,74 (іноді 0,75-0,76), а Кривського родовища при фракції 7-8% - в середньому 0,71-0,72.

Вважаємо, що це відбувається через те, що камінь Шишковецького родовища більш м'який, легкий, шаруватий, крихкий і вода видаляється з нього з різким порушенням кристалічної ґратки, а отриманий напівгідрат має зерна з рихлою і шорсткою поверхнею, неправильної та голкоподібної форми, за рахунок чого і виникає необхідність в більшій кількості води для замішування.

Показники фактичної кристалічної вологості гіпсу з двох родовищ в порівнянні з теоретичною практично не відрізняються між собою при однаковому ступені чистоти гіпсового каменю.

Порівняльна характеристика гіпсового в'язучого (дегідратація проходила при однакових температурних режимах) з гіпсового каменю Кривського і Шишковецького родовищ показана в таблиці 4.

Таблиця 4

Порівняльна характеристика гіпсового в'язучого з Кривського і Шишковецького родовищ

Назва родовища гіпсового каменю	Ступінь чистоти гіпсового каменю, %	KW Теор. (%)	KW Факт. (%)	В/Г	Строки тужав. хв:сек		Залишок на ситі, %, з вічками, мм		Фазовий склад, %		
					початок	кінець	0,063	0,200	АП	НН	АПС
Кривське партія №1	91,7	5,60	5,68	0,71	6:21	17:59	32,6	8,5	7,17	75,02	0,33
Шишковецьке партія №1	91,3	5,57	5,69	0,73	7:13	19:40	50,4	12,5	6,13	75,25	0,16
Шишковецьке партія №2	90,5	5,52	5,68	0,74	7:30	19:50	55,7	15,4	5,56	74,20	0,12
Кривське партія №2	94,4	5,80	5,93	0,72	8:45	23:06	38,2	8,6	5,77	81,77	0,60
Шишковецьке партія №3	94,7	5,82	5,94	0,76	07:22	20:20	54,9	12,4	5,09	83,68	0,00
Шишковецьке партія №4	94,9	5,83	6,00	0,74	07:07	18:43	58,0	13,7	5,04	82,49	0,00

Результати аналізу показують, що при підвищенні фракції порошку з гіпсового каменю Шишковецького родовища змінюються і якісні показники гіпсового в'язучого:

- збільшується водопотреба (це свідчить про те, що дійсно кристали гіпсового каменю Шишковецького родовища відрізняються від Кривського);
- зменшується вміст розчинного ангідриту. Це підтверджує те, що при більш крупному розсіві порошку кальцинація проходить нерівномірно, вода неоднаково (не повністю) видаляється з крупних частинок.

Оптимальним вибором наповнювача з нашої точки зору є застосування цеоліту, тому що цеоліт:

- це доволі тверда гірська порода (твердість за шкалою Мооса складає 3,5-5,5), що дає можливість допускати підвищення міцності та твердості поверхні ГКП при її мінімальному дозуванні (до 10 %);
- це дрібнопористий матеріал, який в своєму складі має хімічно зв'язану воду і тому його зневоднення під дією високих температур буде пов'язано з певним часом та витратами енергії.

Цеоліт широко використовується в різних галузях промисловості як дрібнопористий сорбент. Необхідно врахувати, що поліпшення санітарно-гігієнічних показників внутрішнього середовища приміщення є актуальним у зв'язку з високим рівнем хімічного забруднення повітря. Джерелами цих забруднень є як зовнішні фактори - автомобільний транспорт, теплоенергетика і транспорт, так і внутрішні - хімічні випаровування фарби, лаку, меблевого клею, пластика, підлогових покриттів, тютюновий дим, органічні речовини і т.п.

Одним з аспектів даної проблеми є зменшення концентрації шкідливих речовин, що знаходяться всередині приміщень. В якості рішень в даний час застосовуються системи природної і примусової вентиляції з додатковими фільтруючими елементами або без них, а так само побутові системи очищення і зволоження повітря.

