

**ВПЛИВ МЕХАНІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ МІНЕРАЛЬНИХ СКЛАДОВИХ
НА ВЛАСТИВОСТІ ПОЛЕГШЕНИХ СКЛАДІВ ЦЕМЕНТНИХ СУХИХ СУМІШЕЙ
ДЛЯ ПІДЛОГ****А.В. Бондар**, асистент,

alichka.vin@i.ua, ORCID: 0000-0002-8098-1181

В.П. Ковальський, к.т.н., доцент,

kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3103-6319

В.П. Очеретний, к.т.н., доцент,

ORCID: 0000-0001-5420-8550

Д.В. Мороз, студент*Вінницький національний технічний університет***І.М. Вознюк**, викладач*Державний професійно-технічний навчальний заклад**«Хмельницький аграрний центр професійно-технічної освіти»*

Анотація. В роботі досліджено вплив механічної активації мінеральних складових на властивості полегшених складів цементних сухих будівельних сумішей (СБС). Встановлено, що механічний домел карбонатних заповнювачів до необхідної гранулометрії дозволяє отримати активний наповнювач для полегшених СБС. Виявлено, що при веденні золинесення теплоелектростанцій на стадії механічної активації даного заповнювача та подальшому спільному помелі із цементом підвищується міцність затверділих розчинів пористої структури. Введення у суху суміш на стадії механічної активації високопластичних глин та кварцового піску разом із поверхнево-активними та піноутворюючими добавками дозволяє покращити реологію та пластичну міцність приготованого поризованого розчину.

Результатом теоретико-експериментальних досліджень є отримання складів полегшених мінеральних СБС на основі портландцементу та звичайних щільних заповнювачів (кварцовий пісок, вапняк, глини, зола-винесення) із високою реологічною активністю, міцністю до 15 МПа, покращеними тепло- та звукоізоляційними характеристиками. Це визначає можливість застосування даних сумішей для влаштування елементів підлог цивільних будівель.

Ключові слова: суха будівельна суміш, розчинова суміш, середня щільність, міцність, змішування, подрібнення, спільний помел, суміш для підлог, мінеральні добавки, поризуючі добавки, пориста структура, полімерні добавки.

Введення. Технологія виготовлення і застосування сухих будівельних сумішей (СБС) вимагає високої тонкості помелу компонентів. Високі вимоги до економії матеріальних ресурсів і потреби у широкій номенклатурі цементних розчинів вимагають дослідження методів, що дозволять отримати сухі суміші із заданим комплексом високих експлуатаційних характеристик із одночасним зниженням витрат цементного в'язучого та дорогих хімічних функціональних добавок. Частка мінеральної складової (в'язуче, заповнювач, наповнювач) у рецептурі СБС зазвичай становить 95%. Тому механічна активація – один із ефективних способів модифікації та оптимізації властивостей багатокомпонентних сухих будівельних сумішей, особливо для отримання розчинів пористої структури. Крім того, при виробництві СБС більшість мінеральних заповнювачів потребують додаткового подрібнення до певної гранулометрії. Мінеральні порошки після механічної активації здатні активно змінювати гранулометрію, розвивати поверхню зерен, здобувати певну активність, електричний заряд поверхні, змінювати форму частинок та силу щеплення між ними, абразивність тощо. Це

може позитивно сприяти укріпленню структури поризованих розчинів на стадії замішування, тверднення і набору міцності, коли піна починає руйнуватись і втрачати свою стійкість. Не менш важливу роль має додаткова активація цементного в'язучого з метою прискорення строків тужавлення розчину.

Аналіз останніх досліджень та публікацій та постановка проблеми. Проведені авторами дослідження свідчать про актуальність та можливість виготовлення ефективних полегшених сухих сумішей для підлог на основі місцевої мінеральної сировини та відходів промисловості [1-9]. Введення добавок поризаторів, піноутворювачів та поверхнево-активних речовин (ПАР) дозволяє отримати склади СБС на основі щільних заповнювачів із зниженою щільністю, але із значно вищими показниками міцності, ніж аналогічні СБС на пористих заповнювачах, які представлені сьогодні на ринку [2, 5, 7-9]. Однак, нестабільні показники міцності та високі усадочні явища, які типові для технології неавтоклавних ніздрюватих матеріалів, вимагали дослідження впливу мінеральних добавок на властивості СБС [4, 7, 10-12, 13] та введення додаткових полімерних добавок у склад суміші [13, 14]. При влаштуванні елементів підлог цивільних будівель більшість забудовників сьогодні надає перевагу знайомим матеріалам із високою міцністю до 15-20 МПа [15] або легким пінополімерним сумішам. Таким чином втрачають або необхідні показники по тепло- та звукоізоляції, або отримують прошарок підлог і перекриттів низької міцності та з високими показниками розтріскування чи усадки, що знижує довговічність усєї конструкції чи вимагає додаткових затрат на перевлаштування конструкції підлоги. Одночасно СБС для влаштування підлог мають мати високі реологотехнологічні показники якості, а технологія їх виробництва має бути не енергозатратною. Проблемою розроблених складів сухих сумішей була недостатня міцність, особливо при зниженні середньої щільності, навіть при введенні усіх необхідних добавок [2-4, 7, 9, 14]. Роботи [16-26] показують позитивний вплив механічної активації на властивості не лише цементного в'язучого, але і інертних компонентів суміші, як при роздільному, так і спільному їх помелі. Попередні дослідження показали, що механічна активація, наприклад, карбонатних порід та золи-винесення теплоелектростанцій, як складових поризованих СБС, дозволяє підвищити міцність [7] поризованого розчину, отриманого із даної суміші. Дослідження [26], які стосувались дрібнозернистих карбонатних бетонів щільної та ніздрюватої структури, підтвердили, що механічна активація відсіву дроблення карбонатних порід дозволяє отримати ефективний тонкодисперсний карбонатний наповнювач. Даний наповнювач у поєднанні з суперпластифікатором дозволяє робити значну економію цементного в'язучого (до 50%) за рахунок ущільнення цементного каменю і зміцненню контактної зони між цементним каменем і заповнювачем, а також акумулює частину води затворення, збільшуючи ступінь гідратації цементу, володіє кращим розподілом в об'ємі суміші [26]. Наслідком є ефект мікроармування структури дрібнозернистих бетонів та покращення тріщиностійкості. Сухі будівельні суміші – багатокомпонентні системи, виготовлені в заводських умовах, які змішуються з водою лише на кінцевому етапі виготовлення з них спеціалізованих розчинів для певних видів будівельно-ремонтних робіт, тобто безпосередньо в умовах будівельного майданчику. Тому актуально дослідити вплив механічної активації мінеральних складових на властивості розроблених полегшених складів цементних СБС для підлог та доцільність її проведення в умовах сухого виробництва даних сумішей на технологічній заводській лінії.

Метою та завданнями досліджень було:

- встановити порядок механічної активації компонентів СБС сухим способом;
- встановити реологічні властивості розчинів на основі активованих СБС;
- встановити властивості затверділих розчинів на основі активованих СБС;
- дослідити вплив часу активації додатковим змішуванням компонентів на основні властивості цементних СБС для влаштування прошарків підлог цивільних будівель.

