УДК 691.327.33:691.322

Бондар А.В.
асистент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури,
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

ВПЛИВ КАРБОНАТНИХ ДОБАВОК НА ВЛАСТИВОСТІ ПОРИЗОВАНИХ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ

Анотація. *У публікації наведені результати дослідження впливу карбонатних добавок на фізичні та механічні властивості поризованих сухих будівельних сумішей. Встановлено позитивний вплив від введення тонкодисперсних відходів обробки вапняків на зниження середньої щільності та підвищення міцності поризованих сумішей. Показано, що відходи дроблення вапняків, введені у вигляді тонкомеленої мінеральної добавки, позитивно впливають на процеси структуроутворення цементних композицій у складі поризованих сухих будівельних сумішей. Деяка хімічна активність тонкомеленого карбонатного наповнювача сприяє рівномірному розподілу добавок-поризаторів у суміші, дозволяє значно зменшити руйнування пор у процесі тверднення суміші, знизити водо-твердне відношення суміші. Проведений експериментальний підбір складів поризованих сухих будівельних сумішей із використанням карбонатних добавок різної гранулометрії. Досліджено вплив спільного помелу карбонатних добавок з іншими заповнювачами та в'яжучим на властивості сухих будівельних сумішей.*

Ключові слова: сухі будівельні суміші, карбонатна добавка, відходи, поризовані суміші, фізико-механічні властивості розчину.

Постановка проблеми

Актуальним питанням в умовах підвищення вартості енергоносіїв, підвищення стандартів енергозбереження та загострення екологічних питань є виготовлення композиційних будівельних матеріалів на основі вторинної сировини, наприклад, побічних продуктів гірничодобувних та інших виробництв. Такими матеріалами можуть стати цементні сухі будівельні суміші, до яких додаються відходи промисловості у вигляді заповнювачів, наповнювачів та тонкодисперсних добавок. Введення добавок-поризаторів, піноутворювачів та поверхнево-активних речовин дозволяє отримати нові високоефективні мінеральні сухі суміші, які мають покращені тепло- та звукоізоляційні властивості затверділого розчину за рахунок створення пористої структури з рівномірним розподілом повітряних пор [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Широкий спектр досліджень стосується впливу карбонатних та активних мінеральних добавок на властивості композиційних мінеральних в'яжучих та бетонів, виготовлених на їх основі [3–6]. Використання тонкодисперсних мінеральних добавок разом із комплексними хімічними добавками під час одержання високофункціональних бетонів забезпечує три основні ефекти: технологічний ефект – рухливість бетонної суміші зростає до 280 мм без зниження міцності (ΔРК=80...146%); технічний ефект забезпечується збільшенням міцності дрібнозернистого бетону за стиску (ΔR28= 4–18%) за постійного В/Ц; економічний ефект дає можливість знижувати витрату цементу без зниження міцності бетону (ΔЦ= 10%) [7]. Дані залежності в певній мірі можуть бути справедливі і для сухих будівельних сумішей.

Виробництво сухих будівельних сумішей (СБС), яке сьогодні швидко розвивається в Україні, також дозволяє широко використати в якості дрібних заповнювачів та добавок карбонатні породи або відходи їх обробки, наприклад, природні подрібнені вапняки, мармур, доломіт, вапнякове і доломітове борошно, крейду тощо, а також синтетичні карбонатні матеріали – карбонатні шлами [8–11]. Крім того, доведено, що карбонатні добавки мають хімічну активність, що позитивно впливає на процеси структуроутворення та набору міцності цементних систем [1; 3; 5; 8; 9].

Проте проведена недостатня кількість досліджень властивостей саме поризованих сухих будівельних сумішей із карбонатними добавками. При раціональному виборі заповнювачів, наповнювачів та дисперсних мінеральних добавок можна досягти регуляції та покращення властивостей СБС без перевитрати в'яжучих речовин та дорогих хімічних добавок. Це дозволить отримати нові ефективні СБС для влаштування, наприклад, тепло-звукоізоляційних прошарків підлог. Використовуючи такі СБС, у свою чергу, можна значно зменшити трудомісткість робіт порівняно зі звичайними розчиновими сумішами.

