

УДК 539.3

РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ ГІПСОВИХ НАЛИВНИХ ПІДЛОГ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ З КОМЕРЦІЙНИМИ СУМІШАМИ

П.В. Захарченко,
канд. техн. наук, професор

В.Л. Скрипник

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
проспект Повітряних Сил, 31, Київ, 03037*

DOI: 10.32347/2410-2547.2025.114.284-291

В даній роботі наведено результати розробки власної гіпсової суміші для наливних підлог, а також порівняння характеристик з комерційними сумішами, представленими на ринку України. Вивчено фізико-механічні характеристики підлогових покриттів, зроблено аналіз мікроструктури. Також для підвищення споживних властивостей гіпсових наливних підлог запропоновано введення до їх складу базальтової фібри у якості армуючої складової та проведено відповідні експерименти. В результаті експериментів були отримані дані, про те, що додавання базальтового волокна дозволяє підвищити показники міцності гіпсових наливних підлог. Також показники стираності можуть бути покращені, однак при додаванні не менше 1% базальтової фібри.

Ключові слова: сухі будівельні суміші, гіпсові наливні підлоги, споживні властивості, модифікація складу, армуюча складова, базальтова фібра, лабораторні випробування, розтічність, час тужавіння, міцність на стиск, міцність на розтяг при вигині, стираність.

Вступ. Гіпсові наливні підлоги є популярним вибором для вирівнювання поверхонь завдяки їх швидкому затвердінню, екологічності та високій адгезії до основи. Проте важливим завданням є підвищення механічної міцності, зменшення пористості та забезпечення тривалої експлуатаційної стійкості. У роботі наведені дані розробки оптимального складу гіпсової наливної підлоги з використанням армуючих волокон, а також порівняння отриманих результатів з обраними комерційними сумішами, які представлені на ринку України.

Частина 1: Розробка власних складів гіпсових сумішей для підлогових покриттів

Для дослідження були використані наступні компоненти:

1. **Гіпсове в'язуче** $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ (ДСТУ Б В. 2.7-82:2010) першого сорту, яке забезпечує міцність і швидке твердіння
2. **Базальтове волокно** (ТУ У В.2.7-26.8-34323267-002:2009), що підвищує міцність на згин та запобігає утворенню мікротріщин, зменшує стираність.
3. **Вода** у необхідній кількості для забезпечення розтічності суміші та гідратації гіпсу.
4. **Сухий мелений кварцовий пісок без засмічень** (ДСТУ Б В.2.7-131:2007).

В результаті проведених досліджень було обрано три варіанти складів, що показали найкращі результати:

- Склад 1: 70% гіпсу, 15% кварцового піску, 12% води, 3% базальтового волокна.
- Склад 2: 75% гіпсу, 15% кварцового піску, 9% води, 1% базальтового волокна.
- Склад 3: 70% гіпсу, 18% кварцового піску, 10% води, 2% базальтового волокна.

Методи дослідження

1. Механічні випробування, включаючи визначення міцності на стиск і згин відповідно до стандарту ДСТУ Б В.2.7-82:2010

2. Тест на стирання, що дозволяє оцінити довговічність покриття.

3. Мікроструктурний аналіз за допомогою скануючого електронного мікроскопа (SEM) для оцінки пористості та визначення мікроструктури.

Результати досліджень показали, що додавання базальтового волокна покращує механічні властивості проаналізованих складів.

Таблиця 1

Результати дослідження

Тип суміші	Зразок	Міцність на згин (МПа)	Міцність на стиск (МПа)	Втрата маси при випробуванні на стиранисть (%)
Склад 1	Контрольний	2.89	52.37	-4.65
	З базальтовим волокном 3%	3.08	56.53	-4.29
Склад 2	Контрольний	3.20	55.65	-3.45
	З базальтовим волокном 1%	3.4	60.50	-3.29
Склад 3	Контрольний	2.95	53.3	-4.23
	З базальтовим волокном 2%	3.29	59.7	-4.10

• **Міцність на стиск** зросла найбільше у складі 2 з 55.65 МПа до 60.50 МПа, що свідчить про високу ефективність навіть при мінімальному вмісті базальтового волокна (1%).

• **Міцність на згин** також покращилась у всіх зразках, найбільше — у складі 2 (+0.2 МПа), що демонструє збалансовану структуру суміші цього складу.

• **Стираність** зменшилася у всіх модифікованих складах, що вказує на підвищену зносостійкість покриття.

Склад 2 демонструє найкращі показники міцності і стирання, що робить його найбільш оптимальним для використання.

Аналіз мікроструктури

Склад 1 має підвищену пористість і нерівномірний розподіл волокон, що знижувало загальну міцність (рис. 1-2).

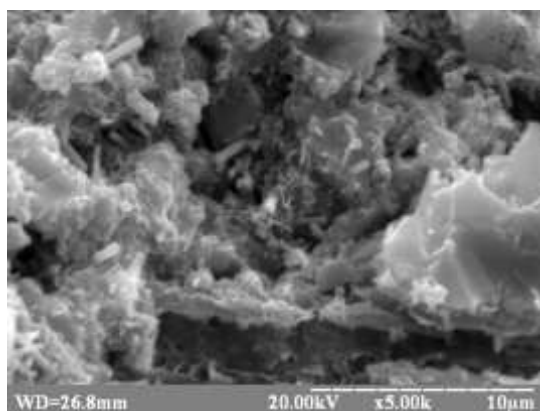


Рис. 1. Склад 1

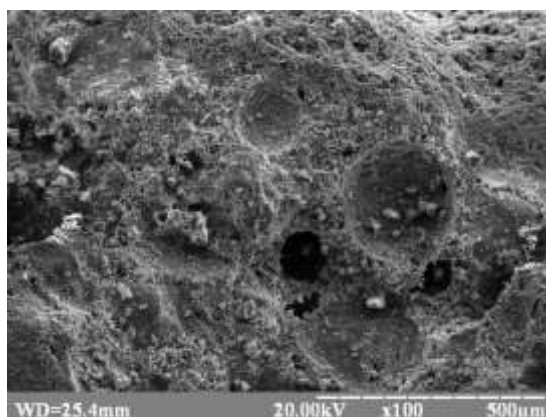


Рис. 2. Склад 1

Склад 2 має найбільш оптимальну структуру з рівномірним розподілом армуючих волокон та щільною кристалічною структурою (рис. 3-4).

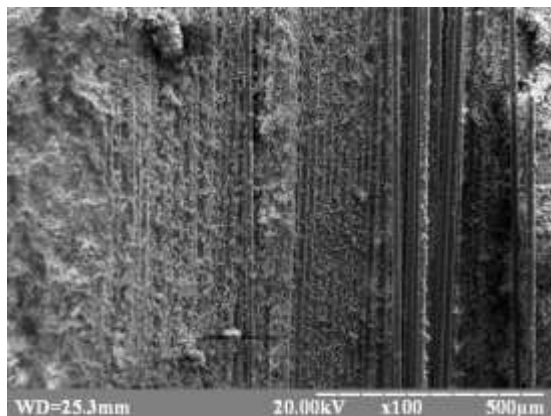


Рис. 3. Склад 2

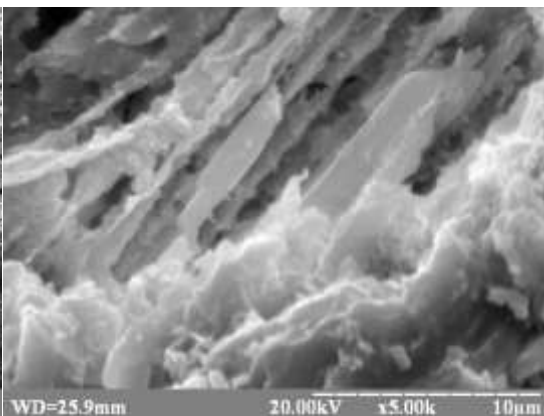


Рис. 4. Склад 2

Склад 3 має кращу адгезію гіпсу до волокон, але дещо вищу пористість, ніж у складу 2 (рис. 5-6).

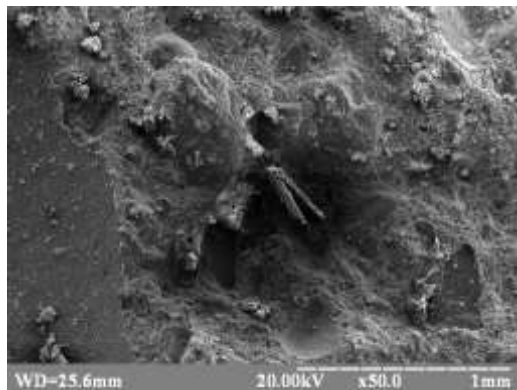


Рис. 5. Склад 3

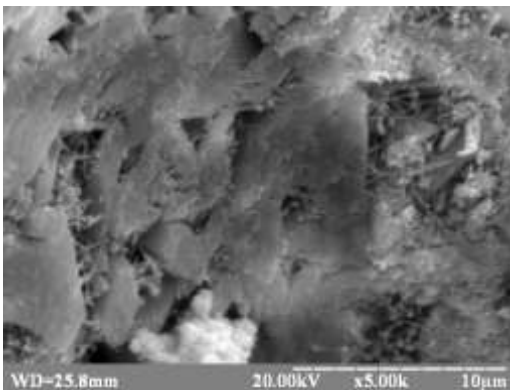


Рис. 6. Склад 3

Частина 2: Вибір комерційних сумішей, що найбільше відповідають досліджуваним складам

Після визначення оптимального складу власної гіпсової наливної підлоги, було проведено порівняльний аналіз із трьома комерційними сумішами що найбільше відповідають за складом обраним нами, та доступними на ринку України: **Polimin TP-5**, **BUDMAJSTER D-319** і **Baumit Nivello Quattro**.

1. Власна суміш:

- Суміш на основі складу 2
- Базальтове волокно (довжина 12 мм, оброблене для підвищення адгезії).

2. Комерційні суміші:

- **Polimin TP-5** (ДСТУ EN 13813)
 - i. Контрольний
 - ii. З додаванням фібри:
 - 1. Базальтове волокно (довжина 12 мм, оброблене для підвищення адгезії).
- **BUDMAJSTER D-319** (Г.2.ПР2 ДСТУ Б В.2.7-126:2011)
 - i. Контрольний
 - ii. З додаванням фібри:
 - 1. Базальтове волокно (довжина 12 мм, оброблене для підвищення адгезії).

○ **Baumit Nivello Quattro**(ДСТУ Б В.2.7-126:2011)

i. Контрольний

ii. З додаванням фібри:

1. Базальтове волокно (довжина 12 мм, оброблене для підвищення адгезії).

Методи досліджень:

1. **Механічні випробування:**

○ Міцність на стиск і згин (випробування згідно з ДСТУ Б В.2.7-82:2010).

○ Випробування на стираність.

2. **Мікроскопічний аналіз:**

○ Використовувався скануючий електронний мікроскоп (SEM) для вивчення пористості, кристалічної структури та адгезії компонентів.

○ Досліджувалися зразки: Контрольний та з додаванням базальтового волокна.

Результати механічних випробувань свідчать, що додавання базальтового волокна суттєво впливає на характеристики гіпсового каменю.

Таблиця 2

Результати дослідження

Тип суміші	Зразок	Міцність на згин (МПа)	Міцність на стиск (МПа)	Втрата маси при випробуванні на стираність (%)
Власна суміш	Контрольний	3.20	55.65	-3.45
	З базальтовим волокном 1%	3.4	60.50	-3.29
Polimin TP-5	Контрольний	3.09	52.82	-6.52
	З базальтовим волокном 1%	3.27	55.9	-6.33
BudMajster D-319	Контрольний	3.42	64.3	-4.23
	З базальтовим волокном 1%	3.72	69.7	-4.10
Baumit Nivello	Контрольний	3.19	66.45	-1.92
	З базальтовим волокном 1%	3.74	68.1	-2.14

В таблиці представлені результати випробувань на міцність гіпсового каменю, виготовленого з чотирьох різних сумішей гіпсових підлог (Власна суміш, Polimin TP-5, BudMajster D-319, Baumit Nivello Quattro). Контрольні зразки та з додаванням базальтового волокна.

Ключові спостереження

1. **Міцність на стиск:**

○ У всіх сумішах додавання базальтового волокна підвищує міцність на стиск.

○ Найбільше покращення міцності спостерігається у суміші BudMajster D-319 (+7.74% у порівнянні з контрольним зразком).

2. **Міцність на згин:**

○ Міцність на згин також покращується при додаванні волокна, що свідчить про покращення еластичності матеріалу.

○ Суміш Baumit Nivello Quattro показала найбільше зростання міцності на згин (+14.70%).

3. **Стираність:**

○ У більшості випадків додавання базальтового волокна знижує стираність матеріалу.

- У суміші Baumit Nivello Quattro спостерігається незначне збільшення витрати маси (-2.14% відносно контрольного зразка).

Аналіз мікроструктури гіпсового каменю, виготовлених з гіпсових складів комерційних сумішей

1. Polimin TP-5

Гіпсовий камінь на основі суміші Polimin TP-5 має досить щільну структуру. В той же час поверхня досить пориста та містить досить багато новоутворень. Також адгезія між гіпсовим в'язучим і волокном є недостатньою. Після руйнування на волокні не залишається гіпсового в'язучого що видно на мікрофотографія проаналізованих зразків (рис. 7-8).

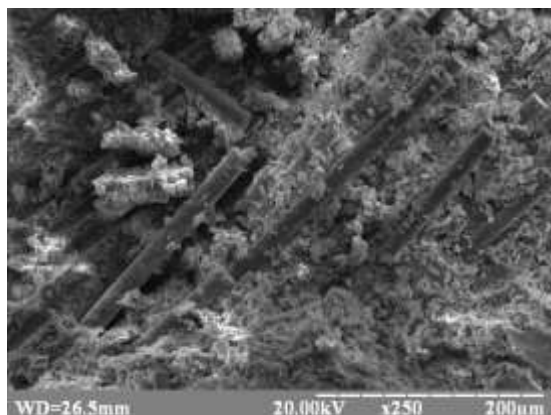


Рис. 7. Polimin TP-5

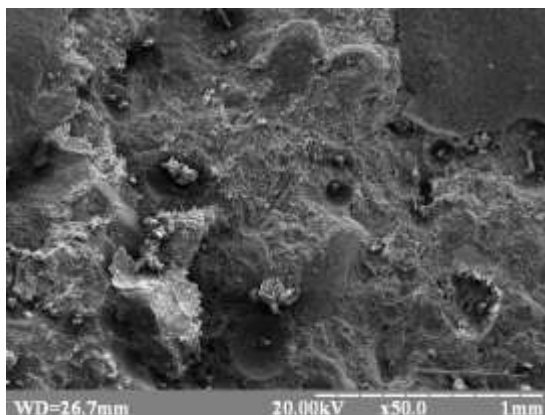


Рис. 8. Polimin TP-5

2. BUDMAJSTER D-319

Гіпсовий камінь на основі суміші BUDMAJSTER D-319 - найбільш міцна суміш і має найбільш довершену структуру, це видно на контрольному зразку представленому на 9-10 рисунку (мікрофотографії). Структура без тріщин і без пор, з великим вмістом гексагональних кристалів гіпсового каменю (рис. 9-10).

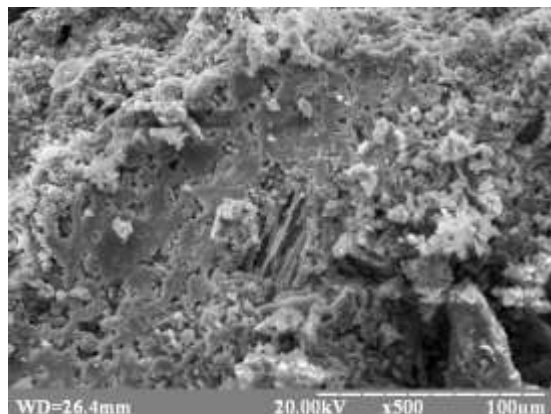


Рис. 9. Budmajster D-319

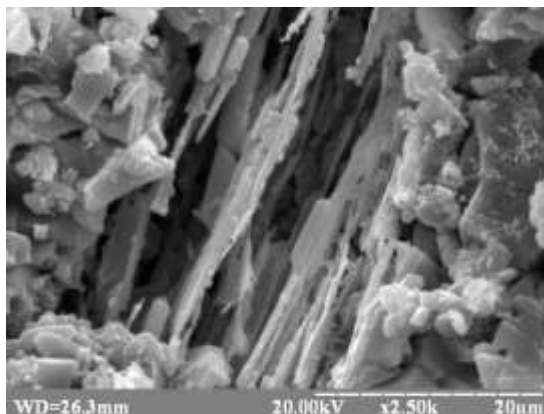


Рис. 10. Budmajster D-319

Суміш BUDMAJSTER D-319 з 1 відсотковим вмістом волокна, має дуже багато руйнувань, що йде не по волокну а по гіпсовому в'язучему. В той же час гіпсове в'язуче міцно тримається (руйнування йде по гіпсовому каменю) на волокні, що видно на мікрофотографіях (рис. 11-12).

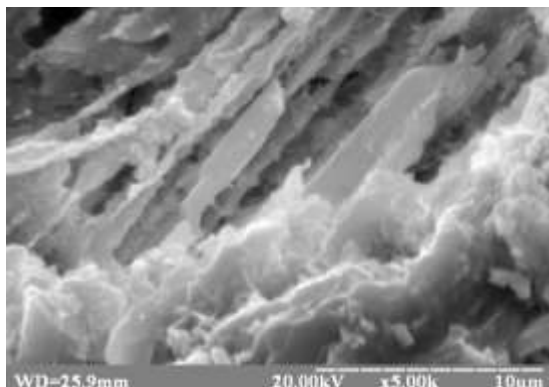


Рис. 11. Budmajster D-319

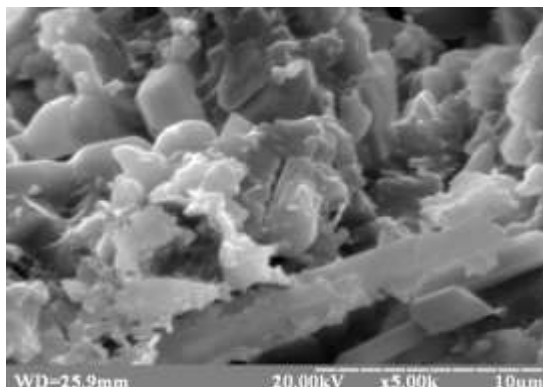


Рис. 12. Budmajster D-319

3. Baunit Nivello Quattro

Гіпсовий камінь на основі суміші Baunit Nivello Quattro має значні відмінності, так при порівнянні мікроструктури Baunit Nivello Quattro і BUDMAJSTER D-319, видно значно більшу кількість гіпсового каменю у BUDMAJSTER D-319. В BaunitNivelloQuattro мікроструктура представлена значно меншими кристалічними утвореннями, при цьому вяжуче має гарну адгезію до базальтового волокна що видно на рис. 13-16, поданих нижче.

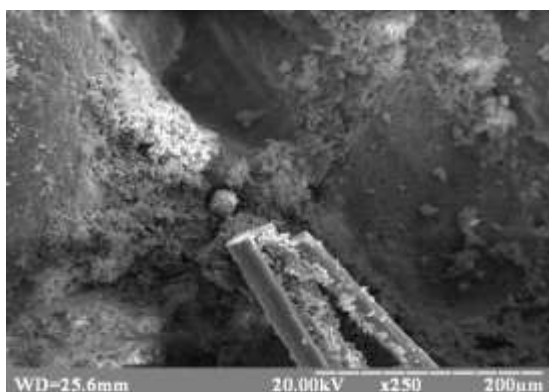


Рис. 13. BaunitNivelloQuattro

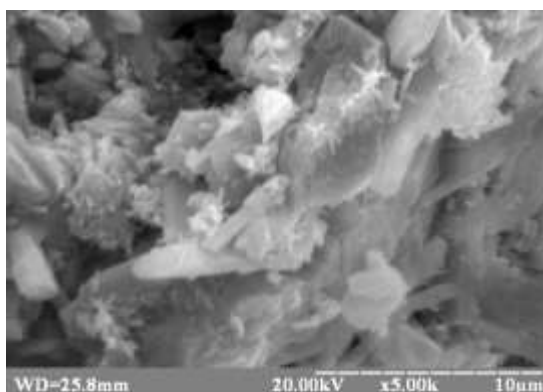


Рис. 14. BaunitNivelloQuattro

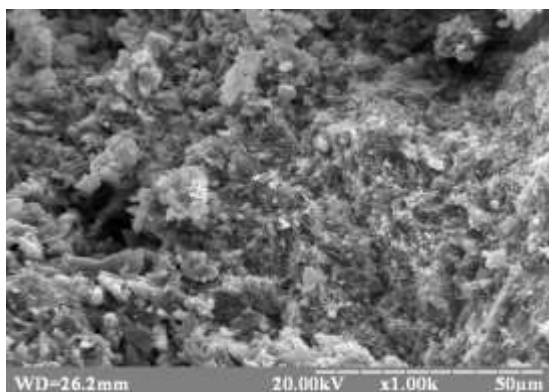


Рис. 15. BaunitNivelloQuattro

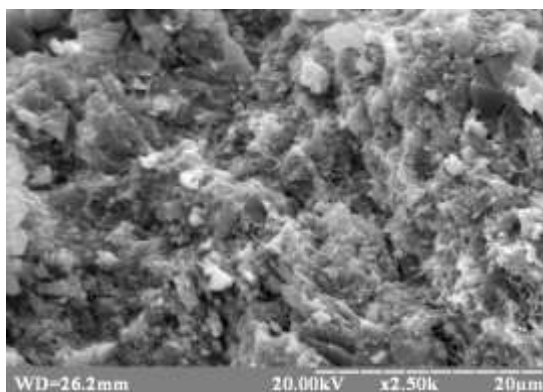


Рис. 16. BaunitNivelloQuattro

Висновки

1. Додавання базальтового волокна значно покращує механічні властивості гіпсових наливних підлог за рахунок армування і рівномірного розподілу напружень.
2. Мікроструктурний аналіз показав, що власна суміш має перевагу над Polimin TP-5 і BaumitNivelloQuattro за рахунок більш довшої структури і покращення адгезії.
3. BUDMAJSTER D-319 є найбільш досконалим комерційним зразком, але додавання волокна дозволяє власній суміші досягти схожих або кращих характеристик.
4. Оптиміальний склад гіпсової наливної підлоги включає 1% базальтового волокна, що забезпечує підвищення міцності на 15-20%.
5. Поліпшення адгезії та зменшення пористості сприяє підвищенню довговічності покриттів.
6. Власна суміш демонструє конкурентні характеристики та може бути рекомендована для промислового впровадження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондарь А.В., Ковальский В.П., Очеретный В.П. и Бурлаков В.П. Цементные сухие строительные смеси с улучшенными теплозвукоизоляционными свойствами для устройства элементов полов гражданских зданий. Международный периодический рецензируемый научный журнал «International periodic scientific journal SWorldJournal», Issue № 1, pp. 46-52, 2019. DOI: 10.30888/2410-6615.2019-01-01-043.
2. Ефективні гіпсові матеріали: монографія / Дворкін Л. Й., Гавриш О.М., Безусяк О.В. та інші; за ред. Л. Й. Дворкіна. - К.: Павленко, 2013. - 239 с.
3. Захарченко П.В. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали: підручник / П.В. Захарченко, Е.М. Долгий, Ю.О. Галаган та інші. -К.: КНУБА, 2005. -512 с.
4. Казимагомедов И.Э. Повышение стойкости наливных полов к истиранию / И.Э. Казимагомедов, С. Ю. Шептун // Научный вестник строительства, за заг. ред. д-ра техн. наук Д. Ф. Гончаренка. – Харків: ХНУБА, 2015. – С. 69-73.
5. Карапузов Е.К. Сухие строительные смеси / Е. К. Карапузов, Г. Лутц, Х. Герольд и др.// – К.: “Техника”, 2000. – 226 с.
6. Максименко А.А. Сухі будівельні суміші для підлог на основі магнезіальних композицій. дис. канд. наук., Придніпр. держ. акад. буд-ва та архіт., Дніпро, Україна, 2013.
7. Підлоги у сучасному будівництві: наукове видання. Карапузов Є.К., Соха В.Г., Ушеров-Маршак О.В. та інші. К.: Вища освіта, 2012. – 232 с.
8. Саламаха Л.В. Сухі будівельні суміші з базальтовими волокнами для влаштування елементів підлоги. дис. канд. наук., Придніпр. держ. акад. буд-ва та архітектури, Дніпро, Україна, 2010.
9. Троян В.В. Сухі суміші та розчини на їх основі для влаштування підлог промислових будівель. дис. канд. наук., Київський нац. ун-т будівництва і архітектури, Київ, 2007.

REFERENCES

1. Bondar` A.V., Koval'sky`j V.P., Ocheretnyj V.P. y` Burlakov V.P. Tsementnye sukhyye stroytelnye smesy s uluchshennymy teplozvukozolyatsionnyy svoystvamy dlya ustroystva elementov polov grazhdanskykh zdaniy (Cement dry building mixes with improved heat and sound insulation properties for the construction of floor elements in civil buildings). Mezhdunarodnyj pery`ody`chesky`j recenzy`ruemyj nauchnyj zhurnal «International periodic scientific journal SWorldJournal», Issue # 1, rr. 46-52, 2019. DOI: 10.30888/2410-6615.2019-01-01-043.
2. Efekty`vni gipsovi materialy`: monografiya (Effective gypsum materials: monograph)/ Dvorkin L. J., Gavry`sh O.M., Bezusyak O.V. tainshi; zared. L. J. Dvorkina. - K. : Pavlenko, 2013. - 239 s.
3. Zaxarchenko P.V. Suchasni kompozy`cijni budivel`no-ozdoblyuval`ni materialy`: pidruchny`k (Modern composite building and finishing materials: a textbook) / P.V. Zaxarchenko, E.M. Dolgy`j, Yu.O. Galagantainshi. -K.: KNUBA, 2005. -512 s.
4. Kazy`magomedov Y`.E. Povysheny`e stojkosty` naly`vnyh polov k y`sty`rany`yu (Increasing the resistance of self-leveling floors to abrasion) / Y`.E. Kazy`magomedov, S. Yu. Sheptun // Naukovy`jvisny`k budivny`cztva, zazag. red. d-ratexn. nauk D. F. Goncharenka. – Xarkiv: XNUBA, 2015. – S. 69-73.
5. Karapuzov E.K. Suhyye stroy`tel`nye smesy (Dry building mixes) / E. K. Karapuzov, G. Lutcz, X. Gerol`d y` dr.// – K.: Texny`ka, 2000. – 226 s.
6. Maksy`menko A.A. Suhi budivel`ni sumishi dlya pidlog na osnovi magnezial`nyh kompozy`cij (Dry construction mixtures for floors based on magnesia compositions). dy`s. kand. nauk., Pry`dnipr. derzh. akad. bud-vataarxit, Dnipro, Ukrayina, 2013.
7. Pidlogy` u suchasnomu budivny`cztvi: naukovye vy`dannya (Floors in modern construction: scientific publication.). KarapuzovYe.K., Soxa V.G., Usherov-Marshak O.V. ta inshi. K.: Vy`shha osvita, 2012. – 232 s.
8. Salamaha L.V. Suhi budivel`ni sumishi z bazal`tovy`my` voloknamy` dlya vlashtuvannya elementiv pidlogy` (Dry building mixtures with basalt fibers for arranging floor elements). dy`s. kand. nauk., Pry`dnipr. derzh. akad. bud-vataarxitektury`, Dnipro, Ukrayina, 2010.
9. Troyan V.V. Suhyye sumishi ta rozchyny` na yih osnovi dlya vlashtuvannya pidlog promyslovyh budivel` (Dry mixes and solutions based on them for arranging floors in industrial buildings). dy`s. kand. nauk., Ky`yivs`ky`jnacz. un-t budivny`cztva i arxitektury`, Ky`yiv, 2007.

*Захарченко П.В., Скрипник В.Л.***РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ ГІПСОВИХ НАЛИВНИХ ПІДЛОГ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ З КОМЕРЦІЙНИМИ СУМІШАМИ**

Стаття присвячена розробці оптимального складу гіпсових наливних підлог шляхом додавання базальтового волокна. У дослідженні розглянуто вплив армуючого компонента на ключові показники якості, зокрема міцність на стиск, міцність при згині, зносостійкість та пористість. Лабораторні випробування проведено для трьох експериментальних сумішей з різним співвідношенням гіпсового в'язучого, води та базальтового волокна. Мікроскопічний аналіз за допомогою скануючого електронного мікроскопа показав, що введення базальтового волокна підвищує адгезію між волокном і гіпсом, зменшує пористість та покращує механічні властивості.

Для порівняння розроблений склад було проаналізовано поряд із трьома комерційними сумішами, представленими на ринку України: "Budmeister D-319", "Polymin TP-5" та "BaumitNivelloQuattro". Комерційні зразки оцінювалися за показниками міцності на стиск та згин, цілісності мікроструктури та стираності.

Дослідження підтвердило, що інтеграція базальтового волокна у гіпсові наливні підлоги суттєво покращує їхні механічні характеристики, щільність мікроструктури та стійкість до зносу. Рекомендовано провести подальші дослідження для оцінки довготривалої експлуатації покриттів, їхньої теплопровідності, економічної ефективності та екологічного впливу.

Ключові слова: сухі будівельні суміші, гіпсові наливні підлоги, споживні властивості, модифікація складу, армуюча складова, базальтова фібра, лабораторні випробування, розтічність, час тужавіння, міцність на стиск, міцність на розтяг при згині, стираність.

*Zaharchenko P.V., Skrypnik V.L.***DEVELOPMENT OF THE OPTIMAL COMPOSITION OF GYPSUM SELF-LEVELING FLOORS AND COMPARATIVE ANALYSIS WITH COMMERCIAL MIXTURES**

The article is devoted to the development of optimal composition of gypsum self-leveling floors by adding basalt fiber. The study examines the effect of there in forcing component on the main quality parameters including compressive strength, flexural strength, wear resistance and porosity. Laboratory tests were conducted for three experimental mixtures with different proportions of gypsum binder, water and basalt fiber. Scanning electron microscope microscopic analysis showed that the addition of basalt fiber increased the adhesion between fiber and gypsum, reduced porosity and improved mechanical properties.

For comparison, the developed composition was analyzed along with three commercial mixtures presented on the Ukrainian market: "Budmeister D-319", "Polymin TP-5" and "BaumitNivelloQuattro". Commercial samples were evaluated for compressive and flexural strength, microstructural integrity and wear resistance.

The study confirmed that the addition of basalt fiber to gypsum self-leveling floors significantly improves their mechanical performance, microstructural density and durability. Further studies are recommended to evaluate the long-term performance of the coatings, their thermal conductivity, cost effectiveness and environmental impact.

Keywords: dry building mixtures, gypsum poured floors, consumer properties, composition modification, reinforcing component, basalt fiber, laboratory tests, creep, hardening time, compressive strength, tensile strength during bending, abrasion.

УДК 539.3

Захарченко П.В., Скрипник В.Л. Розробка оптимального складу гіпсових наливних підлог та порівняльний аналіз з комерційними сумішами // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірн. – К.: КНУБА, 2025. – Вип.114. – С. 284-291.

Табл. 2. Лл. 16. Бібліогр. 9 назв.

UDC 539.3

Zaharchenko P.V., Skrypnik V.L. Development of the optimal composition of gypsum self-leveling floors and comparative analysis with commercial mixtures // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-&Technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2025. – Issue 114. – P. 284-291.

Tabl. 2. Fig. 16. Ref. 9.

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри ТКД КНУБА ЗАХАРЧЕНКО Петро Володимирович.

Адреса: 03680 Україна, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, КНУБА, кафедра ТКД, Захарченко Петро Володимирович.

Робочий тел.: +38(044) 520-01-31

E-mail: tkd362pz@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9172-0940>

Автор (науковий ступінь, вчене звання, посада): аспірант кафедри ТКД КНУБА СКРИПНИК Владислав Леонідович.

Адреса: 03680 Україна, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, КНУБА, кафедра ТКД, Скрипник Владислав Леонідович.

Тел.: +38(066) 227 05 08

E-mail: skrypnik.vladyslav@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3140-8749>