У зв'язку з цим актуальним є питання створення оздоблювальних матеріалів на базі активних мінералів з високою сорбційною і іонообмінною ємністю. Такими мінералами є різні сорбенти, широко застосовуються в нафтопереробній та газовій промисловості. При вивченні структури і властивостей різних сорбентів вибір був зупинений на іонообмінних сорбентах, а саме цеолітах, які широко застосовуються в процесах очищення нафтопродуктів, для сушіння і поділу газів і рідин, освітлення харчових та інших матеріалів і т.д. [7]. Прикладом оздоблювального матеріалу з такими властивостями є плита Кнауф «Клінео Акустик», що виготовляється з додаванням цеоліту. Завдяки перфорації, повітря має безпосередній контакт з сорбуючим мінералом, що дозволяє зменшити концентрацію шкідливих речовин.

Підвищення вогнестійкості гіпсокартонних плит досягається за рахунок введення в структуру гіпсового сердечника наповнювача, що впливає на формування структури гіпсового каменю та дозволяє збільшити час опору дії полум'я при використанні ГКП в якості конструкцій захисних оболонок. В якості модифікатора сердечника ГКП використовували мелений порошок природних цеолітів українських родовищ, який вводили в гіпсове в'язуче для поліпшення властивостей і надання спеціальних функцій плитам. Склад цеолітів на 80 відсотків складається з оксидів кремнію, твердість яких коливається в інтервалі 3,5-5,5 за шкалою Мооса. Цеоліт має добре ограновані кристали з розмірами часток від мікрона до кількох сантиметрів, його визначають як тривимірні кристалічні структури, що мають однорідні пори молекулярних розмірів. Через розгалужену систему каналів, які пронизують структуру цеоліту їх називають молекулярними ситами. Загальна хімічна формула цеолітів має вигляд $Me_2/nO \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$, де Me - катіон лужного металу, а n - його валентність.

Широке використання цеолітів в якості молекулярних сит обумовлено їх незвичайними властивостями: здатністю сорбувати водяну пару або різні речовини в газоподібному стані, катіони цеолітів легко обмінюються на інші позитивні іони. Мережа порожнин і вузькі дифузійні шляхи (пори) призводять до утворення глибоко розвиненої внутрішньої поверхні.

Питому поверхню цеолітів виражають відношенням загальної поверхні пористого або диспергованого в даному середовищі тіла до його об'єму або маси. Питома поверхня пропорційна дисперсності або, обернено пропорційна розміру частинок дисперсної фази. Від величини питомої поверхні залежать поглинальна властивість адсорбентів, ефективність твердих катализаторів, властивості фільтруючих матеріалів. Питома поверхня активного вугілля становить 500-1500, цеолітів до 1100, силікагелів - до 800, макропористих іонообмінних смол - не більше 70, а діатомітових носіїв для газорідної хроматографії - менше 10 м²/г.

У будівельній промисловості, у виробництві матеріалів з високими сорбційними показниками доцільно використовувати цеоліти, що забезпечують ефективне поглинання і зниження концентрацій найбільш поширених в побуті шкідливих речовин. До таких речовин відносяться формальдегід, окис азоту, бензол, фенол, нікотин, окис вуглеводню, аміак та інші. З багатьох факторів, що впливають на швидкість сорбції дрібнопористими сорбентами, найбільше значення має розмір молекул по відношенню до розміру вхідного отвору.

Цеоліт завдяки своїй унікальній структурі і високій сорбційній і іонообмінній ємності дозволяє адсорбувати з газових і рідких систем пари різних речовин. Ємність поглинання цеолітів в 30 разів вище, ніж у іонообмінних смол.

Найбільш цікавим мінералом для забезпечення сорбційних властивостей в складі композиційного гіпсового матеріалу є цеоліт типу NaX. Однак, оскільки виробництво зазначеного типу цеоліту супроводжується високими витратами, вважається доцільним використовувати в якості сорбенту найближчі його аналоги - природні цеоліти. Виходячи з аналізу будови і властивостей цеолітів різного виду встановлено, що їх застосування доцільно з урахуванням виду адсорбованих ними речовин. Таким чином, були досліджені властивості синтетичних та природних цеолітів (Таблиця 5) та в подальших дослідженнях був використаний цеоліт Сокирянського родовища.