Матеріали та методика дослідження. Для проведення теоретико-експериментальних досліджень по розробці складів поризованих сухих будівельних сумішей та їх подальшій оптимізації застосовувались місцеві сировинні матеріали, а саме:

– в якості в'язучого використовували портландцемент (ПЦ) І-500 Кам'янець-Подільського цементного заводу;

– в якості основного заповнювача використовували відходи каменерізання карбонатних гірських порід Джуринського та Сапіжанського-ІІ родовищ Вінницької області, з яких шляхом подрібнення, розсіву на ситах 2,5 мм, 1,25 мм, 0,63 мм, 0,315 мм, 0,14 мм отримували ефективний карбонатний заповнювач для СБС;

– як наповнювач у дослідженнях використовувати золу-винос (ЗВ) Ладижинської ТЕС, яка являє собою дрібнодисперсний матеріал, що складається з часток розмірами від декількох мікронів до 0,14 мм;

– в роботі використовувались, як мінеральні добавки, кварцовий пісок (Жеребелівське Тиврівське, Вендичанське, Ладижинське родовище) з розміром часток до 1,2 мм і глини (Вендичанське родовище, суглинки – Південно-Вінницьке, Северинівське, Гайсинське, Погребищенське) з розміром часток до 0,315 та 0,63 мм місцевих родовищ Вінницької області;

– добавки: у якості піноутворювача використовували смолу деревну омилену (СДО, SDO-LP), розчин «СОФІР-ПБ» (СПБ), робочий концентрат сухого піноутворювача «LORI» аніонного характеру;

– добавки-стабілізатори властивостей піноутворювача: полівінілацетатна добавка (ПВА) та рідке скло, тонкодисперсні порошки вапняку, глини, піску, крейди, золи-винесення;

– добавки-модифікатори: неіонні водорозчинні ефіри целюлози марки BERMOCOLL, ретиспергуючі полімерні порошки марки ELOTEX;

– армуючі волокна: поліпропіленова фібра довжиною 4-6 мм;

– воду для замішування розчинів (якість згідно діючих нормативів).

Для отримання СБС проводилось ряд технологічних операцій по підготовці сировинних матеріалів:

– висушування до вологості 0,5-2%;

– подрібнення карбонатних відходів до фракції 5-10 мм;

– піноутворювачі та інші добавки, які поставляються у рідкому стані, наносились на подрібнені відходи дроблення вапняку та спільно висушувались і подрібнювались повторно до тонкодисперсного стану;

– подрібнення мінеральних компонентів суміші до необхідного розміру часток лабораторним млином стираючої дії (бігуні);

– розсів мінеральних заповнювачів та наповнювачів по фракціям за допомогою наборів стандартних сит;

– механічна активація в'язучого та карбонатного заповнювача сухим методом;

– спільний помел компонентів суміші;

– спільний помел компонентів суміші із в'язучим;

– спільний помел компонентів суміші із в'язучим і добавками;

– ретельне змішування всіх сухих компонентів суміші;

– додавання (за необхідності) поліпропіленових волокон та ретельне повторне перемішування;

– змішування сухої суміші з водою для отримання розчинової суміші та затверділих розчинів для подальших досліджень.

Випробування сухих сумішей та розчинів на їх основі проводились згідно методів та рекомендацій приведених у нормативних вимогах ДСТУ Б В.2.7-126:2011 [15], як для сумішей для внутрішнього застосування.

Із отриманих складів полегшених цементних сухих сумішей за допомогою лабораторного змішувача, зі змінною швидкістю обертання насадки змішувача в межах від 0 до 3150 об/хв, виготовлялись поризовані розчинові суміші з яких формувались стандартні зразки-балочки розміром 40×40×160 мм, зразки-кубики розміром 100×100×100 мм, дослідні зразки-плити розміром 300×300 мм, товщиною 10, 15, 25, 30, 35, 40, 50 мм та прошарок монолітної підлоги. Фізико-механічні властивості визначалися на виготовлених зразках у

віці 3-х, 7-ми, 14-ти та 28-ми діб. Оскільки застосування і тверднення сухих сумішей повинно відбуватися переважно в повітряно-сухих умовах, зразки матеріалу набирали міцність в лабораторних умовах при $t = 20 \pm 5^\circ\text{C}$ і відносній вологості повітря не більше 65-75%. До затвердіння розчинової суміші визначались її реологічні властивості.

Оскільки основне питання підвищення міцності затверділих розчинів пористої структури можна частково вирішити методом механічної активації в'язучого та мінеральних компонентів СБС, то наступні експериментальні дослідження виконувались у цьому напрямку, а саме [20, 23, 26]:

- визначався вплив ретельного сухого перемішуванням добавок і/або суміші добавок з цементом на властивості суміші;

- відслідковувався ефект від спільного сухого помелу добавок і/або суміші добавок з цементом (як мінеральних, так і полімерних);

- встановлювалась дія ретельного перемішування і/або спільного помелу цементу сухим способом з попередньо приготованим преміксом (премікс – продукт ретельного перемішування або, краще, помелу та активації частини рецептурного цементу з комплексною добавкою);

- виконувалось застосування сухої механоактивації преміксу, що полягає у комплексному введенні добавок у премікс для спрямованого регулювання властивостей кінцевого продукту, тобто сухої суміші.

Окремо проводилась механічна активація, висушеного до вологості 0,2%, карбонатного заповнювача з метою ціленаправленого підвищення деякої хімічної активності, яка властива даним заповнювачам при їх високій дисперсності [10, 26].

Результати досліджень (теоретична частина). Механічна активація методом сухого помелу відходів подрібнення і обробки карбонатних порід (вапняків) дозволяє отримати тонкодисперсний вапняковий наповнювач до сухих сумішей та ефективний заповнювач крупністю до 2,5 мм [4, 6-8, 10, 23, 26]. Спільне додаткове домелювання усіх мінеральних складових із частиною в'язучого дозволяє замінити частку цементу у складі СБС та отримати приріст по міцності за рахунок утворення активованого вапняку, який здатен проявляти деяку хімічну активність [10, 20, 23, 25, 26]. Спільна механічна активація сухим способом мінеральної суміші СБС з функціональними хімічно активними органічними добавками сприяє отриманню ефективних добавок-модифікаторів для сухих будівельних сумішей [16, 20, 21, 23]. Наявність активного вапнякового заповнювача та наповнювача у складі СБС дозволяє знизити середню щільність розчинів при збільшенні міцності у порівнянні із іншими мінеральними заповнювачами та дозволяє застосовувати у якості тиксотропної та пластифікуючої добавки високопластичні глини [4, 10].

Використання глин результативне за рахунок проходження, при подальшому змішуванні сухої суміші з водою, процесу адсорбції на поверхні глинистих часток аніонних та неогнених органічних добавок, що сприяє гідрофілізації поверхні глини і підвищенню її ефективної питомої поверхні [11, 12, 14, 22]. Це дозволяє покращити реологію приготованих із СБС розчинів, стабілізувати пінно-дисперсну систему, а в умовах повітряно-сухого твердіння поризованих розчинів зменшити усадочні явища та отримати приріст міцності на стиск. Використання глини у технології отримання поризованих СБС, як мінеральної водоутримуючої та пластифікуючої добавки, можливе за рахунок зміни заряду сухої глини із позитивного на негативний у водному розчині. Стабільність дисперсних порошоків, якими є СБС, зазвичай залежить від їх заряду, що набувається після змішування з водою в результаті адсорбції іонів і піддається законам загальної колоїдної хімії: частинки, що мають однойменні заряди, відштовхуються, запобігаючи злипанню. Таким чином, застосування пластифікуючих добавок призводить до формування більш дисперсних структур з гідратних фаз [23]. Наявність активного вапнякового тонкодисперсного наповнювача дозволяє застосовувати у якості мінеральної добавки до поризованих СБС як просто висушені глини певної крупності, так і випалені при більш

низьких температурах (до 250°C разом із нанесеними поризуючими добавками, до 450-500°C чисті глини).