Мета роботи

Підвищення фізичних та механічних властивостей поризованих сухих будівельних сумішей шляхом введення карбонатних добавок (КД) різної гранулометрії, їх додаткової механічної активації шляхом спільного помелу разом з іншими складовими елементами суміші.

Виклад основного матеріалу дослідження

езультатом проведених попередніх теоретико-експериментальних досліджень є отримання складів поризованих СБС із використанням карбонатних добавок (відходи дроблення карбонатних вапняків Подільського регіону) міцністю від 7,05 до 14,05 МПа, які відрізняються зниженням В/Т співвідношення без втрати рухливості розчинної суміші [1; 2; 11; 12].

Доведено, що в поризованих СБС ефективніше використовувати тонкоподрібнені вапнякові породи в якості основного заповнювача, ніж інертні кварцові піски [1; 11; 12].

Встановлено, що на фізико-механічні властивості затверділих розчинів, виготовлених із поризованих СБС, впливають такі фактори:

1) функціональне призначення карбонатної добавки – вводиться у СБС у ролі заповнювача чи наповнювача (рис. 1-2);

2) вміст карбонатної добавки у складі суміші від маси сухих компонентів (рис. 1-2);

3) гранулометрія карбонатних добавок (рис. 1-2);

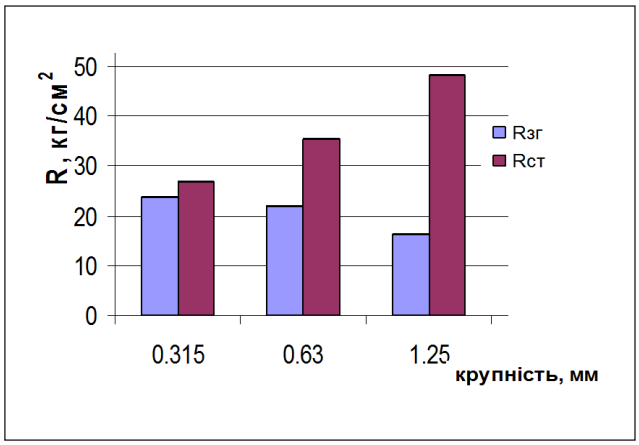

Рис. 1. Зміна міцнісних характеристик досліджуваних складів СБС у залежності від крупності КД-заповнювач та КД-наповнювач (вміст КД у суміші до 60%)

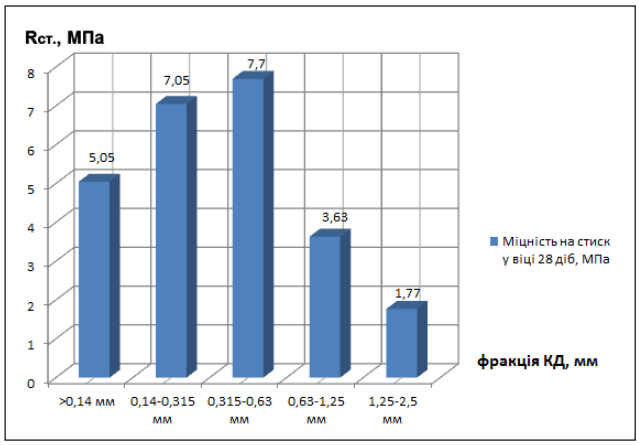

Рис. 2. Залежність міцності на стиск СБС від гранулометрії КД-заповнювач, КД-наповнювач та КД-мікронаповнювач (вміст КД у суміші від 60% до 80%)

Таблиця 1. Властивості поризованих складів СБС із додаванням глиняного порошку та кварцового піску в залежності від відношення цемент/ карбонатний заповнювач Ц/КЗ (або цемент/ карбонатний наповнювач Ц/КН)*

Ц/КЗ (Ц/КН)	В/Т	Середня щільність, кг/м³	Міцність на стиск у віці 28 діб, МПа	Міцність на згин у віці 28 діб, МПа	Коефіцієнт теплопровідності, λ, Вт/(мЧ°С)
1,26	0,280	1000	17,7	12,0	0,408
1,00	0,327	856	12,63	8,8	0,333
0,88	0,266	793	8,09	6,25	0,301
0,86	0,263	807	8,2	6,0	0,308
0,82	**0,297**	**910**	**8,1**	**10,0**	**0,361**
0,79	**0,233**	**790**	**6,5**	**10,0**	**0,299**
0,67	0,297	905	6,1	8,5	0,358
0,54	0,330	930	5,8	8,3	0,371
0,50	0,327	940	4,1	7,5	0,377
0,37	0,235	820	3,9	7,2	0,315
0,25	0,363	560	2,0	3,5	0,185

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

4) відношення цемент/ заповнювач (Ц/З) та цемент/ наповнювач (Ц/Н) (табл. 1, табл. 2);

5) спільне подрібнення мінеральних компонентів (табл. 3).