Таблиця 5

Характеристики синтетичних і природних цеолітів

Найменування цеоліту	Розмір пор, Å	Насипна густина, г/м ³	Твердість за шкалою Мооса, бал	Фракційний склад, мм	Вміст клиноптилоліту, %
NaX	9	0,74	4-5	0,14-0,63	-
Холинський	3-5	1,24		0,63-1,25	60
Сокирянський	4	1,1		1,25-2,5	70

Хімічний склад цеоліту, використаного в експериментах, представлений в таблиці 6.

Таблиця 6

Середній хімічний склад цеолітів Сокирянського родовища

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅
66,89...68,89	12,3...12,79	0,88...0,91	2,06...2,11	0,64...1,39	0,08...0,14	0,044...0,133

Завданням досліджень було визначення оптимального складу компонентів гіпсового сердечника і вивчення впливу добавки цеоліту на його фізико-механічні властивості. Враховувалося, що введення додаткової кількості води з цеолітом, що має високу внутрішню пористість, до складу сердечника гіпсокартонної плити дозволяє уповільнити реакцію дегідратації в'язучого при впливі високих температур. Були визначені фактори, що дозволяють отримати якісне гіпсове в'язуче сердечника з підвищеною вогнестійкістю. Для цього використовували математичне планування

експерименту, за допомогою якого вивчався вплив ефірів крохмалю в якості водоутримуючої добавки на процеси легкоукладальності суміші, цеоліту, який виступав в ролі водомісткої добавки, що віддає воду в гіпсовий розчин в процесі твердіння і при нагріванні, і водотвердого відношення (В/Т) на фізико-технічні характеристики гіпсового каменю (Таблиця 7).

Таблиця 7

Матриця планування експерименту та фізико-технічні властивості гіпсового каменю

№ п/п	Фактори		В/Т, %	Розплив за Сутгардом, мм	$R_{\text{стиск (сер.)}^2}$ МПа	$R_{\text{зг (сер.)}^2}$ МПа	W, %
	Крохмаль, %	Цеоліт, %					
1	-	-	-	190	52,0	9,3	41,4
2	+	-	-	118	43,0	6,3	35,5
3	-	+	-	210	46,7	6,0	42,5
4	+	+	-	130	39,0	6,3	37,0
5	-	-	+	175	55,0	9,0	38,8
6	+	-	+	110	51,7	6,7	37,7
7	-	+	+	180	44,7	7,7	37,5
8	+	+	+	127	40,3	6,3	37,5
9	-	0	0	180	58,0	9,0	38,8
10	+	0	0	120	51,0	7,0	35,5
11	0	-	0	123	64,5	8,0	35,0
12	0	+	0	200	49,0	7,5	35,8
13	0	0	-	172	67,0	8,0	35,5
14	0	0	+	170	59,0	8,0	38,0
15	0	0	0	171	60,5	8,0	38,5