Механічна активація золошлакових відходів теплоенергетики у млинах дозволяє змінити їх внутрішню структуру, створити нові контактні поверхні (розвинута питома поверхня), стабілізувати гранулометричний склад, активізувати інертні частки після тривалого зберігання у відвалах, поліпшити властивості даного матеріалу, що дозволить у подальшому при застосуванні їх для виготовлення будівельних матеріалів замінити частину цементних в'язучих, підвищити стійкість розчинів [24]. Однак, зола-винесення ТЕС складно піддається процесу подрібнення за рахунок сплавлення природних мінералів під час спалювання і потребує оптимального часу подрібнення у середньому 15-20 хв у залежності від свого хімічного складу, а підвищення показників якості золи-винесення можна досягти додаванням певних поверхнево-активних речовин при сухому помелі [24].

Встановлено, що процес механічної активації кварцового піску дозволяє отримати нові активні центри поверхні, змінити реакційну здатність внаслідок зміни суми поверхневої і внутрішньої енергії з концентрацією «надлишкової» енергії в сформованому поверхневому шарі за рахунок дефектів структури, поліпшити якість поверхні зерен піску, внаслідок видалення забруднень, що дозволяє підвищити хімічну активність піску при нормальних умовах, значно підвищити структуроутворюючу роль піску і наповнювачів [19, 20].

Спеціальних цементів для отримання пінобетонів не має, а для отримання поризованих СБС зниженої щільності необхідно застосовувати цементи марок 550 та 600, які мають високу вартість та випускаються в обмежених кількостях. Тому механічна та механохімічна активація (з добавками) рядових цементів також є актуальною. Найбільш ефективна механоактивація цементу із одночасною його модифікацією за рахунок введення функціональних добавок, які змінюють властивість цементного композиту [16, 17, 20].

Результати досліджень (експериментальна частина). Розроблені сухі суміші та їх компоненти активізувались сухим методом шляхом спільного помелу та подальшого змішування усіх складових до етапу їх фасування у тару на технологічній заводській лінії. Для визначення оптимальних параметрів активації були досліджені такі режими (табл. 1):

- режим 0 – без механоактивації. Недолік – низька міцність СБС, усадка, розтріскування, недостатня розтічність для сумішей для підлог, високе водотвердне (В/Т) відношення, більший час приготування розчинової суміші;

- режим 1 – роздільна механічна активація мінеральних складових суміші (роздільний помел золи-винесення, відсіву дроблення карбонатних порід, піску до отримання необхідної гранулометрії, дисперсності та питомої поверхні). Недолік – довготривалий процес (більше 90 хв) з додатковими енергетичними затратами, необхідність додаткового обладнання, незначний ріст міцності та розтічності, більший час приготування розчинової суміші. Переваги отримання хімічно-активних заповнювача та наповнювача із відходів карбонатних порід та наповнювача із золи-винесення ТЕС, мінеральних добавок із високопластичних глин, активація кварцового піску;

- режим 2 – роздільна механоактивація мінеральних складових суміші + активація цементу. Недолік – довготривалий процес (до 90 хв) з додатковими енергетичними затратами, необхідність додаткового обладнання. Переваги – аналогічно режиму 1 + приріст міцності;

- режим 3 – механічна активація спільним помелом мінеральних складових суміші з цементом. Переваги – скорочення часу активації (до 60 хв), отримання ефекту механоактивації. Нелюдики – недостатня розтічність для сумішей для підлог;

- режим 4 – активація спільним помелом (I етап) та змішуванням (II етап) мінеральних складових суміші + органічних та полімерних добавок. Технологічна схема даного режиму активації СБС приведена на рис. 1, а властивості СБС, які активуються, наведені у таблицях 1-2. Для зменшення енергозатрат на механічну активацію компонентів СБС та досягнення ефекту механохімічної активації, технологічний процес активації автори починали з помелу протягом 10-15 хв золи-винесення ТЕЦ, яка має негативний або інертний початковий заряд часток та вищу міцність, з поступовим додаванням карбонатних порід, частки яких мають

позитивний заряд та деяку початкову хімічну активність, та спільним їх помелом упродовж ще 10-15 хв.