Такі зміни міцнісних характеристик поризованих СБС пояснюються природою роботи карбонатних добавок у цементних системах: маючи певну крупність зерен та ступінь подрібнення, частки вапняків здатні проявляти високу міцність у порівнянні з більш крупними фракціями, і водночас їм властива адгезія та деяка хімічна активність взаємодії по відношенню до інших компонентів суміші. Також пиловидні частки вапняків здатні наповнювати цемент, збільшуючи кількість цементного тіста, що дозволяє отримувати міцну пористу структуру затверділого розчину з мінімізацією усадочних явищ під час тверднення [1]. Адсорбційні властивості карбонатних добавок дозволяють проникнути не лише продуктам гідратації в'яжучого в поверхневий шар частинок заповнювача, а й акумулювати залишкову воду затворення, якої в системах сухих сумішей не вистачає, а також дозволяє закріпити на поверхні карбонатних часток поро- та піноутворюючі добавки, що сприяє утворенню дрібних, рівномірно розподілених по всьому об'єму повітряних пор із міцними стінками. Таким чином відбувається формування більш однорідної міцної структури композиту між в'яжучим, карбонатними добавками та компонентами суміші [9].

Важливим показником формування легких та пористих розчинів і бетонів, окрім самого вмісту цементу, що може сягати до 60-80% від маси сухих компонентів (для пінобетонів), є відношення цемент/ заповнювач (Ц/З) та цемент/наповнювач (Ц/Н). Властивості розроблених поризованих складів СБС у залежності від співвідношення в'яжучого та карбонатної добавки наведені в табл. 1.

Із табл. 1 видно, що співвідношення в'яжучого та карбонатної добавки є визначальною для механічних властивостей затверділого розчину. Також спостерігається залежність: під час зменшення співвідношення між цементною складовою частиною та вмістом карбонатних добавок відбувається зниження міцності на стиск та збільшення міцності на згин. Ця залежність справедлива для легких розчинів пористої структури. Мінеральні суміші щільної структури під час зменшення середньої щільності будуть мати однакове падіння механічних властивостей за межею міцності на стиск та згин.

Із табл. 2 видно, що ступінь подрібнення карбонатних добавок у більшій мірі впливає на фізичні властивості сумішей, наприклад, водопотребу та середню густину, ніж показники міцності.

Таблиця 2. Властивості поризованих складів СБСі з додаванням глиняного порошку та кварцового піску в залежності від ступеня подрібнення відходів карбонатних порід* (для співвідношення Ц/КЗ = 0,5-0,6)

Гранулометрія відходів вапняку	В/Т	Середня щільність, кг/м³	Міцність на стиск у віці 28 діб, МПа	Міцність на згин у віці 28 діб, МПа	Коефіцієнт теплопровідності, λ, Вт/(мЧ°С)
>0,14 мм	0,347	883	5,28	3,05	0,347
0,14-0,315 мм	**0,341**	**802**	**7,25**	**3,92**	**0,306**
0,315-0,63 мм	0,309	921	4,75	3,32	0,367
0,63-1,25 мм	0,332	854	4,30	2,91	0,332
1,25-2,5 мм	0,315	957	4,34	3,65	0,385

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

Таблиця 3. Властивості поризованих складів СБС із додаванням золи-винос у залежності від ступеня подрібнення відходів карбонатних порід*