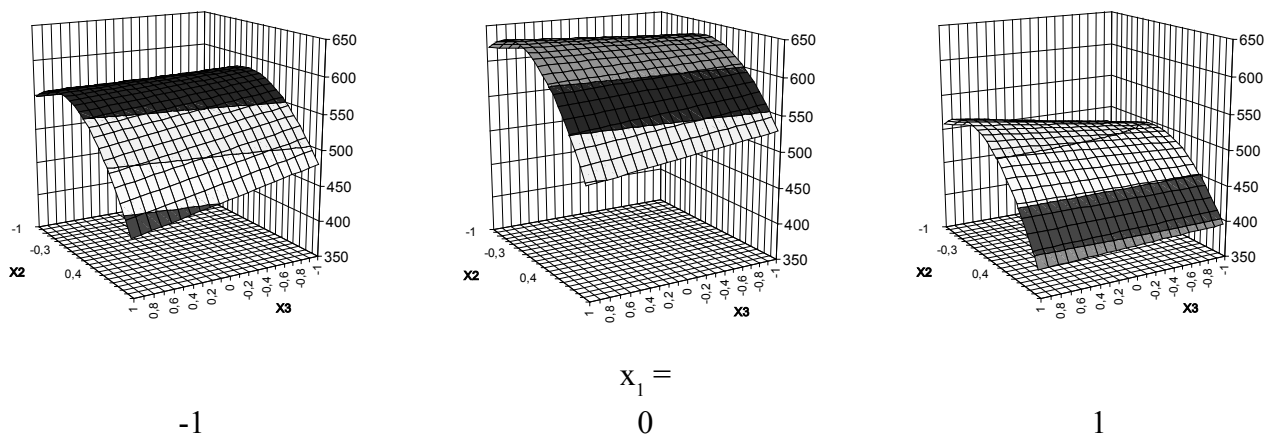


Рисунок 4. Поверхні міцності на стиск

При вивченні поверхні міцності на стиск видно, що значення міцності змінюється лише при зміні вмісту цеоліту. Так точка максимуму відповідає вмісту цеоліту 10 % (рівень $x_1=0$). Збільшення вмісту води призводить до значного зниження міцності. Крохмаль не впливає на міцнісні характеристики, несуттєво підвищуючи їх в зоні максимумів і знижуючи в зоні мінімумів.

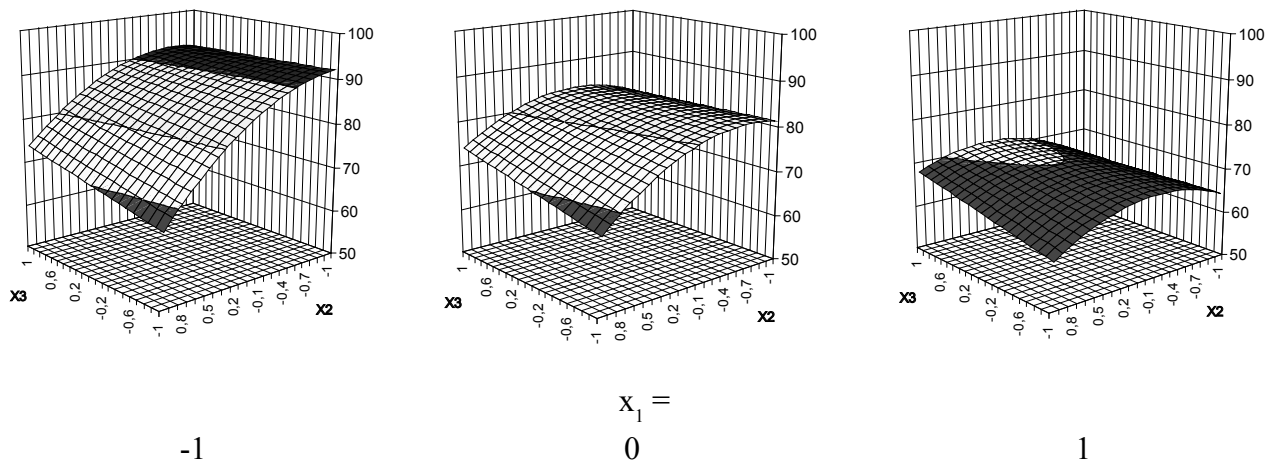


Рисунок 5. Поверхні міцності на вигин

Аналіз поверхні міцності на вигин показує, що збільшення вмісту цеоліту разом з водою знижує даний показник. Введення ефірів крохмалю в точках мінімуму збільшує міцність. Для забезпечення міцнісних характеристик на вигин необхідно ретельно визначитися з вмістом цеоліту без суттєвого збільшення кількості води.

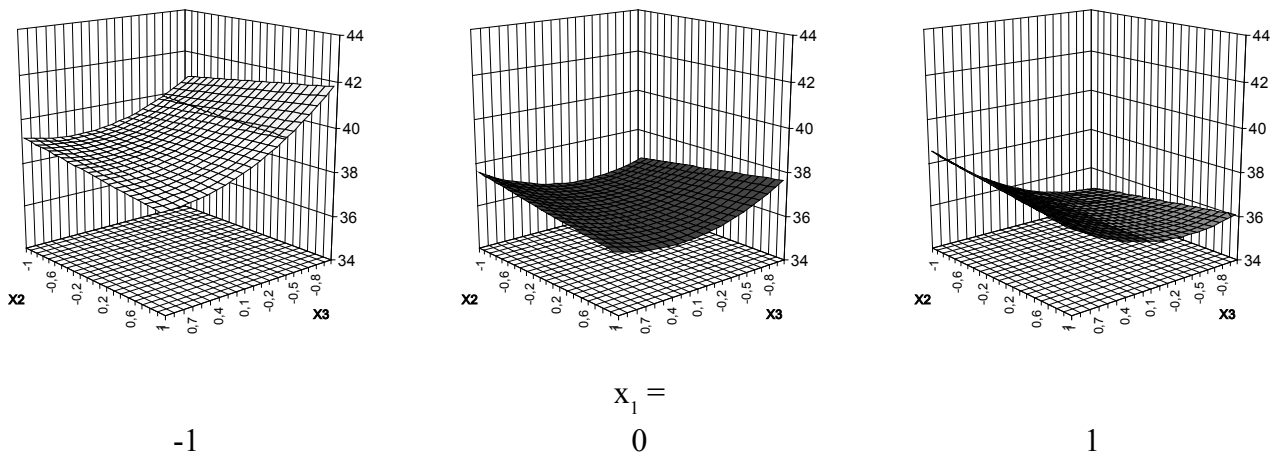


Рисунок 6. Поверхні водопоглинання

Аналіз результатів дослідження показує, що введення цеоліту суттєво підвищує міцнісні показники без істотного збільшення вологості зразків. Збільшення В/Т змінює на цей показник незначно. Вплив крохмалю найбільш виражено у складах без цеоліту і призводить до зниження вологості, а при введенні цеоліту - до збільшення.

В результаті аналізу отриманих моделей було встановлено, що введення цеоліту в гіпсову суміш в обсязі 10-15% на 12-20% збільшує водовміст зразків, що в подальшому призводить до збільшення їх вогнестійкості.

Проведені дослідження показали, що за рахунок введення цеоліту в гіпсову суміш в обсязі 10-15%, на 12-20% збільшується вогнестійкість зразка.

В ході досліджень був визначений оптимальний віст добавки та зафіксовані фізико-механічні властивості гіпсового в'язучого з цеолітом. Отримані результати заплановано використати в подальшій роботі над розробкою композиційної дисперсної системи для виробництва гіпсокартонних плит підвищеної пожежостійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. EN 520:2004 «Гіпсові плити – поняття, вимоги і методи досліджень»
2. Плити гіпсокартонні «Кнауф». Технічні умови. ТУ У В.2.7. – 26.6 – 00290966 – 003: 2010.
3. Технологія та товарознавство систем сухого будівництва: [підруч. для студ. вищ. навч. закл.] / Захарченко П.В., Ленга Г., Гавриш О.М., Півень Н.М. КНУБА. – Вид. 28ге, виправл. і доповн. – К.: «СПД Павленко», 2011. – 512 с.
4. www.knauf.ru
5. Гавриш О.М., Мороз О.І. Надміцна гіпсова плита Кнауф «Діамант»: досвід застосування // Строительные материалы и изделия. - 2011. - № 6. – С. 28- 30
6. Рекомендації з проектування та улаштування гіпсокартонними плитами «Кнауф» перегородок, до яких пред'являються вимоги пожежної безпеки, та вогнезахисту будівельних конструкцій. К.: «СПД Павленко», 2011. – 44 с.
7. Орлов А. В. Повышение эффективности поризованных гипсовых материалов за счет введения цеолитов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 05.23.05. Московский государственный строительный университет. - Москва - 2011 г.