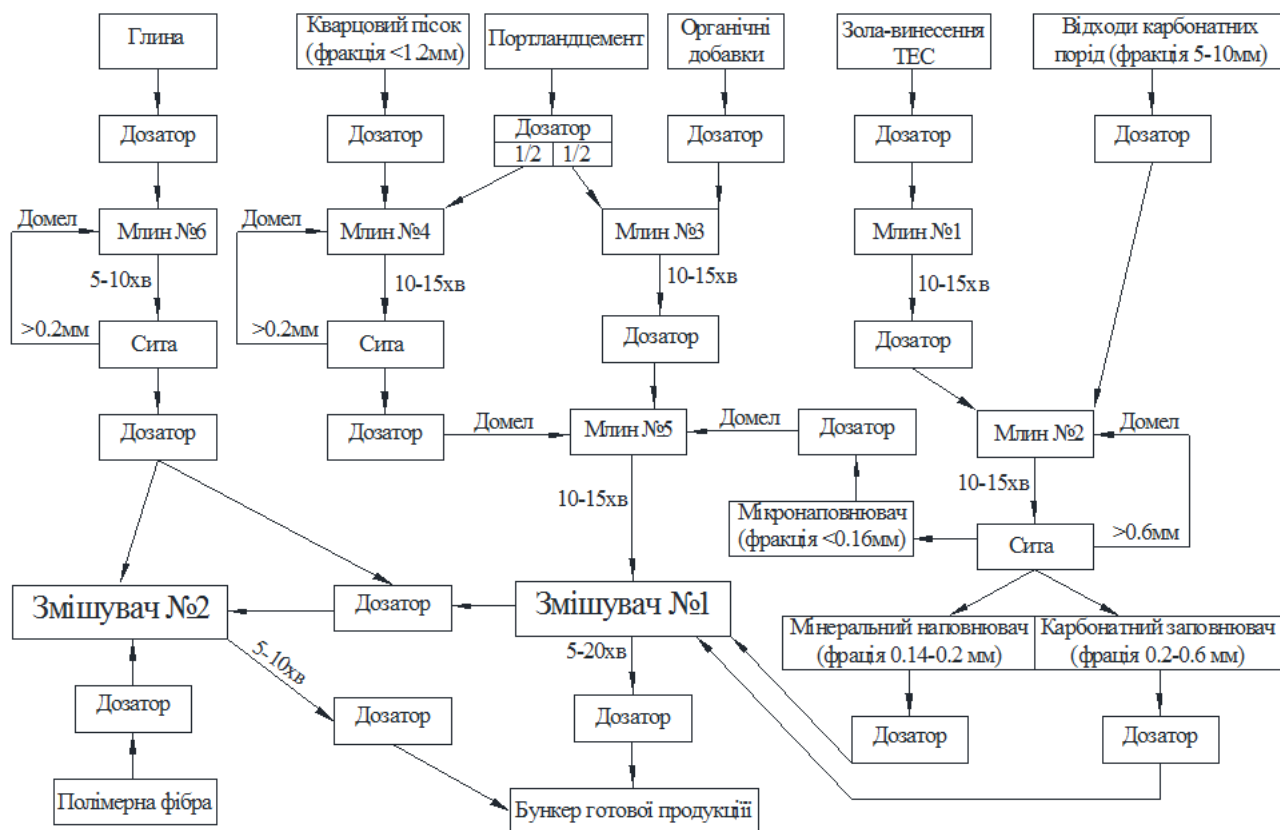


Рис. 1. Технологічна схема проведення механічної активації СБС за режимом 4

Перед подальшою операцією активації відбувалось просіювання отриманої суміші для відбору мінерального наповнювача та розсіву карбонатного заповнювача на фракції різної гранулометрії. Також, окремо відбувався помел 1/2 необхідної маси цементу із мінеральними наповнювачем (суміш золи-винесення та карбонатних порід) та органічними добавками (піноутворювач, полівінілацетатна добавка, рідке скло, ефіри целюлози, редиспергуючі полімерні порошки) протягом 10-15 хв [16, 17, 18]. Паралельно для підвищення хімічної активності відбувався спільний помел тривалістю 10-15 хв. іншої 1/2 частини цементного в'язучого (має негативний заряд часток) із інертним кварцовим піском (у сухому стані рівна доля часток із позитивним та негативним зарядом) [16, 18, 20]. Далі здійснювався спільний домел усіх компонентів СБС упродовж ще 10-15 хв. Одночасно, окремо для усунення комкування, виконувалась механічна активація (тривалість 5-10 хв) сухої глини, яка має позитивний заряд часток. Час механічної активації залежить від міцності, твердості, крупності та необхідної гранулометрії та питомої поверхні мінеральної складової суміші. Наступним II етапом є спільне активне змішування глини та попередньо приготовленим преміксом (тривалість до 5-20 хв) до однорідності. Кінцевим етапом виготовлення СБС є додавання (за необхідності) поліпропіленових волокон та ретельне повторне перемішування усієї суміші.

З рис. 1 видно, що, завдяки високій хімічній активності відсіву дроблення карбонатних порід (вапняків-черепашників) після механічної активації їх можна застосовувати у якості заповнювача (крупність зерен КЗ 0,2-0,6 мм), наповнювача (крупність зерен КН 0,14-0,6 мм) та мікронаповнювача (крупність зерен КМ менше 0,16 мм). Спільний механічний помел карбонатних порід із мінеральним мікронаповнювачем (включає золу-винесення та кварцовий пісок) дозволяє замінити до 50% витрат цементу без втрати міцності. Також, завдяки деякій хімічній активності кварцового піску та його позитивний вплив на активацію цементу, його можна використовувати у якості заповнювача разом із карбонатним заповнювачем. Проте,

необхідно обмежувати вміст у СБС кварцового піску і глини, оскільки після змішування з водою дані мінеральні заповнювачі, як і аніони піноутворювачі, змінюють заряд своїх часток на негативний, у той час як вапняк залишається із позитивним зарядом. Тому ефективно їх застосовувати, як частину мінеральної добавки до поризованих СБС, яка отримується шляхом механохімічної активації. Також, активація спільним помелом мінеральних складових суміші разом із органічними та полімерними добавками є I етапом механоактивації СБС та дозволяє отримати суміш із розвинутою питомою поверхнею, що дозволяє знизити витрати цементу (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Основні властивості СБС, які активуються*

Вид режиму активації	• режим 0	• режим 1	• режим 2	• режим 3	• режим 4
Загальний час активації СБС, хв	–	більше 90	75-90	40-60	40-85
Тип активації	–	роздільна	частково сумісна	частково сумісна	сумісна
Питома поверхня (см ² /г) мінеральних компонентів: - портландцемент; - зола-винесення; - відходи карбонатних порід; - кварцовий пісок	2850-3200 2000-3000 85,1 89,1	2850-3200 2771-3180 604 815	3260-3601 3180-3260 1275 1282	S _{пит.} = 3834-3951 см ² /г для активованої суміші	S _{пит.} = 4138- 4705 см ² /г для активованої суміші
Витрата в'язучого*, %	50-55	45-50	35-45	25-40	20-37

*склади суміші не приведені у зв'язку з розробкою патенту.

Повторне активне ретельне змішування сухої суміші, отриманої сумісним помелом її компонентів, із іншими складовими та добавками є II етапом сухої механоактивації суміші. Оптимальний час впливу від проведення даної технологічної операції на активацію суміші був виявлений після визначення міцності затверділих розчинів пористої структури, виготовлених на основі розроблених активованих СБС (див. табл. 2 та рис. 2-3).

Таблиця 2 – Властивості СБС у залежності від часу проведення II етапу їх механоактивації

Час додаткового змішування СБС	Границя міцності на стиск, МПа, у віці			Середня щільність, кг/м ³ , у віці 28 діб
	3 доби	14 діб	28 діб	
5 хв	2,17	3,83	5,34	1000
10 хв	4,14	9,45	12,08	850
15 хв	5,05	11,80	15,10	770
20 хв	5,73	12,75	16,30	810
25 хв	4,60	8,29	12,23	836
30 хв	3,68	5,40	9,20	947

З табл. 2 та рис. 2-3 видно, найоптимальніші властивості міцності та середньої щільності будуть при додатковому змішуванні суміші протягом 15-20 хв. Збільшення часу змішування від 5 до 20 хв веде до росту показників якості суміші, а від 20 до 30 хв – до падіння міцності і підвищення середньої щільності. Таким чином встановлено остаточний порядок механічної активації компонентів СБС сухим способом.

Дані, приведені на рис. 2-3 свідчать про те, що додаткова технологічна операція змішування усіх складових СБС, після їх спільного помелу, призводить також до певної механічної активації компонентів суміші. Проте збільшення питомої поверхні компонентів суміші та подальше руйнування їх структури призводить до протилежного ефекту – вивільнена надлишкова енергія та сильна електростатична взаємодія між частинками веде до більш щільного упакування суміші з сильним тяжінням часток одна до одної.

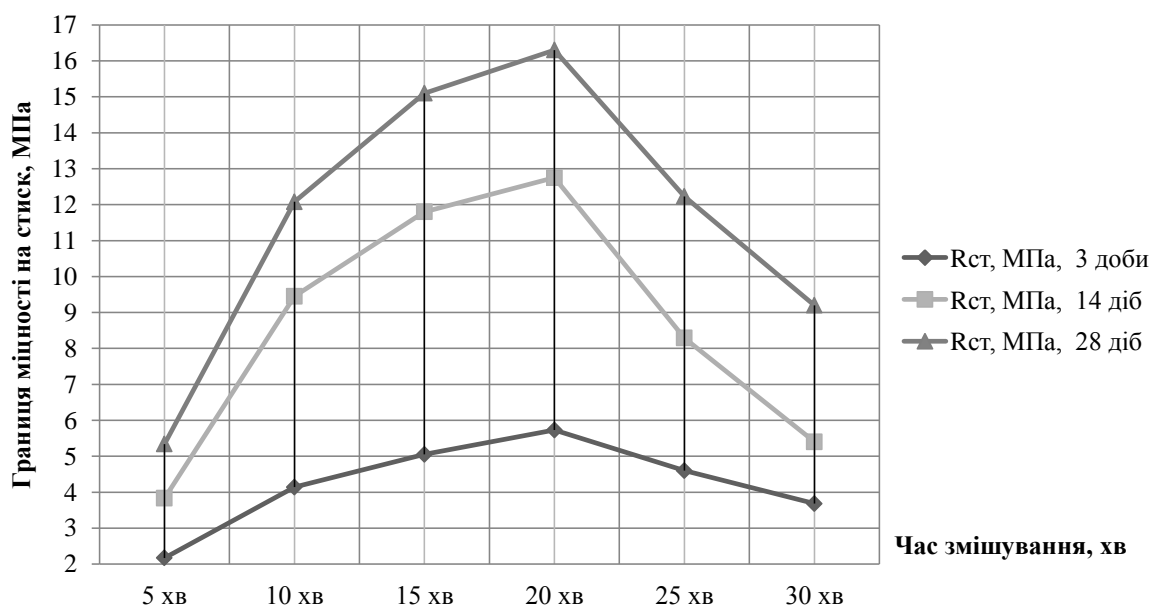


Рис. 2. Залежність міцності розчину від часу додаткового змішування складових СБС при їх механоактивації