Гранулометрія відходів вапняку	В/Т	Середня щільність, кг/м³	Міцність на стиск у віці 28 діб, МПа	Коефіцієнт теплопровідності, λ, Вт/(мЧ°С)
до механічної активації мінеральних компонентів суміші				
>0,14 мм	0,335	1080	6,09	0,453
0,14-0,315 мм	**0,244**	**1062**	**10,28**	**0,442**
0,315-0,63 мм	0,296	1151	6,74	0,494
0,63-1,25 мм	0,274	1033	7,41	0,430
1,25-2,5 мм	0,280	1000	11,77	0,408
після механічної активації мінеральних компонентів суміші				
>0,14 мм	0,367	770	6,93	0,289
0,14-0,315 мм	**0,260**	**988**	**13,74**	**0,402**
0,315-0,63 мм	0,263	813	7,57	0,312
0,63-1,25 мм	0,276	900	8,05	0,356
1,25-2,5 мм	0,316	830	12,91	0,320

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

Доведено, що можливо підвищити ефективність і експлуатаційні властивості дрібнозернистих бетонів шляхом використання не відсіву дроблення карбонатних порід, а тонкодисперсного вапнякового наповнювача, отриманого механічною активацією [9; 10]. Також тонкодисперсні мінеральні добавки широко застосовуються в розробці складів СБС для штукатурення [8]. Таким чином, раціонально застосувати механічну активацію карбонатних добавок і для поризованих СБС, що досягається за допомогою спільного механічного подрібнення та змішування в бігунах протягом 5-10 хвилин вапнякових відходів із в'яжучим та іншими компонентами суміші [2]. Результати досліджень приведені в табл. 3.

Одночасно потребує окремих експериментальних досліджень питання впливу на фізико-механічні властивості поризованих СБС компонування карбонатної складової суміші у вигляді заповнювача (крупність зерен КД 0,2-2,5 мм), наповнювача (крупність зерен КД 0,14-1,25 мм) та мікронаповнювача (крупність зерен КД менше 0,16 мм) та їх вплив на рухливість розчинової суміші, що є важливим показником сумішей для влаштування елементів підлог.

Висновки

Використання карбонатних добавок у вигляді відходів добування та обробки природних вапняків під час виготовлення поризованих сухих будівельних сумішей дозволяє отримати ефективні склади, а саме:

– полегшені (Δρm= 19-61%) суміші із стабільною пористою структурою;

– поризовані суміші із збільшенням міцності затверділого розчину за стиску (ΔR28= 6–29%) без збільшення В/Ц та В/Т;

– суміші зі зниженою витратою цементу (ΔЦ= 20-37%) без зниження міцності затверділого розчину;

– після додаткової механічної активації мінеральних компонентів суміші можна отримати приріст міцності затверділого розчину за стиску (ΔR28= 8-25%) без додаткових затрат на дорогі хімічні добавки.

Література

1. Бондарь А.В. Использование карбонатных пород как микронаполнителей в сухих строительных смесях пористой структуры. *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.

2. Бондар А.В. Утилізація відходів промисловості шляхом виготовлення на їх основі сухих будівельних сумішей. *Екологічні науки: науково-практичний журнал.* Київ : ДЕА, 2018. № 3(22). С. 21–24. ISSN 2306-9716.

3. Кропивницька Т.П. Вплив карбонатних добавок на властивості портландцементу композиційного. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка».* 2013. № 755 : Теорія і практика будівництва. С. 214–220.

4. Русин Б.Г. Високофункціональні бетони на основі портландцементів, модифікованих ультрадисперсними мінеральними добавками : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.23.05 – будівельні матеріали та вироби ; Національний університет "Львівська політехніка". Львів, 2014. 23 с.

5. Гев'юк І.М. Композиційні портландцементи з добавками природного цеоліту та вапняку. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Рівне, 2015. Вип. 31. С. 149–156.
6. Ковальський В.П. Комплексне золоцементне в'яжуче, модифіковане лужною алюмоферитною добавкою : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2009. 98 с.
7. Вплив мінеральних добавок на властивості цементуючих систем для високофункціональних бетонів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2012. № 737 : Теорія і практика будівництва. С. 184– 191.
8. Макаревич М.С. Сухие строительные смеси для штукатурных работ с тонкодисперсными минеральными добавками : автореф. дис. ... канд. тех. Наук : 05.23.05. Томск, 2005 г. 22 с.
9. Куляев П.В. Эффективный мелкозернистый карбонатный бетон : дис. канд. техн. наук : 05.23.05 Строительные материалы и изделия. Тверь, 2017. 163 с.
10. Белов В.В. Карбонатные бетоны плотной и ячеистой структуры с дисперсным наполнителем. *Вестник Центрального регионального отделения РААСН*. 2013. Вып. 12. С. 234–242.
11. Бондар А.В. Вплив мінеральних мікронаповнювачів на властивості поризованих сухих будівельних сумішей. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Будівництво»*. Випуск 10(18). 2014. С. 44–47.
12. Бондар А.В. Вплив мінеральних мікронаповнювачів і полімерних добавок на властивості сухих будівельних сумішей. *Інноваційні технології в будівництві. Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції 13-15 листопада 2018 р.* Вінниця : ВНТУ, 2018. С. 215–218.