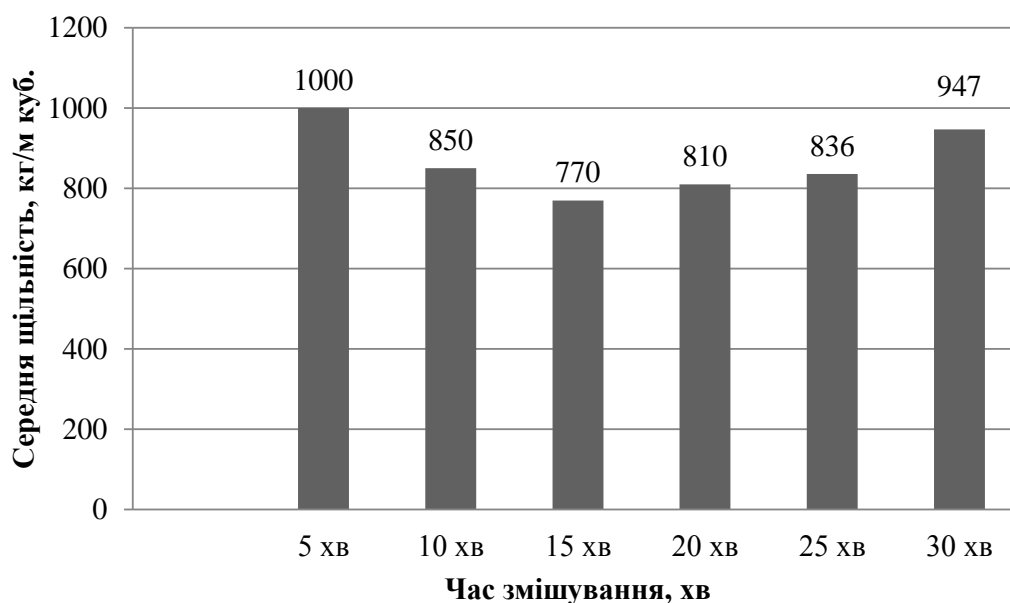


Рис. 3. Залежність середньої щільності затверділого розчину від часу додаткового змішування складових СБС при їх механоактивації

Така взаємодія ефективна у технології щільних розчинів, а для ніздрюватих – перешкоджає утворенню розвинутої дрібнопористої рівномірної структури. Також можливе налипання часток мінеральних компонентів, які мають протилежний заряд, і які не змінюють заряд у водних розчинах через важкість розриву уже утворених зв’язків. Як наслідок, може відбувати подальший процес налипання часток глини і карбонатного наповнювача на інші компоненти суміші. Також втрачається хімічна активність кварцового піску. Це перешкоджає утворенню міцних стінок повітряних бульбашок та протіканню реакцій гідратації цементу, підвищує водопотребу суміші. Для подолання даного явища необхідно затратити додаткову енергію під час наступного етапу – замішування сухої суміші з водою.

При додаванні до отриманої сухої суміші води та змішуванні за допомогою високошвидкісного міксера чи розчинозмішувача отримувалась поризована розчинова суміш для формування дослідних зразків. Наведені в таблицях 3-4 характеристики та основні експериментальні дані, дійсні для неармованих складів СБС.

Таблиця 3 – Основні властивості розчинових сумішей, виготовлених із активованих СБС*

Вид режиму активації	• режим 0	• режим 1	• режим 2	• режим 3	• режим 4
Час приготування розчинової суміші, хв	10-15	8-12	8-10	5-8	3-5
Розтічність, см	до 8	8-13	10-16	15-18	18-21
Термін придатності, хв	120 і вище	90 і вище	80 і вище	60 і вище	45 і вище
В/Т відношення	0,37-0,42	0,33-0,38	0,28-0,37	0,24-0,35	0,21-0,32
Середня щільність розчинової суміші, кг/м ³	1248	1231	1083-1238	1086	947-1042

*склади суміші не приведені у зв'язку з розробкою патенту.

Таблиця 4 – Властивості затверділих розчинів, виготовлених на основі активованих СБС*

Вид режиму активації	• режим 0	• режим 1	• режим 2	• режим 3	• режим 4
Усадка, мм/м	до 20	до 8-12	до 10	до 4-6	0-2
Границя міцності на стиск, через три доби, МПа	0,93	1,85	2,58	3,61	4,34-5,73
Границя міцності на стиск, через 28 діб, МПа	5,19	7,23	8,46-9,84	12,80	13,85-16,30
Границя міцності на розтяг, через 28 діб, МПа	3,37	4,70	5,49-8,01	8,31	9,88-12,07
Міцність зчеплення з бетонною основою після витримування в повітряно-сухих умовах, МПа	0,1-0,25	0,1-0,37	0,17-0,43	0,22-0,58	0,5-1,2
Середня щільність затверділого розчину, кг/м ³	1085	1070	910-1040	890	770-847
Закрита пористість, %	26	30	34	37	45
Коефіцієнт теплопровідності, λ , Вт/(м·°С)	0,453	0,444	0,361-0,429	0,351	0,289-0,329
Коефіцієнт розм'якшення, k_p	0,81	0,82	0,86	0,88	0,91

*склади суміші не приведені у зв'язку з розробкою патенту.

З табл. 3-4 видно, що приріст міцності відбувається як за рахунок зміцнення контактів між тонкодисперсними частками, так і за рахунок хімічної взаємодії між складовими суміші. Крім того, за рахунок спільного помелу мінеральної суміші із піноутворювачем та іншими органічними добавками молекули ПАР, адсорбуючись на поверхні мінеральних частинок, зменшують поверхневу енергію, при цьому відбувається часткове насичення вільних хімічних зв'язків на поверхні твердої фази, що перешкоджає злипанню [23]. Це дозволяє збільшити розтічність розчинової суміші, отримати стабільну поризовану структуру без перевитрати в'язучого, зменшити В/Т та збільшити міцність після затвердіння. Покращення механічних властивостей сумішей пов'язано із закріпленням зародків новоутворень продуктів гідратації цементу на місці виходу дислокацій на поверхні кристалів механоактивованих напівпродуктів [19]. Подальше підвищення механічних характеристик полегшених СБС можливо здійснити за рахунок введення армуючих компонентів, наприклад поліпропіленової фібри, довжиною до 6 мм.

Отже, переваги даного режиму – отримання ефекту механоактивації, доведення параметрів СБС до необхідних для влаштування елементів (прошарків ПР1, ПР2) підлог цивільних будівель [15]. Недолік – збільшення часу активації.

Висновки:

– використання у виробництво будівельних матеріалів, зокрема сухих будівельних сумішей, вторинної сировини та відходів промисловості дозволяє вирішувати ресурсні та екологічні проблеми регіону. Особливо ефективно переробляти сировину для повторного

використання шляхом її механоактивації методом спільного подрібнення із іншими компонентами СБС;

– механоактивація є інструментом управління розмірними, фазовими і реакційними параметрами карбонатного, золошламового та кварцового матеріалу, як компонента СБС на основі портландцементу;

– спільна механічна активація сухим методом відходів дроблення карбонатних кам'яних порід (КП), золи-винесення (ЗВ) ГЕС і портландцементу дозволяє прискорити процеси формування структури, веде до підвищення міцності поризованих розчинів, виготовлених на основі розроблених СБС;

– спільна механічна активація суміші ПЦ+ЗВ+КП із кварцовим піском, ПАР та полімерними добавками та подальше перемішування із високопластичною глиною дозволяє покращити реологічні та технологічні властивості поризованих розчинної сумішей;

– результатом теоретико-експериментальних досліджень по механічній та механохімічній активації цементних сумішей є отримання складів полегшених (зі зниженою середньою щільністю до 800 кг/м³) мінеральних СБС на основі портландцементу та звичайних щільних заповнювачів (кварцовий пісок, вапняк, глини, золи-винесення) із високою реологічною активністю (розтічність – до 21 см, термін придатності – 45 хв і більше), міцністю до 15 МПа, покращеними тепло- та звукоізоляційними характеристиками, зниженим В/Т відношенням, економією цементу та хімічних добавок;

– встановлено порядок механічної активації СБС спільним сухим помелом (І етап, тривалість 35-65 хв) та подальшим додатковим ретельним змішуванням (ІІ етап, тривалість 5-20 хв) мінеральних та органічних складових суміші;

– потребує подальшого дослідження вплив на властивості полегшених СБС глин, випалених при більш низьких температурах (до 450-500°C);

– потребує подальшого вивчення вплив швидкості та ударної дії при подрібненні складових сухих сумішей, та залежність сухої механохімічної активації від типу змішувачів та млинів;

– потребують більш детального вивчення звукоізоляційні властивості даних СБС.

Література

1. Очеретний В.П. Перспектива виробництва і використання поризованих сухих будівельних сумішей / В.П. Очеретний, А.В. Бондар // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». – Вінниця: ВНТУ, 2011. – № 2. – С. 36-39.

2. Очеретний В.П. Використання поверхнево-активних речовин у якості поризуючої добавки до сухих будівельних сумішей / В.П. Очеретний, В.П. Ковальський, А.В. Бондар // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». – Вінниця: ВНТУ, 2011. – № 1 (10). – С. 33-40.

3. Бондар А.В. Технологічні аспекти виготовлення поризованих складів сухих будівельних сумішей / А.В. Бондар // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». – Вінниця: ВНТУ, 2013. – № 1 (14). – С. 24-27.

4. Бондар А.В. Вплив мінеральних мікронаповнювачів на властивості поризованих сухих будівельних сумішей / В.П. Очеретний, В.П. Ковальський, А.В. Бондар // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Будівництво». – Випуск 10 (18). – 2014. – С. 44-47.

5. Бондар А.В. Теплозвукоізоляційні властивості поризованих сухих будівельних сумішей для підлог. [Електронний ресурс] / А.В. Бондар, В.П. Очеретний. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp2016/paper/view/1410/1005>.

6. Ковальський В.П. Звукоизоляционные сухие строительные смеси на основании отходов производства / В.П. Ковальський, В.П. Очеретний, А.В. Бондар // Инновационное развитие территорий: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Череповец, 26 февраля 2016 г.). – Череповец: ЧГУ, 2016. – С. 73-78.

7. Бондар А.В. Утилізація відходів промисловості шляхом виготовлення на їх основі сухих будівельних сумішей / А.В. Бондар, В.П. Ковальський, В.П. Бурлаков, Є.Р. Матвійчук // Екологічні науки: науково-практичний журнал. – К: ДЕА, 2018. – № 3(22). – С. 21-24.
8. Бондар А.В. Вплив технологічних факторів на властивості поризованих будівельних розчинів на основі сухих будівельних сумішей / А.В. Бондар // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Науково-технічний журнал. – Вінниця: ВНТУ. – 2018. – № 2 (25). – С. 31-36.
9. Ковальський В.П. Сухі будівельні суміші для підлог цивільних будівель / В.П. Ковальський, А.В. Бондар, В.П. Бурлаков, А.О. Бричанський, А.В. Ковальський // The development of technical sciences: problems and solutions: Conference Proceedings, April 27–28, 2018. – Vrnо.:, 2018. Baltija Publishing. – С. 65-68.
10. Бондарь А.В. Использование карбонатных пород как микронаполнителей в сухих строительных смесях пористой структуры / В.П. Ковальський, В.П. Очеретний, А.В. Бондарь // Актуальные проблемы архитектуры, строительства, энергоэффективности и экологии – 2016: сборник материалов международной научно-практической конференции. – В 3-х т. – Т. I. – Тюмень: РИО ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет, 2016. – С. 207-213.
11. Ковальський В.П. Використання глиняного порошку як мінерального мікронаповнювача у сухих будівельних сумішах / В.П. Ковальський, В.П. Очеретний, А.В. Бондар, А.С. Кузьмич // Международное периодическое научное издание «Научные труды SWorld». – Выпуск 2(43). Том 7. – Иваново: Научный мир, 2016. – С. 86-92.
12. Бондар А.В. Вплив гранулометрії глиняного заповнювача на властивості сухих будівельних сумішей / А.В. Бондар // Теорія і практика актуальних наукових досліджень. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Запоріжжя, 28-29 вересня 2018 року). – Херсон: Видавництво «Молодий вчений», 2018. – Ч. 2. – С. 25-27
13. Бондар А.В. Вплив мінеральних мікронаповнювачів і полімерних добавок на властивості сухих будівельних сумішей / А.В. Бондар // Інноваційні технології в будівництві. Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції 13-15 листопада 2018 р. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – С. 215-218.
14. Бондар А.В. Модифікація мінеральних сухих будівельних сумішей полімерними добавками. [Електронний ресурс] / А.В. Бондар. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp2018/paper/view/5252/4244>.
15. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-126:2011. – [Чинний від 2011-06-01]. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 42 с. – (Національний стандарт України).
16. Бондаренко А.И. Сухие строительные смеси для самовыравнивающихся полов на основе композиционного вяжущего : дис. ... канд. техн. наук : 21.12.12 / Бондаренко Александра Игоревна. – Белгород, 2012. – 186 с.
17. Балбакин А.В. Цементные композиты на основе сухих строительных смесей с использованием комплексных модификаторов : дис. ... канд. техн. наук : 01.10.15 / Балбакин Алексей Владимирович. – Саранск, 2015. – 219 с.
18. Усов Б.А. Технология производства сухих смесей: термо- и механохимическая активация их компонентов, добавки / Б.А. Усов // Журнал «СтройПРОФИль». – Санкт-Петербург, 2008. – №8(70). – С. 61-63.
19. Попельнюхов С.Н. Преимущества и особенности механоактивации сырьевых материалов при производстве сухих строительных смесей / С.Н. Попельнюхов, А.Р. Железняк, К.С. Шубин, М.А. Передреев // «ALITinform» международное аналитическое обозрение, 2011. – №4 (1). – С. 72-78.
20. Кузьмина В.П. Эффективность применения механоактивации при производстве сухих строительных смесей. [Электронный ресурс] / В.П. Кузьмина // Доклады конференции BALTIMIX-2010. – 2010. – Режим доступа: http://www.spsss.ru/confer/confer_archive/reports/doclad10/kuzmina.pdf.

21. Горшкова А.В. Сухие строительные смеси с модифицирующей добавкой на основе торфа : дис. ... канд. техн. наук : 24.12.15 / Горшкова Александра Вячеславовна. – Томск, 2015. – 168 с.
22. Акжигитова Э.Р. Сухие строительные смеси с применением добавок на основе смешанослойных глин : дис. ... канд. техн. наук : 12.09.13 / Акжигитова Эльвира Риатовна. – Пенза, 2013. – 197 с.
23. Федюк Р.С. Современные способы активации вяжущего и бетонных смесей (обзор) / Р.С. Федюк, А.В. Мочалов, В.С. Лесовик // Вестник инженерной школы ДВФУ, 2018. – №4(37). – С. 85-99. – DOI.org/10.5281/zenodo.2008670 УДК 665.775.4; 625.06
24. Власова В.В. Особенности процесса механоактивации золошлаковых отходов теплоэлектростаций / В.В. Власова, А.И. Власов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2009. – С. 351-355.
25. Лук'янченко М.П. Стінові карбонатні матеріали на комплексному механоактивованому силікат-натрієвому в'язучому : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.05 «Будівельні матеріали та виробли» / Михайло Панасович Лук'янченко. – Сімферополь, 2005. – 16 с.
26. Куляев П.В. Эффективный мелкозернистый карбонатный бетон : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» / Павел Викторович Куляев. – Тверь, 2017. – 20 с.

References

- [1] V.P. Ocheretnyi, A.V. Bondar, "Perspektyva vyrobnytstva i vykorystannia poryzovanykh sukhykh budivelnnykh sumishei", *Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktzii v budivnytstvi»*, Vinnytsia: VNTU, no. 2, pp. 36-39, 2011.
- [2] V.P. Ocheretnyi, V.P. Kovalskyi, A.V. Bondar, "Vykorystannia poverkhnevo-aktyvnykh rehovyn u yakosti poryzuiuchoi dobavky do sukhykh budivelnnykh sumishei", *Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktzii v budivnytstvi»*, Vinnytsia: VNTU, no. 1 (10), pp. 33-40, 2011.
- [3] A.V. Bondar, "Tekhnolohichni aspekty vyhotovlennia poryzovanykh skladiv sukhykh budivelnnykh sumishei", *Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktzii v budivnytstvi»*, Vinnytsia: VNTU, no. 1 (14), pp. 24-27, 2013.
- [4] V.P. Ocheretnyy, V.P. Kovalskiy, A.V. Bondar, "Vpliv mineralnykh mikronapovnyuvachiv na vlastivosti porizovanikh sukhikh budivelnnykh sumishey", *Visnik Sumskogo natsionalnogo agrarnogo universitetu. Seriya: «Budivnitstvo»*, Vol. 10 (18), pp. 44-47, 2014.
- [5] A.V. Bondar, V.P. Ocheretnyi, "Teplozvukoizoliatsiini vlastyvosti poryzovanykh sukhykh budivelnnykh sumishei dlia pidloh". [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp2016/paper/view/1410/1005>. Accessed on: March 2-11, 2016.
- [6] V.P. Kovalskiy, V.P. Ocheretnyy, A.V. Bondar, "Zvukoizolyatsionnyye sukhiye stroitelnyye smesi na osnovanii otkhodov proizvodstva", *Innovatsionnoye razvitiye territoriy: materialy iv mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Cherepovets. 26 fevralya 2016 g.)*, Cherepovets: CHGU, pp. 73-78, 2016.
- [7] A.V. Bondar, V.P. Kovalskiy, V.P. Burlakov, E.R. Matviychuk, "Utilizatsiya vidhodiv promislovosti shlyahom vigotovlennya na yih osnovi suhikh budivelnnykh sumishey", *EkologIchnI nauki: naukovo-praktichnyi zhurnal*, K: DEA, no. 3(22), pp. 21-24, 2018.
- [8] A.V. Bondar, "Vpliv tekhnologichnykh faktoriv na vlastivosti porizovanikh budivelnnykh rozchiniv na osnovi sukhikh budivelnnykh sumishey", *Suchasni tekhnologii, materialy i konstruktzii v budivnytstvi: naukovo-tekhnichnyi zhurnal*, Vinnitsya: VNTU, no. 2 (25), pp. 31-36, 2018.
- [9] V.P. Kovalskyi, A.V. Bondar, V.P. Burlakov, A.O. Brychanskyi, A.V. Kovalskyi, "Sukhi budivelni sumishi dlia pidloh tsyvilnykh budivel", *The development of technical sciences:*

- problems and solutions: Conference Proceedings*, April 27–28, 2018, Brno, Baltija Publishing, pp. 65-68, 2018.
- [10] V.P. Kovalskiy, V.P. Ocheretnyy, A.V. Bondar, "Ispolzovaniye karbonatnykh porod kak mikronapolniteley v sukhikh stroitelnykh smesyakh poristoy struktury", *Aktualnyye problemy arkhitektury, stroitelstva, energoeffektivnosti i ekologii 2016: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, V 3-kh t., T. I., Tyumen: RIO FGBOU VO Tyumenskiy industrialnyy universitet, pp. 207-213, 2016.
- [11] V.P. Kovalskiy, V.P. Ocheretnyy, A.V. Bondar, A.S. Kuzmich, "Vykorystannia hlynianoho poroshku yak mineralnogo mikronapovniuvacha u sukhykh budivelnykh sumishakh", *Mezhdunarodnoye periodicheskoye nauchnoye izdaniye «Nauchnyye trudy SWorld»*, Vol. 2(43), Tom 7, Ivanovo: Nauchnyy mir, pp. 86-92, 2016.
- [12] A.V. Bondar, "Vplyv hranulometrii hlynianoho zapovniuvacha na vlastyvoli sukhykh budivelnykh sumishei", *Teoriia i praktyka aktualnykh naukovykh doslidzhen. Materialy III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* (m. Zaporizhzhia, 28-29 veresnia 2018 roku), Kherson: Vydavnytstvo «Molodyi vchenyi», Ch. 2, pp. 25-27, 2018.
- [13] A.V. Bondar, "Vplyv mineralnih mikronapovnyuvachiv i polimernih dobavok na vlastyvoli suhikh budivelnykh sumishey", *Innovatsiyni tehnologiyi v budivnitstvi. Zbirnik materialiv Mizhnarodnoyi naukovo-tehnichnoyi konferentsiyi 13-15 listopada 2018 r.*, Vinnitsya: VNTU, pp. 215-218, 2018.
- [14] A.V. Bondar, "Modyfikatsiia mineralnykh sukhykh budivelnykh sumishei polimernymy dobavkamy". [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp2018/paper/view/5252/4244>. Accessed on: March 21-23, 2018.
- [15] DSTU B V.2.7-126:2011. Sumishi budivelni sukhi modyfikovani. Zahalni tekhnichni umovy. K.: Minrehionbud Ukrayiny, 2011.
- [16] A.I. Bondarenko, "Sukhiye stroitelnyye smesi dlya samovyravnivayushchikhsya polov na osnove kompozitsionnogo vyazhushchego", dis. Cand. Tech. Sciences, Belgorod, 2012.
- [17] A.V. Balbalin, "Tsementnyye kompozity na osnove sukhikh stroitelnykh smesey s ispolzovaniyem kompleksnykh modifikatorov", dis. Cand. Tech. Sciences, Saransk, 2015.
- [18] B.A. Usov, "Tekhnologiya proizvodstva sukhikh smesey: termo- i mekhanokhimicheskaya aktivatsiya ikh komponentov. Dobavki", *Zhurnal «CroyPROFIL»*, Sankt-Peterburg, no. 8(70), pp. 61-63, 2008.
- [19] S.N. Popelnyukhov, A.R. Zheleznyak, K.S. Shubin, M.A. Peredreyev, "Preimushchestva i osobennosti mekhanooaktivatsii syryevykh materialov pri proizvodstve sukhikh stroitelnykh smesey", *ALITinform» mezhdunarodnoye analiticheskoye obozreniye*, no. 4 (1), pp. 72-78, 2011.
- [20] V.P. Kuzmina, "Effektivnost primeneniya mekhanooaktivatsii pri proizvodstve sukhikh stroitelnykh smesey". [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: http://www.spsss.ru/confer/confer_archive/reports/doclad10/kuzmina.pdf. Accessed on: 2010.
- [21] A.V. Gorshkova, "Sukhiye stroitelnyye smesi s modifitsiruyushchey dobavkoy na osnove torfa", dis. Cand. Tech. Sciences, Tomsk, 2015.
- [22] E.R. Akzhigitova, "Sukhiye stroitelnyye smesi s primeneniym dobavok na osnove smeshanosloynnykh glin", dis. Cand. Tech. Sciences, Penza, 2013.
- [23] R.S. Fedyuk, A.V. Mochalov, V.S. Lesovik, "Sovremennyye sposoby aktivatsii vyazhushchego i betonnykh smesey (obzor)", *Vestnik inzhenernoy shkoly DVFU*, no. 4(37), pp. 85-99, 2018.
- [24] V.V. Vlasova, A.I. Vlasov, "Osobennosti protsessa mekhanooaktivatsii zoloshlakovykh otkhodov teploelektrostatsiy", *Gornyy informatsionno-analiticheskii byulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*, pp. 351-355, 2009.
- [25] M.P. Luk'ianchenko, "Stinovi karbonatni materialy na kompleksnomu mekhanooaktivovanomu sylikat-natriievomu v'iazhuchomu", avtoref. dis. Cand. Tech. Sciences, Simferopol, 2005.

[26] P.V. Kulyayev, "Effektivnyy melkozernisty karbonatnyy beton", avtoref. Cand. Tech. Sciences, Tver, 2017.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ НА СВОЙСТВА ОБЛЕГЧЕННЫХ СОСТАВОВ ЦЕМЕНТНЫХ СУХИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ПОЛОВ

А.В. Бондарь, ассистент,
alichka.vin@i.ua, ORCID: 0000-0002-8098-1181

В.П. Ковальский, к.т.н., доцент,
kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3103-6319

В.П. Очеретный, к.т.н., доцент,
ORCID: 0000-0001-5420-8550

Д.В. Мороз, студент
Винницкий национальный технический университет,

И.М. Вознюк, преподаватель
*Государственное профессионально-техническое учебное заведение
«Хмельницкий аграрный центр профессионально-технического образования»*

Аннотация. Технология изготовления и применения сухих строительных смесей (ССС) требует высокой тонкости помола компонентов. Высокие требования к экономии материальных ресурсов и потребности в широкой номенклатуре цементных растворов требуют исследования методов, которые позволят получить сухие смеси с заданным комплексом высоких эксплуатационных характеристик с одновременным снижением затрат цементного вяжущего и дорогих химических функциональных добавок. Доля минеральной составляющей (вяжущее, заполнитель, наполнитель) в рецептуре ССС обычно составляет 95%. Поэтому механическая активация – один из эффективных способов модификации и оптимизации свойств многокомпонентных сухих строительных смесей, особенно для получения растворов пористой структуры. Кроме того, при производстве ССС большинство минеральных заполнителей потребуют дополнительного измельчения до определенной гранулометрии. В отличие от органических, минеральные порошки после механической активации способны активно менять гранулометрию, развивать поверхность зерен, получать определенную активность, электрический заряд поверхности, изменять форму частиц и силу прививки между ними, абразивность и др.

В работе исследовано влияние механической активации минеральных составляющих на свойства облегченных составов цементных ССС. Установлено, что механический домол карбонатных заполнителей до необходимой гранулометрии, позволяет получить активный наполнитель для облегченных ССС. Обнаружено, что при введении золы-уноса теплоэлектростанций на стадии механической активации данного заполнителя и дальнейшем совместном помоле с цементом повышается прочность затвердевших растворов пористой структуры.

Введение в сухую смесь на стадии механической активации высокопластичных глин и кварцевого песка вместе с поверхностно-активными и пенообразующими добавками, позволяет улучшить реологию и пластическую прочность приготовленного поризованного раствора.

Результатом теоретико-экспериментальных исследований является получение составов облегченных минеральных ССС на основе портландцемента и обычных плотных заполнителей (кварцевый песок, известняк, глины, зола-унос) с высокой реологической активностью, прочностью до 15 МПа, улучшенными тепло- и звукоизоляционными характеристиками. Это определяет возможность применения данных смесей для устройства элементов полов гражданских зданий.

Ключевые слова: сухая строительная смесь, растворная смесь, средняя плотность, прочность, смешивание, измельчение, общий помол, смесь для полов, минеральные добавки, поризующие добавки, пористая структура, полимерные добавки.

INFLUENCE OF MECHANICAL ACTIVATION OF MINERAL COMPONENTS ON THE PROPERTIES OF LIGHTWEIGHT COMPOSITIONS OF CEMENT DRY MIXTURES FOR FLOORS

A.V. Bondar, Assistant,

alichka.vin@i.ua, ORCID: 0000-0002-8098-1181

V.P. Kovalskiy, PhD., Assistant Professor,

kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3103-6319

V.P. Ocheretnyi, PhD., Assistant Professor,

ORCID: 0000-0001-5420-8550

D.V. Moroz, student

Vinnitsia National Technical University,

I.M. Voznyuk, teacher

*State Vocational and Technical Educational Establishment
«Khmilnyk Center of Vocational and Technical Education»*

Abstract. The technology of manufacturing and use of dry building mixtures (DBM) requires a high fineness of grinding components. High requirements for the economy of material resources and the need for a wide range of cement solutions require the study of methods that will allow to obtain a dry mixture with a given set of high performance characteristics while reducing the cost of cement binder and expensive chemical functional additives. The share of the mineral component (astringent, filler) in the formulation of DBM is usually 95%. Therefore, mechanical activation is one of the effective ways of modifying and optimizing the properties of multi-component dry mortars, especially for the formation of solutions of porous structure. In addition, in the production of dry building mixtures, most mineral fillers require additional grinding to a certain granulometry. Unlike organic, mineral powders, after mechanical activation, can actively change granulometry, develop the surface of grains, obtain a certain activity, electric charge of the surface, change the shape of particles and the force of grafting between them, abrasiveness, etc.

The effect of mechanical activation of mineral components on the properties of lightweight compositions of cement dry building mixtures has been investigated. It was established that the mechanical additional grinding of carbonate fillers to the required granulometry allows to obtain an active filler for the lightweight DBM. It was found that the addition of fly ash of thermal power plants at the stage of mechanical activation of a given filler and subsequent joint grinding with cement increase the strength of hardened solutions with porous structure.

The introduction of high-plastic clay and quartz sand together with surface-active and foam-forming additives into a dry mixture at the stage of mechanical activation can improve the rheology and plastic strength of the prepared porous solution.

Theoretical and experimental studies resulted in obtaining the compositions of the lightweight mineral dry building mixtures on the basis of Portland cement and conventional dense fillers (quartz sand, limestone, clay, fly ash) with high rheological activity, the strength up to 15 MPa, and improved thermal and acoustic characteristics. This determines the possibility of using these mixtures for the elements of floors in civil buildings.

Key words: dry building mortar, mortar mixture, average density, strength, mixing, grinding, joint grinding, floor mix, mineral additives, porous additives, porous structure, polymer additives.

Стаття надійшла 10.03.2019