References

1. Bondar A.V. Ispolzovanie karbonatnyih porod kak mikronapolniteley v suhih stroitelnyih smesyah poristoy strukturyi / V.P. Kovalskiy, V.P. Ocheretnyiy, A.V. Bondar // Aktualnyie problemyi arhitekturyi, stroitelstva, energoeffektivnosti i ekologii – 2016: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – V 3-h t. – T. I. – Tyumen: RIO FGBOU VO Tyumenskiy industrialnyiy universitet, 2016. – P. 207-213.
2. Bondar A.V. Utilizatsiya vidhodiv promislovosti shlyahom vigotovlennya na yih osnovi suhih budivelnih sumishey / A.V. Bondar, V.P. Kovalskiy, V.P. Burlakov, E.R. Matviychuk // EkologIchnI nauki: naukovo-praktichniy zhurnal. – K: DEA, 2018. – № 3(22). – P. 21-24. – ISSN 2306-9716.
3. Kropivnitska T. P. Vpliv karbonatnih dobavok na vlastivosti portlandtsementu kompozitsiynogo / T. P. Kropivnitska, M. A. Sanitskiy, I. M. Gev'yuk // Visnik Natsionalnogo universitetu «Lvivska politehnika». – 2013. – № 755 : TeorIya I praktika budIvnitstva. – P. 214–220.
4. Rusin B.G. VisokofunktsIonalnI betoni na osnovI portlandtsementIv, modifIkovanih ultradispersnimi mIneralnimi dobavkami : avtoreferat disertatsIYi na zdobuttya naukovogo stupenya kandidata tehnIchnih nauk : 05.23.05 – budIvelnI materIali ta virobi / Bogdan GeorgIyovich Rusin ; NatsIonalniy unIversitet "LvIvska polItehnIka". – LvIv, 2014. – 23 p.
5. Gev'yuk I.M. Kompozitsiyni portlandtsementi z dobavkami prirodnogo tseolitu ta vapnyaku / I.M. Gev'yuk, T.P. Kropivnitska, M.A. Sanitskiy // Resursoekonomni materiali, konstruktsiyi, budivli ta sporudi. – Rivne, 2015. – Vip. 31. – P. 149-156.
6. Kovalskiy, V. P. Kompleksne zolotsementne v'yazhuche, modifikovane luzhnoyu alyumoferitnoyu dobavkoyu: monografiya / V. P. Kovalskiy, V. P. Ocheretniy. – Vinnitsya : VNTU, 2009. – 98 p.
7. Vpliv mineralnih dobavok na vlastivosti tsementuyuchih sistem dlya visokofunktsIonalnih betoniv / M. Sanitskiy, O. Poznyak, B. Rusin, I. Gev'yuk // Visnik Natsionalnogo universitetu «Lvivska politehnika». – 2012. – № 737 : Teoriya i praktika budivnitstva. – P. 184– 191.
8. Makarevich, M.S. Suhie stroitelnyie smesi dlya shtukaturnyih rabot s tonkodispersnyimi mineralnyimi dobavkami: avtoref. dis. ... kand. teh. nauk: 05.23.05 / Makarevich Marina Sergeevna. – Tomsk, 2005. – 22 p.
9. Kulyaev P. V. Effektivnyiy melkozernistyiy karbonatnyiy beton : dis. kand. tehn. nauk : 05.23.05 Stroitelnyie materialyi i izdeliya / Kulyaev Pavel Viktorovich. – Tver, 2017. – 163 p.
10. Belov V.V. Karbonatnyie betonyi plotnoy i yacheistoy strukturyi s dispersnyim napolnitelem / V.V. Belov, Yu.Yu. Kuryatnikov, P.V. Kulyaev // Vestnik Tsentralnogo regionalnogo otdeleniya RAASN. – 2013. – Vyip. 12. – P. 234–242.
11. Bondar A.V. Vpliv mineralnih mikronapovnyuvachiv na vlastivosti porizovanih suhih budivelnih sumishey / V.P. Ocheretniy, V.P. Kovalskiy, A.V. Bondar // Visnik Sumskogo natsionalnogo agrarnogo universitetu. Seriya: «Budivnitstvo». – Vipusk 10 (18). – 2014. – P. 44-47.
12. Bondar A.V. Vpliv mineralnih mikronapovnyuvachiv i polimernih dobavok na vlastivosti suhih budivelnih sumishey / A.V. Bondar // Innovatsiyni tehnologiyi v budivnitstvi. Zbirnik materialiv Mizhnarodnoyi naukovo-tehnichnoyi konferentsiyi 13-15 listopada 2018 r. – Vinnitsya: VNTU, 2018. – P. 215-218.

ВЛИЯНИЕ КАРБОНАТНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ПОРИЗОВАННЫХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Аннотация. *В публикации приведены результаты исследования влияния карбонатных добавок на физические и механические свойства поризованных сухих строительных смесей. Установлено положительное влияние от введения тонкодисперсных отходов обработки известняков на снижение средней плотности и повышение прочности поризованных смесей. Показано, что отходы дробления известняков, введенных в виде тонкомолотой минеральной добавки, положительно влияют на процессы структурообразования цементных композиций в составе поризованных сухих строительных смесей. Некоторая химическая активность тонкомолотого карбонатного наполнителя способствует равномерному распределению добавок-поризаторив в смеси, позволяет значительно уменьшить разрушение пор в процессе твердения смеси, снизить водо-твердное отношение смеси. Проведен экспериментальный подбор составов поризованных сухих строительных смесей с использованием карбонатных добавок различной гранулометрии. Исследовано влияние совместного помола карбонатных добавок с другими заполнителями на свойства сухих строительных смесей.*

Ключевые слова: сухие строительные смеси, карбонатная добавка, отходы, поризованные смеси, физико-механические свойства раствора.

Бондарь А.В.
ассистент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры,
Винницкий национальный технический университет, г. Винница

INFLUENCE OF CARBONATE ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF POROUS DRY BUILDING MIXTURES

Abstract. *Actual issues in the context of raising the cost of energy carriers increase the standards of energy conservation is the manufacture of composite building materials based on secondary raw materials, for example, by-products of mining and other industries. Such materials can be cement dry construction mixtures, which are added industry waste in the form of fillers, fillers and fine additives. Introduction of additives-porositors, foaming agents and surfactants allows obtaining new high-performance mineral dry mixtures that have improved thermal and acoustic properties of the hardened solution by creating a porous structure with a uniform distribution of air pores.*

The publication presents the results of the study of the influence of carbonate additives on the physical and mechanical properties of porous dry building mixtures. Positive influence from introduction of finely dispersed waste processing of modeling on reduction of average density and increase of strength of mixtures has been established. It is shown that waste limestone fractions introduced in the form of a thin-walled mineral additive positively influence the processes of the formation of cement compositions in the composition of porous dry building mixtures. Some chemical activity of the fused carbonate filler contributes to a uniform distribution of additives in the mixture, which allows to significantly reduce the destruction of pores during the solidification of the mixture, to reduce the water-hardening ratio of the mixture. The experimental selection of warehouses of porous dry building mixtures with the use of carbonate additives of different granulometry has been carried out. The influence of joint milling of carbonate additives with other fillers and the properties of dry building mixtures is investigated. Additional mechanical activation of raw components by co-grinding all the components of a dry building mixture allows to achieve an increase in the energy of the crystalline lattice particles of the mixture, to create structural defects, etc., and positively affects the mechanical properties of the porous mixture. Also, the dependence of the properties of dry building mixtures on the layers of floors depending on the ratio of CA / C (carbonate additive / cement) was found.

Key words: dry building mixtures, carbonate additive, waste, porous mixtures, physical and mechanical properties of the solution.

Bondar A.V.
Assistant of the Department of Construction,
Urban and Architecture Development, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia