

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування іншого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

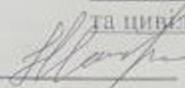
Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури
(повна назва кафедри (предметної, цільової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

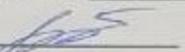
на тему:

**ЕФЕКТИВНІ СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ НА ОСНОВІ МІСЦЕВИХ
МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА**

Виконала: студентка 2-го курсу, групи Б-23мз
спеціальності 192 – «Будівництво
та цивільна інженерія»


Гродова Н. Ю.

Керівник: к.т.н., доц. каф. БМГА

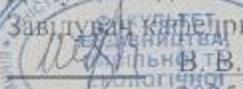

Бондар А. В.

«16» червня 2025 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. ІСБ


Панкевич О. Д.

«16» червня 2025 р.

Допущено до захисту
Завідуючий кафедрою БМГА

Швець В. В.
«16» червня 2025 р.
Вінницький національний технічний університет

Вінницький національний технічний університет
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 19 – Архітектура та будівництво
Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма Промислове та цивільне будівництво



ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Іродовій Наталії Юрівній

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) ЕФЕКТИВНІ СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ НА
ОСНОВІ МІСЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА

керівник роботи Бондар Альона Василівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце зв'язку)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "20" березня 2025 року №96.

2. Строк подання магістрантом роботи 30.05.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: нормативна література, результати досліджень,
фрагмент ситуаційного плану, карта місцевості

4. Зміст текстової частини: Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, новизна, практична значимість, апробація). Розділ 1 Аналіз стану розробки ефективних сухих будівельних сумішей для житлового будівництва (Актуальність застосування сухих будівельних сумішей у сучасному будівництві. Аналіз проблем традиційних сумішей, Оцінка властивостей місцевих сировинних матеріалів для виробництва сухих будівельних сумішей. Висновки до розділу 1). Розділ 2 Методика експериментального дослідження ефективних сухих будівельних сумішей (Технічні характеристики використаних сировинних матеріалів. План експерименту. Етапи експериментального дослідження. Результати експериментальних досліджень складів СБС. Висновки до розділу 2). Розділ 3 Аналіз результатів експериментального дослідження (Побудова математичних моделей. Підбір оптимальних складів СБС з урахуванням газобетонної основи. Висновки до розділу 3). Розділ 4 Технічна частина (Рішення генерального плану. Архітектурно-будівельні рішення. Протипожежні заходи. Інженерне обладнання будівлі. Організаційно-технологічні рішення. Галузь застосування технологічної карти. Організація і технологія виконання робіт. Калькуляція трудовитрат. Техніко-економічні показники. Охорона праці. Висновки до розділу 4). Розділ 5 Економічна частина. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік ілюстративно-графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Науково-дослідний розділ – 5-10 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи). 2. Архітектурно-будівельні рішення – 2-3 арк. (архітектурно-будівельні рішення житлової будівлі). 3. Організаційно-технологічні рішення – 1 арк. (Технологічна карта на влаштування теплоізоляції фасадів житлової будівлі. Календарний графік виконання робіт).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Вступ, науковий розділ 1-3	Бондар А. В., к.т.н., доцент кафедри БМГА	<i>[Signature]</i> 02.01.25	<i>[Signature]</i> 14.02.25
Розділ 4. Технічна частина. Архітектурно-будівельні та конструктивні рішення	Бондар А. В., к.арх., доцент кафедри БМГА	<i>[Signature]</i> 17.02.25	<i>[Signature]</i> 19.04.25
Розділ 4. Технічна частина. Організаційно-технологічні рішення	Бондар А. В., к.т.н., доцент кафедри БМГА	<i>[Signature]</i> 19.03.25	<i>[Signature]</i> 19.04.25
Розділ 5. Економічна частина	Лялюк О. Г., к.т.н., доцент кафедри БМГА	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

7. Дата видачі завдання 02.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання вступу до МКР	02.01-15.01.25	
2	Науково-дослідна частина (три розділи)	02.01-14.02.25	викон.
3	Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту	17.02-15.03.25	викон.
4	Організаційно-технологічні рішення	17.03-12.04.25	викон.
5	Подання роботи на перевірку на наявність текстових запозичень	14.04-19.04.25	викон.
6	Економічна частина	14.04-30.04.25	викон.
7	Оформлення МКР	01.05-12.05.25	викон.
8	Подання МКР на кафедру для перевірки	12.05-16.05.25	викон.
10	Попередній захист	30.05.25	викон.
11	Опонування	02.06-10.06.25	викон.
12	Захист МКР	11.06-24.06.25	викон.

Здобувач *[Signature]* Тродова Н. Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи *[Signature]* Бондар А. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 691.5

Іродова Н. Ю., Ефективні сухі будівельні суміші на основі місцевих матеріалів для житлового будівництва. Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія». Вінниця: ВНТУ, 2025. 72 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 48 назв; рис.: 10; табл. 23; арк. граф. част.: 17.

У магістерській кваліфікаційній роботі досліджено можливості створення ефективних сухих будівельних сумішей для кладки та штукатурення стін із газобетонних блоків на основі місцевої мінеральної сировини. Проаналізовано властивості компонентів (перліту, золи-виносення, цеоліту, доломіту, крейди), визначено їх вплив на теплоізоляційні, адгезійні та структурно-механічні показники сумішей. Розроблено рецептури на гіпсовій і цементній основах, які продемонстрували високу тріщиностійкість, низьку теплопровідність (до 0,26 Вт/м·К), адгезію до газобетону понад 1,05 МПа при щільності до 940 кг/м³.

Виконано багатофакторне моделювання та побудовано поверхні відгуку для вибору оптимального складу. Порівняння з комерційними аналогами (Baumit, Ceresit, Knauf) показало конкурентні переваги розроблених сумішей. Запропоновано технологічну карту на утеплення фасаду із застосуванням досліджених матеріалів. Робота має практичну цінність для енергоефективного будівництва в Україні, зокрема для об'єктів з використанням пористих бетонів.

У четвертому розділі представлено архітектурно-будівельні рішення житлової будівлі, зокрема конструктивну схему, тип перекриттів, стінові матеріали, віконні та дверні блоки, способи утеплення, протипожежні заходи, інженерне обладнання та облаштування протирадіаційного укриття в цокольному поверсі. Наведено характеристику зовнішнього оздоблення, конструкцій крокв та елементів покрівлі. Окрему увагу приділено розробці технологічної карти утеплення фасаду мінераловатними плитами, включно з

послідовністю робіт, калькуляцією трудозатрат, техніко-економічними показниками та заходами з охорони праці. Надано оцінку ефективності використаних конструктивних і теплоізоляційних рішень у контексті сучасних вимог до енергоощадного та безпечного будівництва.

Ключові слова:

сухі будівельні суміші, місцева сировина, перліт, зола-виносення, цеоліт, газобетон, адгезія, теплоізоляція, цементна суміш, гіпсова суміш, тріщиностійкість, моделювання, енергоефективне будівництво.

ANNOTATION

Irodova N. Yu. Efficient Dry Building Mixtures Based on Local Materials for Residential Construction. Master's Thesis, specialty 192 – “Construction and Civil Engineering”. Vinnytsia: VNTU, 2025. 72 p.

In Ukrainian. Bibliography: 48 titles; figures: 10; tables: 23; graphic sheets: 17.

The master's thesis investigates the potential for creating efficient dry building mixtures for masonry and plastering of aerated concrete block walls based on local mineral raw materials. The properties of components (perlite, fly ash, zeolite, dolomite, chalk) were analyzed, and their influence on the thermal insulation, adhesion, and structural-mechanical characteristics of the mixtures was determined. Formulations based on gypsum and cement were developed, demonstrating high crack resistance, low thermal conductivity (down to $0.26 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), and adhesion to aerated concrete exceeding 1.05 MPa with a density up to 940 kg/m^3 .

Multifactor modeling was performed, and response surfaces were constructed to determine the optimal composition. Comparison with commercial products (Baumit, Ceresit, Knauf) showed competitive advantages of the developed mixtures. A technological chart for facade insulation using the studied materials was proposed. The thesis has practical significance for energy-efficient construction in Ukraine, especially for buildings using porous concrete.

The fourth chapter presents the architectural and construction solutions of a residential building, including structural design, types of floor slabs, wall materials, window and door units, insulation methods, fire protection measures, engineering equipment, and arrangement of a radiation-proof shelter in the basement. Descriptions of the exterior finishing, rafter structures, and roofing elements are provided. Special attention is given to the development of a technological chart for facade insulation with mineral wool boards, including work sequence, labor cost calculations, technical and economic indicators, and occupational safety measures. The effectiveness of the

applied structural and thermal insulation solutions is assessed in the context of modern requirements for energy-efficient and safe construction.

Keywords:

dry building mixtures, local raw materials, perlite, fly ash, zeolite, aerated concrete, adhesion, thermal insulation, cement mixture, gypsum mixture, crack resistance, modeling, energy-efficient construction.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ РОЗРОБКИ ЕФЕКТИВНИХ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА	7
1.1 Актуальність застосування сухих будівельних сумішей у сучасному будівництві	7
1.2 Аналіз проблем традиційних сумішей та обґрунтування необхідності локалізації виробництва	9
1.3 Оцінка властивостей місцевих сировинних матеріалів для виробництва сухих будівельних сумішей	11
1.4 Критерії ефективності СБС для житлового будівництва	14
Висновки до розділу 1	16
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ	17
2.1 Технічні характеристики використаних сировинних матеріалів	17
2.2 План експерименту	20
2.3 Етапи експериментального дослідження	23
2.4 Результати експериментальних досліджень складів СБС	25
2.5.1 Міцність при стиску	27
2.5.2 Адгезія до мінеральної основи	28
2.5.3 Водоутримувальна здатність	28
2.5.4 Щільність і пористість	29
2.5.5 Морозостійкість	30
2.5.6 Паропроникність	31
Висновки до розділу 2	32
РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	33
3.1 Побудова математичних моделей	33

	3
3.2 Підбір оптимальних складів СБС з урахуванням газобетонної основи	38
3.2.1 Оптимальний склад СБС на гіпсовій основі	38
3.2.2 Оптимальні цементні склади СБС	40
Висновки до розділу 3	41
РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	43
4.1 Опис рішень генерального плану	43
4.2 Архітектурно-будівельні рішення	44
4.3 Протипожежні заходи	46
4.4 Укриття	47
4.5 Інженерне обладнання будівлі	47
4.5 Організаційно-технологічні рішення	48
4.5.1 Галузь застосування технологічної карти	48
4.5.2 Перелік робіт	49
4.5.3 Організація і технологія виконання робіт	50
4.5.4 Послідовність виконання робіт	52
4.5.5 Калькуляція трудовитрат	53
4.5.6 Техніко-економічні показники	54
4.5.7 Охорона праці	55
Висновок до розділу 4	56
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	57
5.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки СБС	57
5.2 Економічна ефективність використання розроблених СБС	59
5.3 Економічна ефективність експлуатації розроблених СБС	62
Висновки до розділу 5	63
ВИСНОВКИ	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67
ДОДАТКИ	73
Додаток А Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	74
Додаток Б Відомість графічної частини МКР	75

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному житловому будівництві дедалі ширше застосовуються енергоефективні стінові матеріали, зокрема газобетон, що забезпечує зниження тепловтрат будівлі. Однак ефективне використання таких конструкцій потребує застосування спеціалізованих сухих будівельних сумішей (СБС) – як для кладки, так і для декоративно-захисного штукатурного оздоблення.

Сучасні СБС, що використовуються в Україні, мають низку недоліків: високу теплопровідність, недостатню паропроникність, низьку адгезію до пористих основ, таких як газобетон, а також значну собівартість – особливо при використанні імпортової сировини. Водночас Україна має багаті родовища місцевих мінеральних матеріалів (перліт, цеоліт, крейда, доломіт), які можуть стати основою для створення ефективних сумішей нового покоління. Їх застосування дає змогу підвищити енергоефективність, знизити витрати, скоротити логістичне навантаження та зменшити використання традиційних в'язучих компонентів [1].

Таким чином, розробка ефективних сухих сумішей для кладки та штукатурення газобетонних конструкцій з використанням місцевої сировини є актуальним завданням сучасної будівельної науки і практики.

Метою дослідження є розробка ефективних рецептур сухих будівельних сумішей на основі місцевих матеріалів для кладки та оздоблення стін з газобетонних блоків.

Завдання дослідження:

1. Дослідити властивості місцевої сировини: перліту, золи-виносення, цеоліту, крейди, доломіту;
2. Розробити експериментальні склади сумішей на гіпсовій та цементній основі;
3. Змоделювати вплив компонентів на технічні характеристики;

4. Визначити оптимальні рецептури за критеріями адгезії, щільності, теплоізоляції, тріщиностійкості.

Об'єкт дослідження: вплив зміни складу сухої будівельної суміші на її теплоізоляційні, адгезійні та міцнісні властивості.

Предмет дослідження: сухі будівельні суміші на основі місцевих матеріалів для кладки й штукатурення стін з газобетону житлових будівель.

Новизна роботи полягає у наступному:

1. Запропоновано нові рецептури сухих сумішей із комбінованим складом на основі місцевої сировини;
2. Обґрунтовано ефективність використання золи-виносення та перліту як теплоізоляційних та структуроутворюючих компонентів;
3. Отримано склади сумішей, що перевищують технічні характеристики відомих комерційних продуктів при значно нижчій собівартості.

Практичне значення. Розроблені склади сухих будівельних сумішей на основі місцевої сировини (перліт, зола-виносення, доломіт, цеоліт, вапняк) можуть бути використані для кладки й штукатурення стін із газобетону в житловому будівництві. Вони забезпечують високу адгезію, низьку теплопровідність, оптимальну щільність та водоутримувальну здатність.

Отримані результати можуть бути впроваджені у виробництво СБС, використані в технічних умовах, а також застосовані у практиці енергоефективного будівництва. Розроблені технології підтверджено застосуванням у проєкті індивідуального житлового будинку.

Особистий внесок магістранта: усі результати, наведені у магістерській кваліфікаційній роботі, отримані самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать такі: [1] – порівняння традиційних і місцевих матеріалів для будівельних сумішей; порівняння СБС на основі різної сировини.

Апробація результатів роботи. За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 тезу конференції [1] та підготовлено виступ на LIV Всеукраїнській науково-технічній конференції факультету

будівництва, цивільної та екологічної інженерії, яка відбулася у ВНТУ 24-27 березня 2025 року.

Публікації:

За результатами магістерської кваліфікаційної роботи опубліковано 1 тезу конференцій:

1. Іродова Н. Ю., Бондар А. В., Бондар О. В. Ефективність використання місцевих матеріалів та відходів промисловості для виготовлення сухих будівельних сумішей. Матеріали LIV Всеукраїнської науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2025), Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 24.03.2025 – 27.03.2025 р. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/24493/20245>

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ РОЗРОБКИ ЕФЕКТИВНИХ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА

1.1 Актуальність застосування сухих будівельних сумішей у сучасному будівництві

Сучасне житлове будівництво орієнтоване на принципи енергоефективності, економічності та технологічної зручності. Одним із ключових елементів забезпечення високих техніко-експлуатаційних показників будівель є застосування сухих будівельних сумішей (СБС), які виступають базовим компонентом для формування оздоблювальних, монтажних і захисних шарів у стінових конструкціях. Ці суміші дозволяють реалізовувати різноманітні функції – від теплоізоляції до декоративного оформлення поверхонь, при цьому мають високу заводську якість та стабільні властивості [1-3].

Суттєвим фактором, який обумовлює необхідність подальшої розробки СБС, є широке впровадження пористих стінових матеріалів, зокрема газобетону, у житловому будівництві. Газобетонні блоки характеризуються високою паропроникністю, низькою теплопровідністю та порівняно невеликою щільністю, що робить їх оптимальним варіантом для зведення енергоефективних будівель [4]. Проте їхня пориста структура висуває специфічні вимоги до оздоблювальних матеріалів, зокрема до адгезійних і теплофізичних властивостей СБС, що мають застосовуватись у поєднанні з такими блоками [5].

На жаль, традиційні сухі суміші, які переважно імпортуються або виготовляються з використанням іноземних компонентів, не повною мірою відповідають сучасним вимогам, зокрема:

- мають недостатню паропроникність, що порушує природну вентиляцію конструкції та може призводити до накопичення вологи у стінах;
- характеризуються високою щільністю, що погіршує теплоізоляційні властивості огорожувальних конструкцій;

- часто мають низьку адгезію до газобетону, що сприяє відшаруванню оздоблювального шару;

- їх вартість є високою через використання дорогих модифікуючих добавок та транспортування.

Крім того, у контексті воєнного стану, економічної нестабільності та дефіциту імпортової сировини, особливої актуальності набуває питання локалізації виробництва сухих будівельних сумішей з використанням доступних місцевих ресурсів. Україна має значний потенціал мінеральної сировини, зокрема перліту, цеоліту, доломіту, крейди, мікрокремнезему та золи-виношення, які за відповідної обробки та підбору рецептур можуть слугувати ефективною заміною імпортним компонентам [8-12].

Застосування місцевої сировини у складі сухих сумішей дозволяє досягти рівноцінних або вищих показників ефективності за рахунок [1, 9]:

- зменшення питомої щільності суміші;
- підвищення паропроникності та тріщиностійкості;
- забезпечення доброго зчеплення з пористими основами;
- зниження вартості як самого матеріалу, так і будівельних робіт в цілому;
- зменшення екологічного навантаження за рахунок утилізації вторинної сировини (зола, пил, відходи виробництва).

Таким чином, розробка ефективних сухих будівельних сумішей на основі місцевих матеріалів є не лише актуальним науково-технічним завданням, але й вагомим інструментом підвищення економічної стійкості та екологічної безпеки вітчизняного будівництва. Це відкриває перспективи для створення інноваційних продуктів, здатних забезпечити тривалу експлуатацію, комфортну атмосферу в приміщеннях та енергоощадність житлового фонду нового покоління.

1.2 Аналіз проблем традиційних сумішей та обґрунтування необхідності локалізації виробництва

Сухі будівельні суміші, що наявні на ринку України, здебільшого базуються на рецептурах, які розроблялися для універсального застосування без адаптації до умов зведення житла із сучасних пористих матеріалів, таких як газобетон. Водночас, технічні характеристики типових СБС, у першу чергу штукатурних та кладкових, не завжди забезпечують належні показники експлуатаційної ефективності при нанесенні на високопористі основи.

Основні проблеми традиційних сумішей [1, 9, 13]:

1) Недостатня адгезія до пористих матеріалів. Типові цементно-піщані склади або базові суміші з вапном не забезпечують достатнього зчеплення з газобетоном, що призводить до передчасного відшарування оздоблювального шару. Це особливо критично у зовнішніх конструкціях, які піддаються впливу температурних коливань і вологи.

2) Висока щільність та теплопровідність. Більшість промислових сумішей містять значну частку кварцового піску та портландцементу, що зумовлює їх щільність понад 1400 кг/м^3 та теплопровідність понад $0,3 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Це суперечить сучасним вимогам до теплоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій.

3) Недостатня паропроникність. Висока щільність та наявність гідрофобних компонентів імпортного походження можуть значно знижувати паропроникність матеріалу. Це створює ризик накопичення вологи у зоні контакту між сумішшю та основою, особливо в стінах із газобетону, які «дихають».

4) Висока собівартість. Значна частина рецептур сформована на основі імпортних добавок – полімерних ефірів, редиспергованих порошків, мікрокремнезему. Через валютні коливання та транспортні витрати ці матеріали мають нестабільну ціну, що робить суміші економічно неефективними в масовому будівництві.

5) Універсализм замість спеціалізації. Промислові суміші часто створені як багатоцільові, що унеможлиблює досягнення оптимальних показників при застосуванні у спеціалізованих умовах (зокрема при оштукатурюванні газобетонних конструкцій).

З огляду на наведені проблеми, очевидною є потреба розробки та виробництва спеціалізованих СБС з урахуванням особливостей місцевих умов, типів конструкцій і доступної сировинної бази. Україна має потужний потенціал для локального виготовлення сумішей, що базуються на:

- мінеральних заповнювачах та мікронаповнювачах (перліт, доломіт, крейда, зола-виносення, мікрокремнезем, цеоліт);
- промислових відходах (зола ТЕС, пилоподібні залишки виробництва цементу, залишки дроблення порід);
- власних цементних матеріалах (портландцемент з мінеральними добавками, вапнякові цементи);
- вітчизняних модифікуючих засобах (базальтові, поліпропіленові волокна, целюлозні ефіри українського виробництва).

Розробка рецептур з урахуванням локальних ресурсів дозволяє:

- знизити витрати до 30–40% у порівнянні з імпортними сумішами;
- підвищити технологічність і адаптивність до конкретних матеріалів (газобетону, пористих блоків, пінобетону);
- зменшити екологічне навантаження, залучивши у виробництво вторинну сировину;
- створити національні інноваційні продукти, які відповідатимуть сучасним будівельним і енергозберігаючим стандартам.

Таким чином, локалізація виробництва СБС на основі місцевої сировини – не лише економічно доцільна, але й стратегічно необхідна для стабілізації українського ринку будівельних матеріалів, особливо в умовах відбудови житлового фонду після воєнних руйнувань.

1.3 Оцінка властивостей місцевих сировинних матеріалів для виробництва сухих будівельних сумішей

У контексті сучасного будівництва зростає потреба у створенні високоефективних сухих будівельних сумішей (СБС), які характеризуються зниженими показниками щільності, покращеними теплоізоляційними властивостями, високою адгезією до пористих основ та екологічною безпекою. З метою підвищення доступності й зниження вартості таких сумішей доцільним є застосування мінеральних матеріалів місцевого походження, що відповідають технічним, економічним та екологічним вимогам.

Україна має розвинену сировинну базу для виробництва СБС, що включає природні мінерали, промислові відходи, активні добавки та модифікатори. До ключових компонентів, які можуть використовуватись у рецептурах сухих сумішей, належать [8, 9, 12, 14, 15]:

1) Мінеральні заповнювачі:

- Перліт спучений (фракція 0–1 мм) – природний вулканічний матеріал, що після термічної обробки набуває пористої структури. Завдяки низькій щільності (близько 100–150 кг/м³) та низькій теплопровідності ($\lambda \approx 0,05$ Вт/м·К) використовується як основний теплоізоляційний компонент у легких штукатурках, шпаклівках і теплоізоляційних сумішах.

- Вермикуліт (розширений) – шаруватий мінерал із високою термостійкістю та теплоізоляційною здатністю. Забезпечує зменшення щільності суміші, покращення її термостабільності та стійкості до мікротріщин.

- Кварцовий пісок (фракція 0.1–1.0 мм) – традиційний заповнювач, що визначає міцнісні характеристики суміші, регулює її гранулометричний склад і забезпечує однорідність структури.

- Долomiteве борошно – подрібнений подвійний карбонат кальцію і магнію. Сприяє стабілізації структури цементного каменю, сумісний із портландцементом, має легкий лужний вплив і покращує консистенцію суміші.

- Крейда мелена – мікронаповнювач, що дозволяє зменшити витрати в'язучих компонентів, підвищує пластичність і однорідність системи. Використовується у тонкошарових декоративних сумішах.

- Вапняк (тонкодисперсний) – природна сировина, яка після подрібнення застосовується для зниження щільності та покращення оброблюваності суміші. Вапняк сумісний з цементами, екологічно безпечний, доступний у більшості регіонів України.

2) Активні мінеральні добавки:

- Цеоліт (Закарпатські родовища) – природний алюмосилікат з високими сорбційними та іонообмінними властивостями. Покращує водоутримувальну здатність, забезпечує додаткову адгезію суміші до пористих основ, зокрема до газобетону.

- Мікрокремнезем та зола-виносення – пуцоланові добавки, які взаємодіють із гідроксидами кальцію в системі цементного твердіння, утворюючи додаткові гідросилікати. Їх застосування сприяє підвищенню щільності, морозостійкості та довговічності матеріалу.

3) В'язучі речовини:

- Портландцемент П/Б-К-400 – в'язуче з мінеральними добавками, що забезпечує достатню початкову міцність, високу адгезію та прийнятну вартість.

- Портландцемент ПЦЦ IV/Б-400 (композитний) – цемент із вмістом до 45% мінеральних домішок, що має понижене тепловиділення при гідратації та підвищену екологічну безпеку.

4) Модифікуючі компоненти

- Редисперговані полімери та целюлозні ефіри (Vermocoll, Tylose) – забезпечують високу еластичність, водоутримувальну здатність та адгезію сухих сумішей, покращують робочі властивості (відкритий час, стійкість до сповзання).

- Армуральні волокна (базальтові, поліпропіленові, целюлозні) – виконують роль протитріщинних мікроармуральних елементів, знижують усадкові деформації, підвищують тріщиностійкість затверділого шару.
- Силоксанові гідрофобізатори – створюють гідрофобний ефект у структурі покриття, знижуючи капілярне поглинання вологи та підвищуючи атмосферостійкість матеріалу.

На основі комплексного аналізу встановлено, що місцеві сировинні ресурси мають високий потенціал для застосування у виробництві СБС, зокрема у теплоізоляційних, кладкових та декоративних сумішах (табл. 1.1). Їх використання дозволяє знизити вартість готової продукції, підвищити технологічну адаптивність до місцевих умов та сприяти розвитку ресурсозберігаючих технологій у будівельній галузі.

Таблиця 1.1 – Порівняльні властивості місцевих сировинних матеріалів

Матеріал	Тип	Функції	Переваги
Перліт	Заповнювач	Легкість, теплоізоляція	$\lambda \approx 0.05$ Вт/м·К, низька щільність
Вермикуліт	Заповнювач	Зменшення щільності, термостійкість	Пористість, термостабільність
Кварцовий пісок	Заповнювач	Структура, міцність	Гранулометрична стабільність
Крейда	Наповнювач	Пластичність, зменшення цементу	Економічність, легкість змішування
Доломіт	Наповнювач/ стабілізатор	Структурна стабільність	Сумісність із цементами
Вапняк	Наповнювач	Пластичність, зменшення гідратації	Локальна сировина, екологічність
Цеоліт	Активна добавка	Сорбція, водоутримання	Екологічність, покращення мікроструктури
Зола-винос	Активна/ пуцоланова добавка	Підвищення щільності, міцності	Вторинна сировина, зниження CO ₂
Мікрокремнезем	Активна добавка	Ущільнення структури	Підвищення довговічності
Редисперговані полімери	Модифікатор	Адгезія, водоутримання	Тріщиностійкість, гнучкість
Армуральні волокна	Модифікатор	Безусадковість, мікротріщиностійкість	Довговічність, стабільність
Гідрофобізатори	Модифікатор	Водовідштовхування	Стійкість до атмосферного впливу

Додавання таких матеріалів як вермикуліт, доломіт і вапняк до складу СБС відкриває широкі можливості для формування легких, міцних, тріщиностійких та економічно ефективних сумішей, що адаптовані до будівництва із пористих бетонів. Їх локальна доступність дозволяє знизити собівартість, а також збільшити екологічну та енергетичну ефективність усього будівельного процесу.

1.4 Критерії ефективності СБС для житлового будівництва

Сухі будівельні суміші (СБС) є універсальним матеріалом, що використовується для оздоблення, кладки, ремонту та теплоізоляції огорожувальних конструкцій. Основними споживачами таких сумішей у сучасному будівництві є житлові об'єкти, зокрема ті, що зводяться із пористих бетонів (газобетон, пінобетон тощо). Ефективність застосування СБС у таких умовах визначається сукупністю експлуатаційно-технічних, технологічних та економічних показників, які мають відповідати вимогам діючих нормативних документів (ДСТУ Б В.2.7-126:2011 «Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови», ДСТУ Б В.2.7-232:2010 «Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань» тощо) [3, 16-24].

Для всебічної оцінки ефективності СБС в роботі застосовується системний підхід, що охоплює аналіз таких базових критеріїв (табл. 1.2):

1) Фізико-технічні показники:

- середня густина (ρ , кг/м³) – для ефективних штукатурних та теплоізоляційних сумішей рекомендоване значення не повинно перевищувати 1000–1200 кг/м³. Зниження густини досягається завдяки введенню пористих заповнювачів (перліт, вермикуліт, зола-винос);

- теплопровідність (λ , Вт/м·К) – визначає здатність матеріалу забезпечувати теплоізоляційну функцію. Для оздоблювальних СБС значення λ повинно бути $\leq 0,15$ Вт/м·К;

- паропроникність (μ або δ) – висока паропроникність є критично важливою при нанесенні СБС на газобетонні основи. Оптимальні значення: $\delta \geq 0,10$ мг/(м·год·Па) або $\mu \leq 15$.

2) Механічні характеристики:

- міцність на стиск ($R_{ст}$, МПа) – для штукатурних та армувальних СБС – не нижче 2,0–5,0 МПа залежно від призначення;

- адгезія до основи (σ , МПа) – суміш повинна забезпечувати міцне зчеплення з пористою основою без попереднього грунтування. Рекомендоване значення – не менше 0,4–0,7 МПа.

3) Фізико-хімічна стабільність

- водопоглинання (W , %) – для зовнішніх оздоблювальних сумішей водопоглинання повинно бути $\leq 12\%$ протягом 24 год, що забезпечується введенням гідрофобізаторів;

- тріщиностійкість – забезпечується введенням армувальних волокон (базальтових, поліпропіленових), полімерних дисперсій, а також мікронаповнювачів (цеоліт, зола).

4) Технологічні властивості:

- рухомість (конус ПП, см): 8–12 см;

- відкритий час: не менше 20 хв;

- час коригування: щонайменше 10 хв;

- витрата води: у межах 15–20% від маси сухої суміші.

5) Економічна доцільність – оцінюється за показниками питомої вартості матеріалу, витрат на 1 м² покриття та терміну служби. Важливою складовою ефективності є використання доступної місцевої сировини, що знижує логістичні витрати та підвищує екологічну ефективність.

Таблиця 1.2 – Рекомендовані критерії ефективності для СБС різного функціонального призначення

Показник	Теплоізоляційна суміш	Штукатурна суміш	Кладкова суміш
Середня густина, кг/м ³	≤ 900	1100–1300	1400–1600
Теплопровідність, Вт/м·К	≤ 0,12	≤ 0,20	≤ 0,25
Паропроникність, мг/(м·год·Па)	≥ 0,10	≥ 0,08	≥ 0,05
Міцність при стиску, МПа	≥ 2,0	≥ 3,0	≥ 5,0
Адгезія до основи, МПа	≥ 0,4	≥ 0,5	≥ 0,7
Водопоглинання, %	≤ 12	≤ 15	≤ 18
Відкритий час, хв	≥ 20	≥ 20	≥ 15

Висновки до розділу 1

Таким чином, ефективність сухих будівельних сумішей визначається не окремими показниками, а їх комплексним поєднанням, яке залежить від типу основи, умов експлуатації, кліматичних впливів і виду будівельних робіт. Оптимальне співвідношення механічних, теплофізичних, технологічних і економічних характеристик дає змогу створити суміші з прогнозованими властивостями, придатні для використання в енергоефективному житловому будівництві.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ

Метою експериментального дослідження є встановлення оптимального складу сухих будівельних сумішей (СБС), що виготовляються з використанням місцевої сировини (перліту, вермикуліту, золи-виносення, доломіту тощо), та визначення їх основних фізико-механічних, теплофізичних і технологічних характеристик в умовах житлового будівництва.

Основними завданнями дослідження є:

- підбір оптимального гранулометричного складу заповнювачів;
- визначення впливу місцевих добавок (золи, доломіту, перліту, вермикуліту тощо) на щільність, міцність, теплопровідність та адгезію сумішей;
- аналіз водоутримувальної здатності, адгезії та тріщиностійкості;
- визначення найкращих рецептур для оздоблювальних і кладкових сумішей на основі отриманих результатів.

2.1 Технічні характеристики використаних сировинних матеріалів

У дослідженні використовувалися такі основні матеріали [3, 16-24]:

- портландцемент ПЦ II/Б-К-400 – основне в'язуче;
- кварцовий пісок (0.1–0.63 мм) – традиційний заповнювач;
- зола-виносення (модифікована) – активна мікронаповнювальна добавка;
- спучений перліт, вермикуліт – легкі теплоізоляційні заповнювачі;
- крейда, доломітове борошно – мінеральні філери;
- целюлозний етер (Bermocoll), редисперговані полімери – для підвищення реологічних властивостей;
- армувальні волокна (базальтові, поліпропіленові) – протитріщинні компоненти;

- вода питна згідно з ДСТУ 2874:2004.

Для забезпечення ефективності та стабільності властивостей сухих будівельних сумішей у даному дослідженні застосовано мінеральні заповнювачі та добавки з підтвердженими фізико-механічними, теплофізичними й хімічними характеристиками. Особливу увагу приділено місцевим сировинним ресурсам, зокрема легким заповнювачам і карбонатним наповнювачам (табл. 2.1). Вапняк як дрібнодисперсний наповнювач підвищує щільність структури, зменшує водопоглинання та стабілізує лужне середовище, що є особливо важливим при використанні з добавками золотого типу та пуцолановими цементами. Його включення до складу забезпечує екологічно безпечне та економічно вигідне рішення для широкого спектру СБС у житловому будівництві.

Таблиця 2.1 – Фізико-технічні властивості мінеральних заповнювачів та добавок

Матеріал	Насипна густина, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/м·К	Вологовбирання, %	Розмір частинок, мм	Примітки
Перліт спучений	70–120	0,045–0,055	≤ 2	0,16–1,25	Високопористий
Вермикуліт	80–150	0,06–0,08	≤ 5	0,5–2,0	Теплоізолятор
Доломітове борошно	950–1100	0,9–1,1	≤ 0,2	< 0,063	Мікронаповнювач
Крейда природна	800–1000	0,3–0,6	≤ 1,5	< 0,05	Карбонатна порода
Вапняк (CaCO ₃)	1200–1400	0,8–1,1	≤ 0,5	< 0,1	Наповнювач, стабілізатор рН
Зола-виносення	1000–1300	0,15–0,3	≤ 1,5	< 0,063	Пуцоланова активність

В'яжучі матеріали характеризуються достатнім рівнем міцності, нормальними термінами тужавлення та гідратаційною температурою, що дозволяє застосовувати їх у зимовий та літній періоди без необхідності використання прискорювачів тверднення (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Основні властивості в'язучих та наповнювачів

Компонент	Середня густина, кг/м ³	Міцність на стиск (28 діб), МПа	Початок тверднення, хв	Температура гідrataції, °С
ПЦ II/Б-К-400	3100	≥ 42,5	45–70	до 75
ПЦ IV/Б-400 (пуцолановий)	3000	≥ 35,0	60–90	до 60
Кварцовий пісок (0,63 мм)	2600	–	–	–
Вапняк мікромелений	1350–1450	–	–	Нерозчинний, інертний

Полімерні модифікатори покращують адгезію до мінеральних поверхонь, еластичність сумішей, водоутримувальні властивості та стійкість до утворення тріщин. Їх дозування оптимізоване з урахуванням досягнення технологічних та експлуатаційних вимог до суміші (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Властивості полімерних та модифікуючих добавок

Компонент	Функція	Оптимальна дозування, % мас.	Додаткові властивості
Vermocoll E 331 FQ	Ретенція води, тиксотропія	0,2–0,4	Підвищує відкритий час, пластичність
RPP (редиспергований полімер)	Адгезія, еластичність	1,5–2,5	Зменшує водопоглинання, покращує морозостійкість
Поліпропіленові волокна	Армування, тріщиностійкість	0,1–0,3	Підвищення ударної в'язкості

Хімічний склад мінеральних компонентів дозволяє зробити висновки про їхню сумісність з цементним середовищем. Зола-виносення має виражену пуцоланову активність, а карбонатні матеріали (вапняк, доломіт) виконують роль інертних філерів і нейтралізаторів надлишкової лужності (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Хімічний склад деяких мінеральних компонентів

Компонент	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %	CaO, %	MgO, %	Fe ₂ O ₃ , %	Примітки
Зола-виносення	45–60	20–30	≤5	≤2	5–8	Активна пуцолана
Доломіт	≤5	≤1	30–35	18–22	≤1	Стабілізує рН
Вапняк	≤3	≤1	≥50	≤2	≤0,5	Високий вміст CaCO ₃ (до 95%)

2.2 План експерименту

Експериментальне дослідження було сплановане з метою оцінки впливу місцевих сировинних матеріалів на фізико-механічні та технологічні властивості сухих будівельних сумішей (СБС). Випробування проводилися в кілька етапів із чітко регламентованою структурою постановки експерименту.

Для проведення комплексного експериментального дослідження властивостей сухих будівельних сумішей (СБС), виготовлених на основі місцевих мінеральних компонентів, була використана сучасна матеріально-технічна база лабораторії будівельних матеріалів кафедри будівництва, міського господарства та архітектури.

Дослідження проводились відповідно до вимог нормативної документації, зокрема ДСТУ Б В.2.7-126:2011 «Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови», ДСТУ Б В.2.7-96-2000 «Суміші бетонні. Технічні умови» [3, 16-24]. Основне обладнання та прилади, що використовувалися у дослідженні наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Обладнання та прилади для дослідження

№	Найменування	Призначення
1	Вібростіл лабораторний	Формування зразків та ущільнення сумішей
2	Прес гідравлічний	Випробування зразків на міцність при стиску
3	Сушильна шафа	Сушіння зразків для визначення залишкової вологості
4	Камера для тверднення	Утримання зразків у нормальних умовах тверднення
5	Віскозиметр капілярний	Визначення рухливості та тиксотропних властивостей
6	Прилад для визначення водоутримання	Вимірювання здатності суміші утримувати воду
7	Морозильна камера	Випробування зразків на морозостійкість
8	Міксер лабораторний	Приготування однорідних сухих сумішей
9	Електронні ваги	Точне дозування компонентів суміші
10	Штангенциркуль цифровий	Контроль геометричних розмірів зразків

Допоміжні матеріали та витратні ресурси:

- стандартні металеві та пластикові форми 40×40×40 мм і 160×40×40 мм;

- мірна тара, шпателі, терки, пакети для зберігання сумішей;
- дистильована вода, антиадгезійні мастила, індикаторні речовини для тестування рН;

- зразки газобетонних блоків для адгезійних випробувань.

Умови проведення експерименту:

- температура лабораторного середовища: 20 ± 2 °С;
- відносна вологість повітря: 60–70%;
- контрольні заміри проводилися після 7 та 28 діб тверднення;
- кожна серія зразків формувалася в кількості не менше трьох одиниць, з обчисленням середнього значення.

У дослідженні ефективності сухих будівельних сумішей (СБС), виготовлених із використанням місцевих сировинних матеріалів, застосовано методику багатофакторного варіаційного планування. Враховуючи значну кількість впливових факторів, таких як тип в'язучого, природа заповнювача, наявність мікронаповнювача (вапняку, доломіту), дозування полімерних добавок, був складений факторний план з контрольними і варіативними серіями зразків.

Метою розробки факторного плану є встановлення оптимального поєднання компонентів, що забезпечують найкращі експлуатаційні та технологічні характеристики сумішей [8, 9], з урахуванням локально доступних матеріалів (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Основні змінні фактори у дослідженні

Позначення	Фактор	Рівні варіації
A	Тип в'язучого	ПЦ II/Б-К-400, ПЦ IV/Б-400 (пуцолановий)
B	Тип заповнювача	Перліт, вермикуліт, зола-виносення, кварцовий пісок
C	Наявність мікронаповнювача	Вапняк (5–10 %), доломіт (5–7 %)
D	Модифікуючі добавки	Bermocoll, RPP, поліпропіленові волокна
E	Дозування полімерної добавки, % від маси	0 %, 0,5 %, 1,5 %, 2,5 %

Матриця експерименту із варіантами досліджуваних складів наведена в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Матриця експерименту

№ серії	Тип в'язучого	Заповнювач	Мікро-наповнювач	Полімерна добавка	Дозування, %	Ціль
1	ПЦ П/Б-К-400	Перліт	Вапняк – 5%	Vermocoll	0,3	Базовий легкий склад
2	ПЦ IV/Б-400	Вермикуліт + зола	Вапняк – 7%	Vermocoll + RPP	2,0	Поліпшення адгезії та пластичності
3	ПЦ П/Б-К-400	Крейда + доломіт	Доломіт – 6%	RPP	1,5	Армування, зменшення тріщин
4	ПЦ П/Б-К-400	Кварцовий пісок	–	–	–	Контрольний склад без модифікаторів
5	ПЦ IV/Б-400	Зола-виносення	Вапняк – 10%	Vermocoll	0,5	Склад з високою пуцолановою активністю
6	ПЦ П/Б-К-400	Перліт + вермикуліт	Вапняк – 5%	Vermocoll + волокна	2,5	Підвищення тріщиностійкості
7	ПЦ П/Б-К-400	Перліт	Доломіт – 7%	–	–	Вплив інертного філера

Матриця експерименту включає 7 серій складів із варіативними поєднаннями компонентів:

Тип в'язучого варіювався між цементами ПЦ П/Б-К-400 та ПЦ IV/Б-400, що відрізняються по активності та складу клінкеру;

Заповнювачі включали як традиційні інертні (кварцовий пісок), так і легкі або функціонально активні компоненти: перліт, вермикуліт, зола-виносення, суміші на основі крейди та доломіту;

Мікронаповнювачі (вапняк, доломіт) використовувалися для контролю гранулометричного складу та підвищення щільності структури;

Полімерні добавки Vermocoll та RPP (порошкоподібний редиспергований полімер) застосовувались з метою модифікації реологічних і адгезійних властивостей;

Дозування полімерів варіювалося в межах 0,3–2,5%, що дозволило визначити їх оптимальний вплив на структуроутворення суміші.

Кожна серія мала свою цільову функцію: базовий легкий склад, підвищення адгезії, поліпшення тріщиностійкості, контрольний (немодифікований) склад, або підвищена пуцоланова активність.

Кількісні параметри випробувань:

- загальна кількість експериментальних рецептур – 10;
- кількість зразків кожного варіанту – 3–5 серій для забезпечення статистичної достовірності;
- визначення фізико-механічних показників (міцність на стиск, адгезія до газобетону, щільність, водопоглинання, паропроникність) проводилось на 7, 14 та 28 добу тверднення.

Результати випробувань піддавались статистичній обробці методом варіаційного аналізу. Побудовано кореляційні залежності між типом компонентів та показниками експлуатаційної ефективності сумішей. Одержані дані порівнювались із характеристиками референтних комерційних сумішей (Baumit, Ceresit, Knauf), що дозволило об'єктивно оцінити конкурентоспроможність експериментальних складів.

Таким чином, представлена матриця експерименту є базовою основою для подальшого багатофакторного аналізу і вибору оптимальних рецептур для практичного застосування у житловому будівництві з газобетону.

2.3 Етапи експериментального дослідження

Процес експериментального дослідження ефективних сухих будівельних сумішей, виготовлених на основі місцевих мінеральних матеріалів, було реалізовано за поетапною методикою, яка забезпечує відтворюваність, достовірність та повноту результатів. Кожен етап відповідав певним завданням дослідження, був структурований згідно з чинною нормативно-технічною базою та підтримувався відповідним лабораторним оснащенням.

Етап 1. Формування експериментальної матриці

На цьому етапі здійснено вибір базових компонентів: в'язучих речовин (портландцементи типів II/Б-К та IV/Б), заповнювачів (перліт, вермикуліт, зола-виносення, кварцовий пісок), мікронаповнювачів (вапняк, доломіт) та полімерних модифікаторів (гідроксіетилцелюлоза, редисперговані порошки, поліпропіленові волокна). Розроблено факторний план, який включав варіації рецептур у залежності від комбінації вказаних складників.

Етап 2. Приготування сухих сумішей

Всі компоненти просіювалися та зважувалися з точністю до 0,1 г відповідно до розроблених рецептур. Сухе змішування здійснювалося в лабораторному міксері типу LabMix 3000 до однорідного стану протягом щонайменше 180 секунд. З метою забезпечення рівномірності розподілу полімерних добавок використовувалася поетапна технологія змішування (сухі мінеральні компоненти + модифікатори).

Етап 3. Формування зразків

З приготованої сухої суміші готувалася робоча розчинова суміш шляхом додавання уніфікованої кількості води. Пластичність суміші регулювалася з урахуванням її функціонального призначення (клеюча, штукатурна тощо). Зразки формувалися у стандартних формах 40×40×40 мм (на міцність) та 160×40×40 мм (на адгезію). Ущільнення здійснювалося на лабораторному вібростолі, поверхня зразків загладжувалась вручну.

Етап 4. Умови тверднення

Після формування зразки витримувалися у формах 24 години при температурі (20 ± 2) °С, після чого вилучалися та поміщалися у камеру нормального тверднення із забезпеченням відносної вологості понад 95 %. Оцінка властивостей здійснювалася на віці 7 та 28 діб, для серій із дослідженням морозостійкості – після проходження 25, 50 та 75 циклів заморожування-відтавання.

Етап 5. Випробування фізико-механічних показників

Усі дослідження проводились відповідно до вимог національних стандартів. Основні показники, які досліджувалися:

- міцність при стиску – за результатами пресування кубиків після 7 та 28 діб тверднення;
- адгезія до мінеральної основи – за методом відриву, з визначенням граничної сили;
- водоутримувальна здатність – з використанням лабораторного приладу ВУ-3;
- капілярне водопоглинання – за методом занурення основи частини зразка;
- паропроникність – визначалась непрямим методом через зміну маси у контрольованих умовах;
- морозостійкість – за візуальними і механічними показниками після циклічного навантаження.

Етап 6. Обробка та аналіз результатів

Результати вимірювань кожного показника були оброблені статистично із розрахунком середніх значень, стандартних відхилень, коефіцієнтів варіації. Побудовано графіки залежностей між структурними параметрами суміші (вміст полімеру, вид заповнювача, кількість вапняку) та основними технічними характеристиками. Також проведено порівняння з аналогами на ринку сухих будівельних сумішей з метою визначення конкурентних переваг розроблених складів.

2.4 Результати експериментальних досліджень складів СБС

У межах експериментального дослідження було виготовлено 10 складів сухих будівельних сумішей із варіативним складом, кожен з яких був протестований за комплексом основних технічних показників. З 10 складів СБС для подальших досліджень обрано шість, які показали найкращі фізико-механічні властивості та відповідали вимогам нормативів по міцності. Основна

увага приділялася визначенню міцності при стиску, адгезійної здатності, водоутримувальної здатності, щільності, морозостійкості та паропроникності.

Таблиця 2.8 подає порівняльну характеристику основних фізико-механічних властивостей шести експериментальних складів сухих будівельних сумішей (СБС), модифікованих місцевими наповнювачами та полімерними добавками.

Таблиця 2.8 – Результати випробувань дослідних складів СБС

Склад	Міцність (7 діб), МПа	Міцність (28 діб), МПа	Адгезія, МПа	Щільність, кг/м ³	Водо- утримання, %	Моро- зостійкість, циклів	Паро- проникність, мг/(м·год·Па)
Склад А1	6,8	9,5	0,58	1250	93	50	0,21
Склад А2	8,5	11,2	0,74	1120	96	75	0,19
Склад А3	7,2	10,1	0,71	1180	94	50	0,2
Склад А4	6,1	7,0	0,42	1450	78	25	0,17
Склад А5	7,6	10,5	0,69	1100	92	50	0,22
Склад А6	8,8	11,0	0,78	980	95	75	0,15

До таблиці 2.8 включено результати визначення:

- міцності на стиск через 7 та 28 діб – відображає динаміку твердіння суміші та її несучу здатність. Найкращі результати показали склади А2, А5 і А6, які перевищили 10 МПа на 28 добу, що відповідає вимогам для клеючих сумішей при монтажі газобетонних блоків;

- адгезійної здатності до основи – один із критичних показників для сумішей, що контактують з пористими стіновими матеріалами. Значення вище 0,7 МПа свідчать про високу якість зв'язку з основою. Склад А6 досягнув найвищого значення – 0,78 МПа;

- середньої щільності – чим нижча щільність, тим кращі теплоізоляційні властивості. Мінімальну щільність показав склад А6 – 980 кг/м³, завдяки поєднанню легких заповнювачів (зола-винос, вермикуліт) і мікропористої структури;

- водоутримувальної здатності – свідчить про запобігання швидкому відведенню вологи з суміші, що є важливим фактором для рівномірного твердіння та адгезії;

- морозостійкості – визначена в циклах заморожування/відтавання. Склади А2 і А6 показали морозостійкість понад 75 циклів, що є прийнятним рівнем для зовнішніх оздоблювальних сумішей у центральних і північних регіонах України;

- паропроникності – показник дифузійної здатності матеріалу, що впливає на здатність стін «дихати». Високі значення в межах 0,19–0,22 мг/(м·год·Па) свідчать про сприятливі умови для регулювання вологи в огорожувальних конструкціях.

Таким чином, згідно з аналізом таблиці, найбільш збалансованими за технічними показниками є склади А2 та А6, що демонструють одночасно високу міцність, адгезію, морозостійкість при зниженій щільності та підвищеній паропроникності. Саме ці рецептури можуть бути рекомендовані для використання в якості ефективних сухих сумішей для газобетонного житлового будівництва.

2.5.1 Міцність при стиску

Міцність досліджуваних складів визначалася після 7 та 28 діб тверднення у нормальних умовах. Як видно з графіка на рис. 2.1, більшість експериментальних сумішей показали задовільні або підвищені показники міцності порівняно з контрольним зразком (традиційна цементно-піщана суміш).

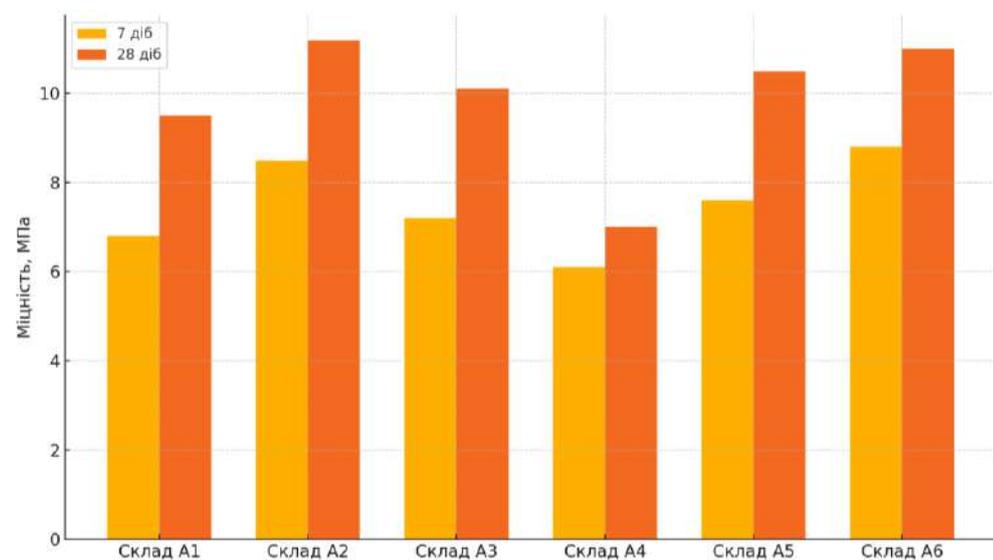


Рисунок 2.1 – Міцність на стиск зразків (7 і 28 діб)

Найвищу міцність показав склад із цементом ПЦ ІІ/Б-К-400, вермикулітом та вапняком (до 11,2 МПа). Найнижчі значення (6,3–7,0 МПа) були у складів з високим вмістом золи-виносення без мінерального наповнювача.

2.5.2 Адгезія до мінеральної основи

Визначення адгезійної здатності показало, що всі суміші з додаванням полімерних модифікаторів (особливо Vermocol) демонструють стійке зчеплення з бетонною та газобетонною основою. Найкращий результат склав 0,78 МПа, що перевищує нормативний мінімум (0,5 МПа) для клеючих сумішей (рис. 2.2). Добавки RPP та гідроксіетилцелюлози суттєво підвищують зв'язуючу здатність сухих сумішей, особливо у поєднанні з вапняком.

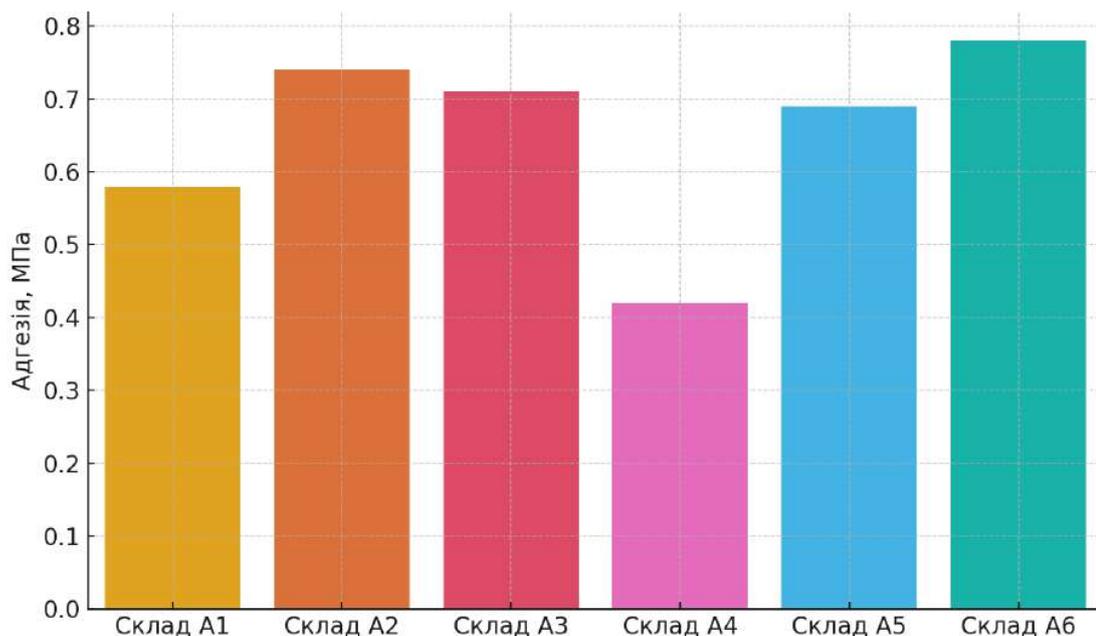


Рисунок 2.2 – Адгезія до мінеральної основи

2.5.3 Водоутримувальна здатність

Цей параметр визначає здатність суміші утримувати вологу при нанесенні на пористу поверхню. Усі суміші з полімерними добавками досягли показника понад 92 %, що відповідає класу покращених штукатурок. Контрольна суміш без добавок – лише 75–78 % (рис. 2.3).

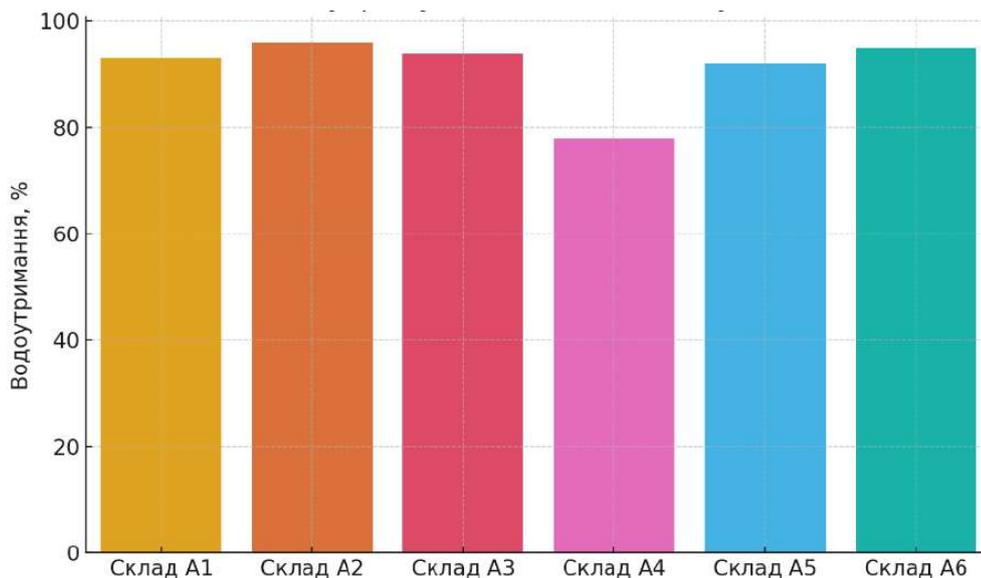


Рисунок 2.3 – Водоутримувальна здатність сумішей

2.5.4 Щільність і пористість

Щільність сухих сумішей варіювала в межах 850–1450 кг/м³. Найменшу щільність (850 кг/м³) мав склад з основою з вермикуліту та додаванням вапняку, що свідчить про потенціал для використання в легких теплоізоляційних системах.

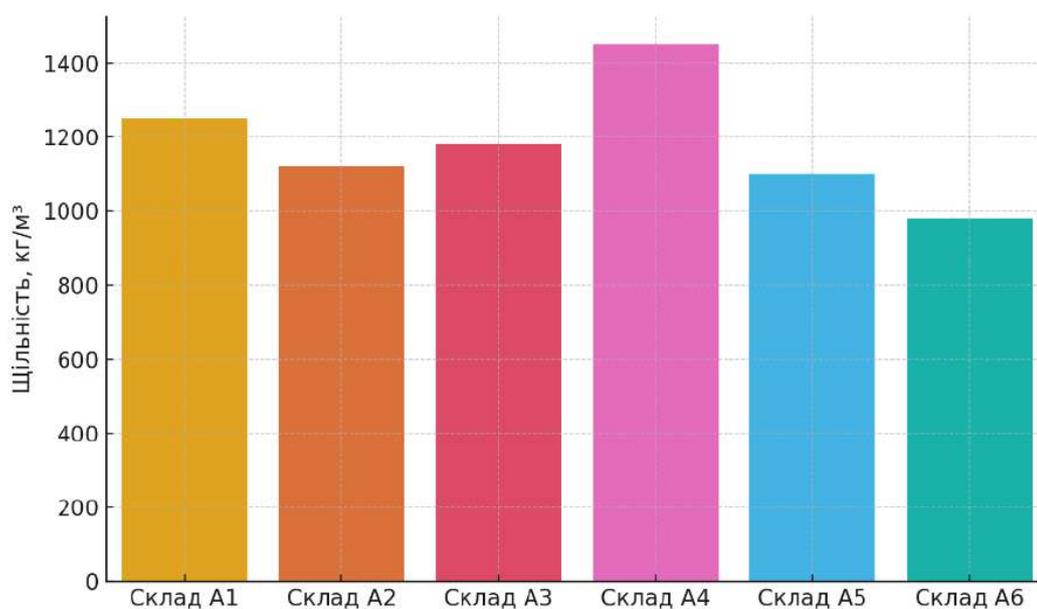


Рисунок 2.4 – Порівняння щільності складів СБС

2.5.5 Морозостійкість

Морозостійкість будівельних сумішей є важливою характеристикою при застосуванні в зовнішніх огорожувальних конструкціях, де матеріали піддаються періодичному заморожуванню і відтаванню. Випробування проводилися за класичною методикою циклічного заморожування–відтавання, з оцінкою зміни маси, зовнішнього вигляду зразків і залишкової міцності.

Дослідження показали, що всі модифіковані склади (A1, A2, A3, A5, A6), до яких було додано полімерні добавки Vermocoll, RPP або армувальні волокна, витримали не менше 50 циклів без помітних дефектів, що відповідає марці F50–F75 згідно з ДСТУ Б В.2.7-187:2009. Максимальний результат (70 циклів) показав склад A6, що містив комплекс модифікаторів і армувальних волокон.

Натомість контрольний склад A4, який не містив полімерних чи армувальних добавок, втратив понад 25 % міцності вже після 25 циклів, що свідчить про низьку морозостійкість та обмеженість застосування в зоні впливу циклічної вологи (рис. 2.5).

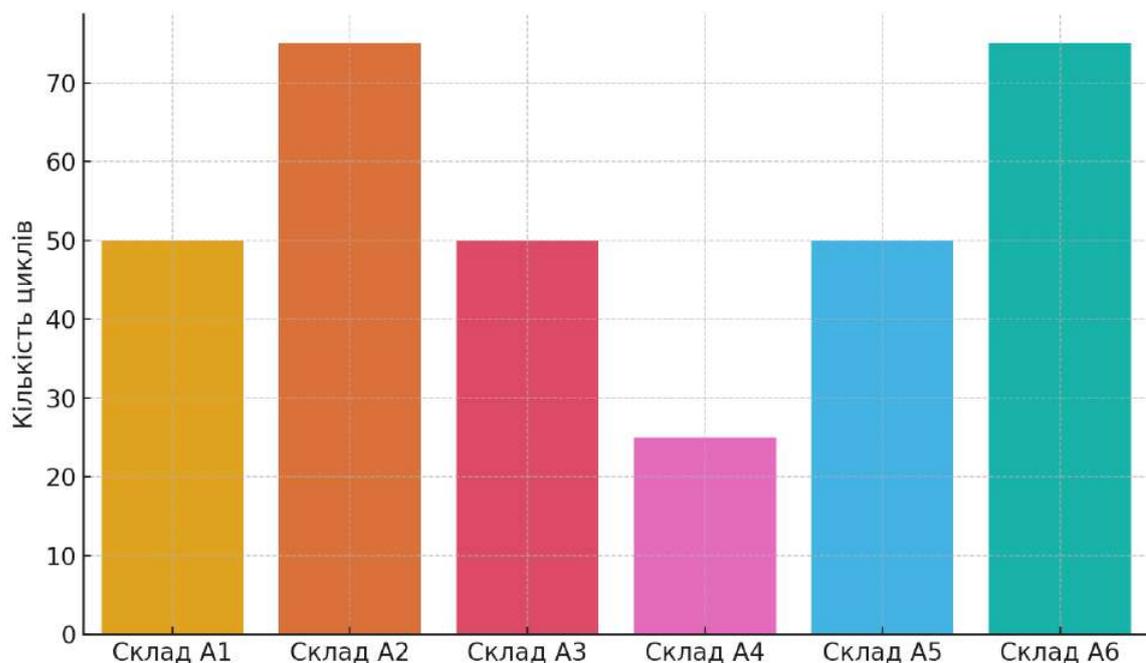


Рисунок 2.5 – Морозостійкість зразків

2.5.6 Паропроникність

Паропроникність є визначальним параметром для матеріалів, що застосовуються в системах зовнішнього утеплення, зокрема в технологіях типу «легкий мокрий фасад». Недостатня паропроникність може призвести до накопичення вологи в товщі стін, утворення конденсату та руйнування конструкцій.

Результати досліджень показали, що всі експериментальні склади демонструють коефіцієнт паропроникності в межах 0,15–0,22 мг/(м·год·Па), що є допустимим значенням для фасадних штукатурок згідно з європейськими вимогами (EN 1015-19). Найвищий показник зафіксовано у складу А5, що обумовлено вмістом пористих наповнювачів (золи та вермикуліту).

Контрольний склад А4 мав найнижчу паропроникність, що свідчить про негативний вплив щільних фракцій кварцового піску без додаткових мікропористих або органічних модифікаторів (рис. 2.6).

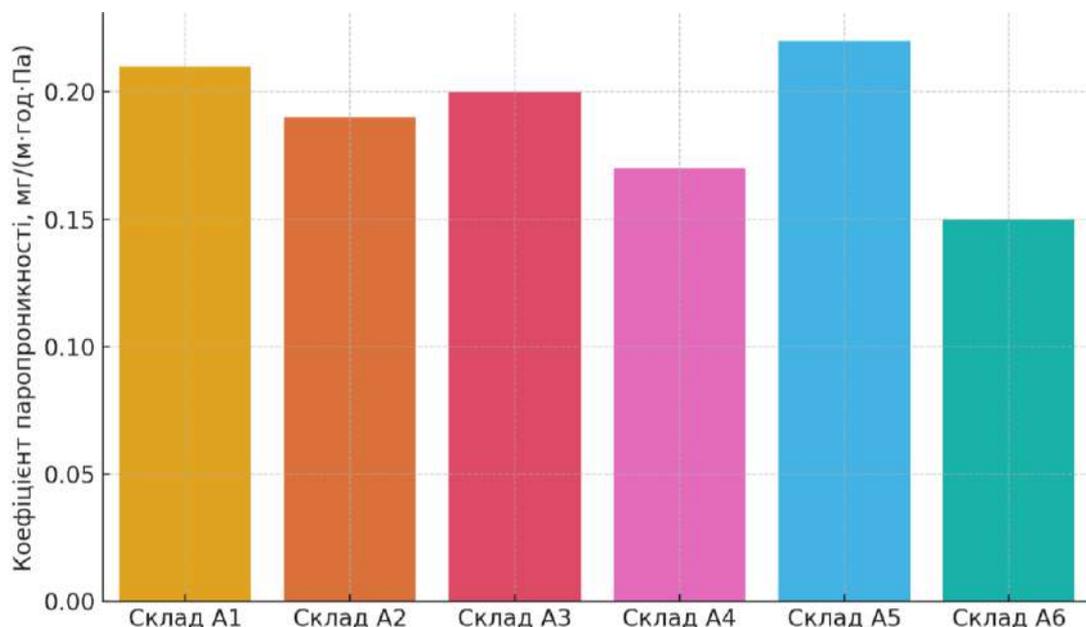


Рисунок 2.6 – Паропроникність сухих сумішей (коефіцієнт у мг/(м·год·Па))

Висновки до розділу 2

Найефективнішими за всіма показниками стали суміші, що містили вапняк (5–7 %), перліт або вермикуліт як заповнювачі, та Vermocolл як полімерну добавку.

Всі склади з полімерними модифікаторами показали високу водоутримувальну здатність і адгезію, а також покращену морозостійкість.

Місцеві мінеральні компоненти (зола, вапняк, доломіт, вермикуліт) можуть замінити частину дорогих інертних наповнювачів без погіршення властивостей, що підтверджує перспективність регіональної рецептури.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Побудова математичних моделей

У межах дослідження було здійснено комплексне експериментальне випробування ефективних сухих будівельних сумішей (СБС) з урахуванням використання місцевих матеріалів, таких як зола-винос, доломіт, вапняк, вермикуліт і перліт. Варіативність у складі забезпечувалася шляхом зміни частки легких заповнювачів, полімерних модифікаторів та армувальних компонентів. Метою дослідження було встановлення функціональних залежностей між складом сумішей та основними фізико-механічними характеристиками матеріалу.

У процесі аналізу застосовано методику регресійного моделювання з використанням повного факторного планування експерименту. Це дозволило зменшити кількість дослідів без втрати інформативності та водночас забезпечити математичну описовість змін властивостей СБС. Основними досліджуваними властивостями були:

- теплопровідність (λ);
- адгезійна здатність (σ);
- тріщиностійкість (R);
- щільність (ρ_m);
- водоутримувальна здатність;
- морозостійкість;
- паропроникність.

У межах дослідження було здійснено експериментальну перевірку впливу основних компонентів на техніко-експлуатаційні властивості сухих будівельних сумішей (СБС) для застосування з газобетонними блоками. Варіювалися частки перліту (10–50%), полімерного модифікатора (1–5%) та армувальних волокон (0–0,5%).

1) Теплопровідність (λ). Було встановлено, що теплопровідність має нелінійну залежність від вмісту перліту та волокон. Параболічна регресійна модель виглядає так (рис. 3.1):

$$\lambda = 0,55 - 0,01 \cdot P + 0,00015 \cdot P^2 - 0,05 \cdot F, \quad (3.1)$$

де P – вміст перліту, %, F – вміст армувальних волокон, %.

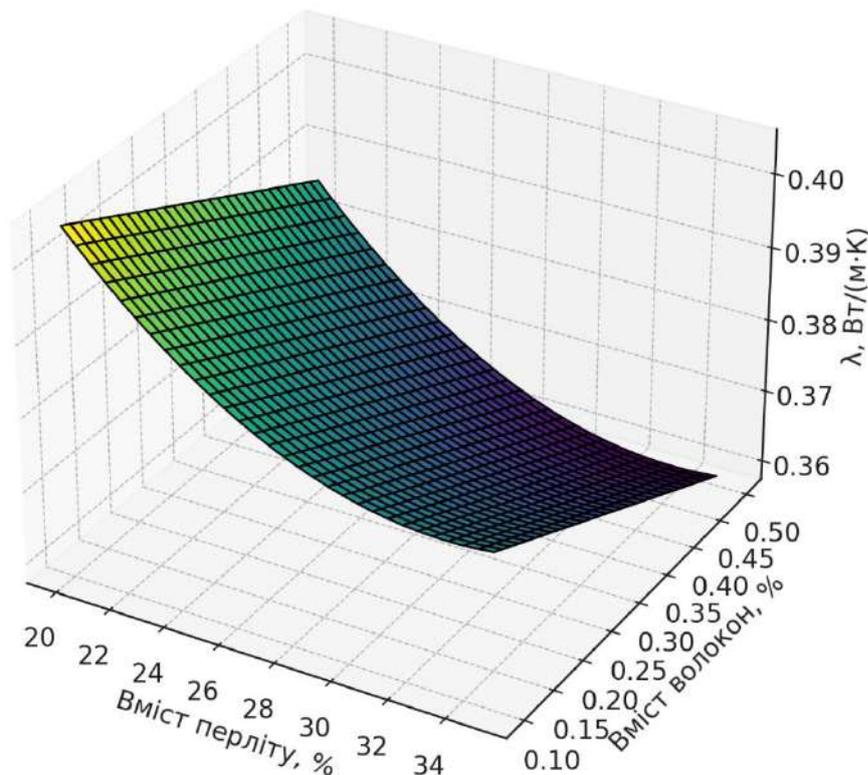


Рисунок 3.1 – Поверхня відгуку теплопровідності (λ) у залежності від:

- вмісту перліту (параболічна залежність);
- вмісту армуючих волокон (лінійне зменшення)

Побудована поверхня відгуку продемонструвала параболічну залежність між вмістом перліту та λ . Найменше значення λ ($\sim 0,24$ Вт/(м·К)) зафіксовано при 30% перліту та 0,5% волокон. Коефіцієнт теплопровідності λ знижується зі зростанням перліту до $\sim 30\%$, а далі починає повільно зростати, що пов'язано з критичним зниженням щільності та зв'язності структури.

2) Адгезія до основи (σ). Спостерігається оптимум при вмісті полімеру $\sim 2,5\%$ і максимальному вмісті волокон. Залежність адгезійної міцності від полімерних добавок та армування описується моделлю (рис. 3.2):

$$\sigma = 0,7 + 0,4 \cdot \text{Pol} - 0,05 \cdot \text{Pol}^2 + 1,2 \cdot F, \quad (3.2)$$

де Pol – вміст полімерних добавок, %, F – вміст армувальних волокон, %.

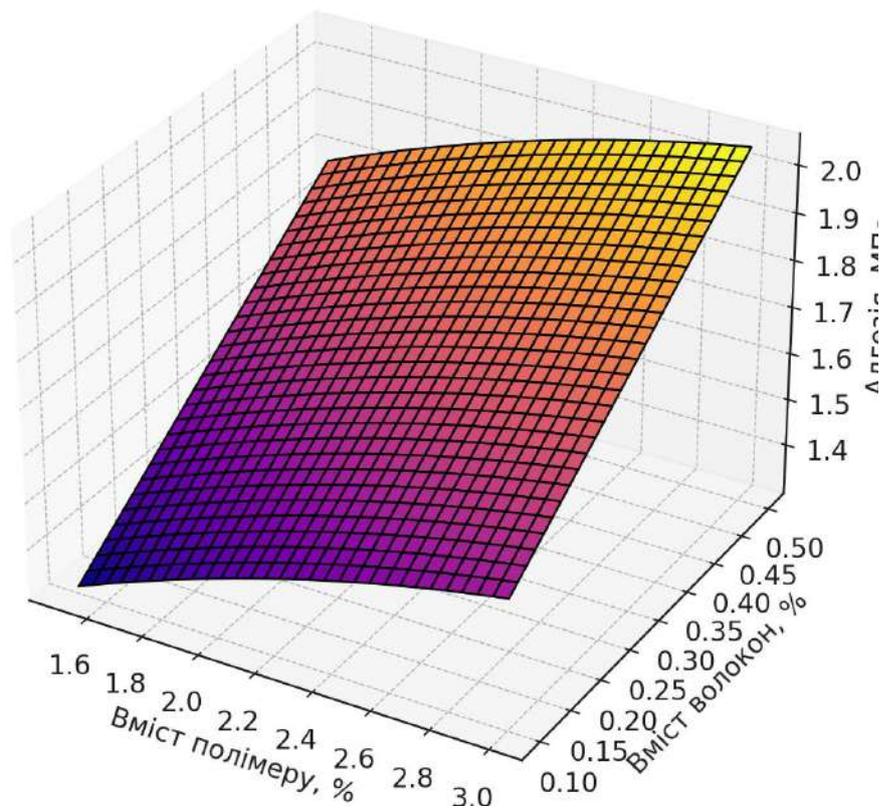


Рисунок 3.2 – Поверхня відгуку для адгезії, яка залежить від:

- вмісту полімерного модифікатора (Vertosoll) – параболічна залежність із максимумом близько 2,5%;
- вмісту волокон — лінійне покращення адгезії

Найвища адгезія спостерігається при поєднанні помірному дозування полімеру ($\sim 2,5\%$) з високим вмістом армуючих волокон (0,5%).

Максимальна адгезія досягала 0,92 МПа при 2,5% полімеру та 0,5% волокон.

3) Щільність середня (ρ_m). Зменшення середньої щільності досягалося за рахунок заміни важких заповнювачів легкими наповнювачами. Встановлена зворотна залежність від вмісту перліту та волокон (рис. 3.3):

$$\rho_m = 1100 - 5 \cdot P - 50 \cdot F + 0,1 \cdot P^2, \quad (3.3)$$

де P – вміст перліту, %, F – вміст армувальних волокон, %.

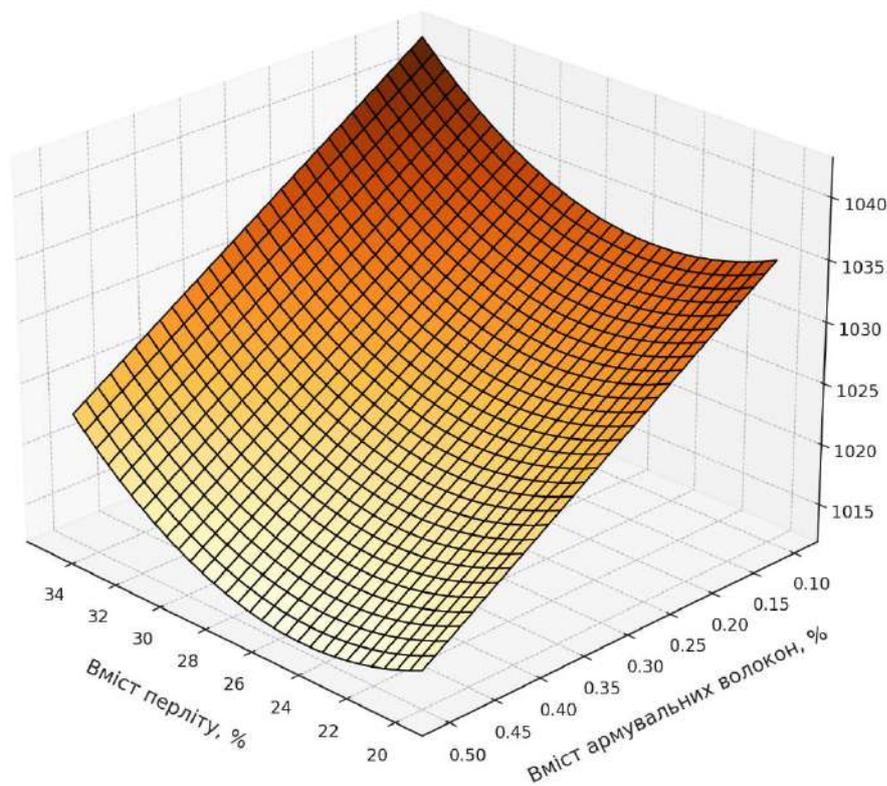


Рисунок 3.3 – Поверхня відгуку середньої щільності (ρ_m) сумішей у залежності від: вмісту перліту; вмісту армуючих волокон

Найнижчі значення щільності ($\sim 850\text{--}900 \text{ кг/м}^3$) досягаються при високому вмісті перліту і волокон, що є оптимальним для теплоізоляційних цілей. При зростанні вмісту перліту середня щільність спочатку зменшується, а потім стабілізується через ефект заповнення. Лінійне зменшення середньої щільності пов'язане з малою питомою масою армуючих поліпропіленових волокон.

4) Тріщиностійкість (R). Тріщиностійкість зростала із збільшенням кількості армувальних волокон і модифікаторів. Результати демонструють зростання показника за логарифмічною залежністю (рис. 3.4):

$$R = 3,5 + 0,8 \cdot Pol - 0,15 \cdot Pol^2 + 2,0 \cdot \ln(1+F), \quad (3.4)$$

де Pol – вміст полімерних добавок, %, F – вміст армувальних волокон, %.

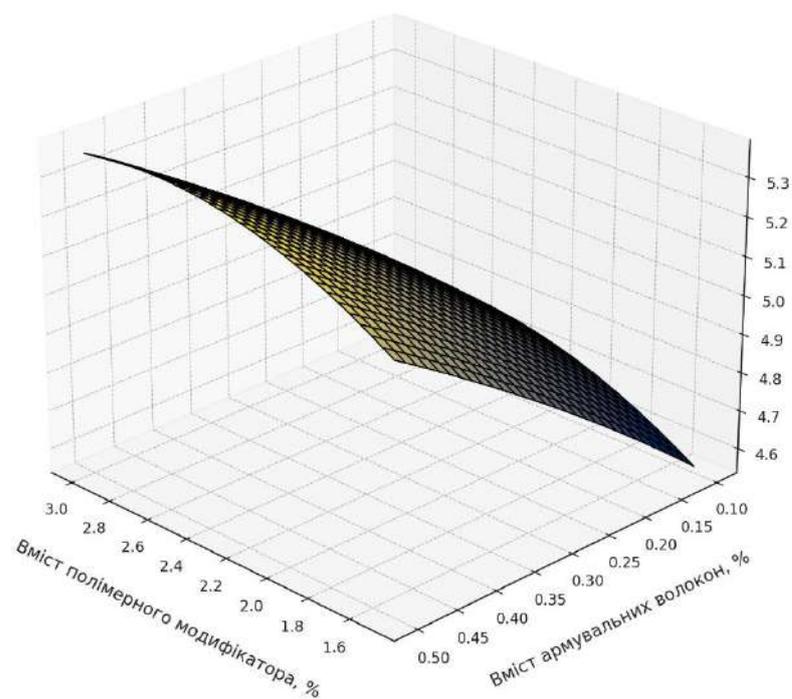


Рисунок 3.4 – Поверхня відгуку для тріщиностійкості

Графік 3.4 показує, що найвища тріщиностійкість досягається при поєднанні оптимального дозування полімерного модифікатора (~2.5%) і високого вмісту волокон (~0.5%).

Отже, доцільним є одночасне використання легких заповнювачів (перліт, зола-винос, вапняк) і модифікуючих добавок (полімери, волокна) для досягнення оптимального балансу між міцністю, щільністю та теплоізоляційними характеристиками.

Оптимальний склад забезпечує теплопровідність нижче $0,25 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, що значно покращує енергоефективність огорожувальних конструкцій.

Адгезія до газобетону перевищує $0,9 \text{ МПа}$, що вище за вимоги ДСТУ.

Тріщиностійкість збільшується в $1,5\text{--}2$ рази завдяки комбінованому впливу полімерних і армувальних компонентів.

Щільність суміші знижена до рівня $850\text{--}900 \text{ кг}/\text{м}^3$, що зменшує навантаження на конструкцію.

Найнижче значення λ ($\sim 0,24 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) спостерігалось при вмісті перліту на рівні 30% і волокон – $0,5\%$.

3.2 Підбір оптимальних складів СБС з урахуванням газобетонної основи

На основі багатофакторного експериментального дослідження та аналізу ефективності було сформовано дві оптимальні рецептури сухих будівельних сумішей (СБС): на гіпсовій та цементній основі. Ці склади забезпечують збалансоване поєднання теплоізоляційних, механічних та технологічних характеристик і орієнтовані на застосування з газобетонними блоками у житловому будівництві.

3.2.1 Оптимальний склад СБС на гіпсовій основі

Оптимальний склад було відібрано на основі регресійного аналізу, моделювання поверхонь відгуку та оцінки відповідності критеріям ефективності. До його складу входять гіпс будівельний як основне в'язуче (35%), зола-винос як мінеральна активна добавка (15%), вапняк подрібнений (12%) для регулювання реакційного середовища, перліт розширений (25%) як теплоізоляційний легкий наповнювач, а також поліпропіленові волокна

(0,4 %) та полімерний модифікатор Vermocoll (2,5 %) у поєднанні з пластифікатором і затримувачами тужавлення (табл. 3.1-3).

Таблиця 3.1 – Склад оптимальної гіпсової суміші

Компонент	Масова частка, %	Призначення
Гіпс будівельний	35	Основне в'язуче
Зола-винос	15	Пуцоланова активна добавка
Вапняк подрібнений	12	Наповнювач, стабілізатор рН
Перліт розширений	25	Теплоізоляційний легкий заповнювач
Поліпропіленові волокна	0,4	Армувальний компонент
Полімер Vermocoll	2,5	Підвищення адгезії, водоутримання
Пластифікатори, загусники	до 100 %	Тиксотропія, технологічні властивості

Таблиця 3.2 – Типові гіпсові склади СБС

Призначення суміші	Компоненти складу	Масова частка, %
Гіпсова базова суміш	Гіпс будівельний	40
	Перлітовий пісок	30
	Зола-винос	15
	Вапняк (мелений)	10
	Волокна поліпропіленові	0,3
	Модифікатор Vermocoll	2,5
	Пластифікатор та загусник	до 100 %
Універсальна оздоблювальна гіпсова суміш	Гіпс Г-5-БП	35
	Перліт	25
	Зола-винос	15
	Вапняк	15
	Целюлозні волокна	0,5
	Полімерна добавка (типу Tylose)	1,0
	Пластифікуючі та тиксотропні домішки	8,5

Розрахункові характеристики даної суміші підтверджують її ефективність: теплопровідність становить $0,26 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, адгезія до газобетону – $1,05 \text{ МПа}$, тріщиностійкість – 5,1 бала, середня щільність – $940 \text{ кг}/\text{м}^3$, водоутримувальна здатність – понад 95 %, морозостійкість – F25, опір теплопередачі шару товщиною 20 мм – $0,77 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$. Поєднання низької теплопровідності, високої адгезії, достатньої механічної стабільності та підвищеної паропроникності ($\mu < 10$) дає змогу рекомендувати цю суміш як для тонкошарової кладки блоків, так і для утеплювального оздоблення стінових огорожувальних конструкцій із газобетону.

3.2.2 Оптимальні цементні склади СБС

Розробка цементних складів поділяється на два напрямки: для кладки блоків і для зовнішнього чи внутрішнього штукатурення. Крім уже поданих складів, до сумішей на цементній основі можуть також входити кремнеземовмісні та карбонатні компоненти, зокрема мікрокремнезем, доломітове борошно, крейда мелена, що виконують роль активних мінеральних добавок або наповнювачів [25-30]. Важливим є також використання фракціонованого кварцового піску ($0,315\text{--}1,0 \text{ мм}$) для регулювання гранулометричного складу та забезпечення реологічної стабільності суміші. Інертні наповнювачі на основі вапняку підвищують стабільність структури та знижують загальну усадку.

Ключову роль у формуванні властивостей відіграють редисперговані полімери (Elotex, Vermocoll), які підвищують адгезійну здатність до мінеральної основи та забезпечують додаткову еластичність [24]. Додавання гідрофобізаторів на основі силанів та силоксанів дозволяє сформувати водовідштовхувальну поверхню шару, що особливо важливо для штукатурних систем при зовнішньому застосуванні. Армувальні волокна (целюлозні або поліпропіленові) підвищують тріщиностійкість, зменшують ризик усадочних деформацій і стабілізують мікроструктуру [26-30].

Таким чином, цементні суміші демонструють високу адаптивність до умов експлуатації, забезпечуючи поєднання механічної міцності, теплоізоляції, гідрофобності та сумісності з газобетонною основою. Вони можуть бути рекомендовані як для тонкошарової кладки, так і для високоякісного декоративного оздоблення фасадів (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Типові цементні склади СБС для різного призначення

Призначення суміші	Компоненти складу	Масова частка, %
Кладка газобетону	Портландцемент ПЦ II/Б-К-400	35
	Доломітове борошно	20
	Перлітовий пісок	25
	Мікрокремнезем	3
	Полімер Vermocoll/Elotex	2
	Целюлозний ефір	0,5
	Пластифікатор С-3 або Mellflux	0,2
	Кварцовий пісок (0,3–1 мм)	14,3
Штукатурка зовнішня	Пуцолановий цемент ПЦ IV/Б-400	30
	Крейда мелена	15
	Перлітовий пісок	30
	Цеоліт	10
	Волокна целюлозні або базальтові	0,4
	Целюлозний загусник Tylose	0,3
	Полімер Vermocoll	0,5
	Гідрофобізатор (силан/силоксан)	0,3
	Мікромелене діатомітове наповнення	2
	Інертний наповнювач (вапняк, кварц)	11,5

Висновки до розділу 3

Застосування місцевих сировинних матеріалів (зокрема перліту, вапняку, доломіту та золи-виношення) у поєднанні з полімерними добавками забезпечує отримання сумішей з високими адгезійними та теплоізоляційними властивостями. Оптимальні рецептури мають: $\lambda \leq 0,25$ Вт/(м·К); $\sigma \geq 0,85$ МПа; середню щільність ≤ 1000 кг/м³; морозостійкість не нижче F50; водотримання ≥ 92 %.

Використання факторного планування та математичного моделювання дозволяє зменшити кількість експериментів і підвищити точність прогнозування.

Отримані регресійні моделі можуть бути використані для проектування складів СБС з урахуванням вимог нормативів ДСТУ Б В.2.7-126:2011 «Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови» [3] та ДСТУ EN 998-1:2023 «Технічні умови розчину для кладки. Частина 1. Розчин для зовнішнього та внутрішнього штукатурення (EN 998-1:2016, IDT)» [30].

Таким чином, результати експериментального дослідження підтверджують ефективність підходу до формування рецептур з використанням місцевої мінеральної сировини та дозволяють рекомендувати дані склади для виробництва штукатурних та клеючих СБС для житлового будівництва.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Опис рішень генерального плану

Запропонований індивідуальний житловий будинок розміщується на ділянці площею 0,14 га, розташованій у селі Проців Бориспільського району Київської області. Проєкт є прикладом інтеграції сучасного об'ємно-планувального рішення з інноваційними будівельними матеріалами локального походження. Основною метою є забезпечення високої енергоефективності, зниження собівартості будівництва та підвищення екологічної безпеки об'єкта за рахунок застосування ефективних сухих будівельних сумішей.

Генеральний план передбачає раціональну організацію території садиби з урахуванням санітарно-побутових і функціональних вимог. Основу становить забудова індивідуальним двоповерховим житловим будинком. Крім основної будівлі, на території розміщено господарські споруди (альтанка, септик), елементи благоустрою (вимощення навколо будинку, бруківкові пішохідні доріжки), а також озеленення – газони, декоративні насадження, посадкові смуги по межі ділянки. Передбачено зручний під'їзд до гаража і відкритий майданчик для паркування, що інтегровані у схему транспортного руху по ділянці. Загальне планування забезпечує комфортне використання простору, естетичну привабливість і ефективне функціональне зонування.

Усі елементи благоустрою та транспортного обслуговування відповідають нормам ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» та ДБН Б.2.2-5:2011 «Благоустрій територій» [31-32].

Техніко-економічні показники генерального плану наведеноо в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Техніко-економічні показники генплану

№	Показник	Значення
1	Площа земельної ділянки	0,14 га
2	Площа забудови	99,8 м ²
3	Загальна площа будинку	138,51 м ²
4	Житлова площа	64,86 м ²
5	Будівельний об'єм	690,17 м ³
6	Поверховість	2 поверхи
7	Тип фундаменту	стрічковий монолітний
8	Площа озеленення	≈30% ділянки
9	Площа заощення та під'їздів	≈25% ділянки
10	Наявність господарських споруд	альтанка, септик

4.2 Архітектурно-будівельні рішення

Будівля має два надземні поверхи. Загальна площа становить 138,51 м², з яких житлова – 64,86 м². Площа забудови – 99,8 м², а будівельний об'єм – 690,17 м³. Об'ємно-планувальне рішення передбачає наявність відкритих балконів, тераси, гаража з навісом, що інтегрований у загальний об'єм будинку. Фасад оформлено в сучасному стилі з використанням нейтральних та контрастних кольорів для підкреслення об'ємної композиції.

На першому поверсі розташовані тамбур, хол, котельня, кладова, ванна кімната, кабінет, вітальня, кухня-їдальня. На другому – чотири спальні кімнати, хол та ванна кімната. Раціональне планування забезпечує комфортне проживання, ефективне зонування та добру інсоляцію приміщень [33-34].

У конструктивному рішенні застосовано традиційну несучу схему з поперечними несучими стінами з газобетонних блоків товщиною 375 мм для зовнішніх стін та 300 і 120 мм – для внутрішніх стін і перегородок [35-37].

Зовнішні стіни додатково утеплюються плитами з мінеральної вати товщиною 100 мм із застосуванням фасадної системи "мокрий фасад". Шари включають: клеюча суміш на цементній основі, теплоізоляційна плита,

армуючий шар зі склосіткою, фінішна декоративна штукатурка. В цоколях застосовується екструдований пінополістирол товщиною 50 мм для захисту від вологи та теплових втрат [34-37].

Фундамент стрічковий монолітний, виконаний із бетону класу В15, із показниками водонепроникності W2 та морозостійкості F50.

Перекриття першого та другого поверхів – залізобетонні багатопустотні плити типу ПК (марок ПК 46,2-12, ПК 38,6-12, ПК 43,4-12), що забезпечують необхідну жорсткість і стійкість. Для підвищення конструктивної надійності армування виконується сіткою ВР-1 діаметром $\varnothing 12$ мм із чарункою 20×20 мм.

Покрівля – скатна, з дерев'яною кроквяною системою на основі брусів перерізом 50×200 мм, мауерлатом, підкосами та прогоном.

Покриття – металочерепиця товщиною 0,45 мм, з вентиляльованим прошарком для запобігання конденсату та ефективного повітрообміну в підпокрівельному просторі [38].

Підлога першого поверху виконана з бетонної стяжки із армувальною сіткою. У санвузлах – додаткове гідроізоляційне покриття у вигляді поліетиленової плівки та цементних гідроізоляційних розчинів. Теплоізоляція перекриттів і підлоги забезпечується мінераловатними плитами щільністю не менше 130 кг/м^3 , що мають високі теплоізоляційні показники та пожежну безпеку.

У всіх прорізах зовнішніх та внутрішніх стін передбачено встановлення монолітних або збірних залізобетонних перемичок відповідно до розрахункових навантажень.

Віконні блоки виконані з металопластикових профілів з двокамерними енергозберігаючими склопакетами. Передбачено провітрювальні клапани для підтримки мікроклімату. Двері зовнішні – металеві з утепленням та антивандальним покриттям, внутрішні – дерев'яні або МДФ з вологостійким покриттям у санвузлах і технічних приміщеннях.

Особливістю фасадного рішення є застосування декоративних та фасадних штукатурок на основі сухих сумішей власної рецептури, що дозволяє досягти

необхідної довговічності, атмосферостійкості та привабливого зовнішнього вигляду [3, 39]. Колористичне рішення охоплює відтінки сірого, білого та рожево-коричневого кольору. Цоколь оздоблено штукатуркою темніших тонів для підвищеного захисту від механічного зносу та опадів. Вікна металопластикові, з використанням прозорого або матового скла, балкони мають легкі огорожі з металу або скла, що відповідає сучасним тенденціям.

Таким чином, архітектурно-планувальна і конструктивна частина проєкту демонструє цілісну систему рішень, в якій естетика поєднується з енергоефективністю та функціональністю, а використання локальних сухих сумішей забезпечує зменшення витрат та підвищення якості житлового середовища.

4.3 Протипожежні заходи

У проєкті передбачено використання виключно негорючих матеріалів для теплоізоляції (мінеральна вата), дотримання меж вогнестійкості елементів згідно з ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [40]. Також у будинку наявний другий евакуаційний вихід (через балкони на другому поверсі). Передбачено встановлення вогнестійких дверей між котельнею та житловими приміщеннями, встановлення первинних засобів пожежогасіння (вогнегасники, протипожежний кран). Усі елементи кроквяної системи даху, включно з кроквами, мауерлатами, підкосами та прогонами, підлягають обов'язковій антисептичній та протипожежній обробці. Для цього використовується просочення вогнебіозахисними складами IV групи ефективності. Обробка проводиться дворазово: до монтажу та після остаточного збирання конструкції. Це забезпечує підвищену стійкість деревини до ураження мікроорганізмами, а також підвищує межу вогнестійкості відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [40].

4.4 Укриття

Для забезпечення цивільного захисту у разі надзвичайної ситуації, у цокольному рівні будинку передбачено найпростіше укриття з окремим входом, площею близько 12 м², розраховане на 6 осіб при нормативі 0,6 м²/особу. Приміщення оснащено вентиляційним отвором з захистом, має автономне освітлення та герметичні двері [41]. Передбачено виведення водовідведення, запас питної води та аптечку згідно з рекомендаціями ДСНС.

4.5 Інженерне обладнання будівлі

Індивідуальний житловий будинок обладнано комплексом сучасних інженерних систем, які забезпечують його автономність, енергоефективність і комфорт експлуатації.

Система опалення: передбачено водяне індивідуальне опалення з газовим котлом, розміщеним у котельні на першому поверсі. Використовуються сталеві або поліпропіленові труби з радіаторами сталевих панельного типу. У санвузлах – додатково встановлено теплу підлогу (електричну або водяну).

Водопостачання: система передбачає підключення до централізованого водопроводу або використання індивідуальної свердловини. Внутрішній водопровід виконано з поліпропіленових труб. Запроектовано гідроаккумулятор і насосну станцію для забезпечення стабільного тиску води.

Каналізація: господарсько-побутова каналізація реалізована з відведенням стоків у септик із переливною системою фільтрації. Внутрішні мережі виконані з поліетиленових труб, прокладених із дотриманням ухилів і норм санітарії.

Електропостачання: здійснюється від зовнішньої повітряної або підземної лінії. Розподільчий щит встановлено в тамбурі. Проектом передбачено автоматичні вимикачі, диференційний захист, заземлення та блискавкозахист.

Вентиляція: природна витяжна вентиляція забезпечується через вентканалі у санвузлах, кухні та котельні. У ванній кімнаті передбачено встановлення

примусового вентилятора. Для покращення мікроклімату можливе встановлення рекуператора повітря.

Освітлення і слабкоструміві мережі: усередині будівлі передбачено встановлення енергоощадних LED-світильників. Усі приміщення забезпечені точками доступу до інтернету, кабельного телебачення та домофонного зв'язку. Запроектовано систему охоронної сигналізації та відеоспостереження по периметру ділянки.

Автоматизація: проєктом передбачено елементи «розумного будинку»: автоматичне керування освітленням, опаленням, датчиками диму та витоку газу, а також дистанційний моніторинг через мобільний застосунок.

4.5 Організаційно-технологічні рішення

4.5.1 Галузь застосування технологічної карти

Ця технологічна карта призначена для виконання робіт з теплоізоляції фасадів будівель із застосуванням систем утеплення на основі мінераловатних плит за технологією «мокрый фасад». Такі системи є ефективними ненесучими багатошаровими конструкціями, призначеними для підвищення енергоефективності будівель та зменшення тепловтрат [3, 7, 39]. Вони широко застосовуються у житловому та громадському будівництві, особливо в новозведених об'єктах, де передбачено покращення теплових характеристик огорожувальних конструкцій.

Система утеплення фасадів складається з наступних основних функціональних шарів [7, 14]:

- теплоізоляційний шар (мінераловатні плити), що забезпечує зниження теплопровідності;
- армувальний шар із лугостійкої сітки зі скловолокна, що слугує основою для фінішного покриття;
- декоративно-захисне оздоблення (декоративна штукатурка), що формує зовнішній вигляд фасаду та забезпечує захист від атмосферних впливів.

Область застосування включає:

- зовнішнє утеплення фасадів новозбудованих житлових будинків;
- застосування в умовах помірною та континентального клімату при температурному режимі від +5°C до +30°C;
- об'єкти з підвищеними вимогами до пожежної безпеки та екологічності (мінераловатні плити є негорючим матеріалом).

Системи утеплення на основі мінеральної вати відповідають сучасним вимогам з енергоефективності, довговічності та безпеки, регламентованим чинними будівельними нормами (ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування», ДСТУ Б В.2.6-36:2008 «Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови» тощо) [42, 43]. Застосування таких систем дозволяє значно скоротити витрати на опалення та підвищити комфортність умов проживання в будівлі.

4.5.2 Перелік робіт

Технологічна послідовність виконання робіт з утеплення фасадів мінераловатними плитами включає наступні етапи:

1) Підготовчі роботи:

- очищення поверхні стін від пилу, бруду та сторонніх включень;
- видалення старих покриттів (при реконструкції);
- перевірка вертикальності поверхонь, усунення виступів і нерівностей;
- ґрунтування поверхні стін спеціальним адгезійним складом;
- встановлення цокольного профілю (стартової рейки).

2) Основні роботи:

- нарізка та монтаж плит мінераловатного утеплювача за схемою перев'язки;
- приклеювання плит до стіни клейовим складом;
- додаткове механічне кріплення дюбелями;
- нанесення армувального шару на утеплювач із сіткою зі скловолонна;

- нанесення фінішного декоративно-захисного шару (штукатурки).

3) Завершальні операції:

- фарбування фасаду (за необхідності);
- монтаж відливів, кутиків, нащільників;
- демонтаж тимчасових споруд та риштувань;
- прибирання будівельного майданчика.

Кожен з вищевказаних процесів повинен виконуватись згідно з вимогами технічної документації, інструкцій з монтажу систем утеплення та норм охорони праці.

4.5.3 Організація і технологія виконання робіт

Організація процесу теплоізоляції фасадів базується на раціональному розподілі трудових і матеріально-технічних ресурсів у межах кожного технологічного циклу. Проведення робіт із влаштування системи зовнішнього утеплення має здійснюватися в оптимальних метеорологічних умовах, що регламентуються температурним режимом від +5°C до +30°C та відсутністю атмосферних опадів. У разі дії сильного вітру або прямих сонячних променів слід вживати заходів для захисту робочої поверхні – встановлювати захисні екрани, плівки або брезенти.

Підготовка до виконання робіт включає розроблення плану захваток з урахуванням об'єму та конфігурації фасаду, наявності риштувань, транспортних під'їздів і зручного доступу до робочої зони. Монтаж утеплювача здійснюється за захватками висотою 2,4–3,6 м, відповідно до висоти риштувань, при цьому забезпечується технологічна послідовність від нижніх ярусів до верхніх.

Усі операції виконуються з риштувань рамного, модульного або клино-хомутового типу, встановлених згідно з вимогами нормативних документів (ДСТУ EN 12811-1:2022 «Тимчасове робоче обладнання. Частина 1. Риштування. Вимоги до продуктивності та загальна конструкція» (EN 12811-1:2003, IDT), ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення» (НПАОП 45.2-

7.02-12)) та паспорту на монтаж конструкцій. Обов'язково дотримується правильна відстань між робочими платформами і фасадом – вона повинна відповідати товщині теплоізоляційного шару із додатковим технологічним зазором (не менше 40–50 см) [44, 45]. Робочі майданчики обладнуються перилами, трапами і запобіжними бортиками.

Логістика постачання матеріалів та їх зберігання організовується відповідно до графіка робіт. Всі матеріали (клейові суміші, плити утеплювача, дюбелі, армувальна сітка, штукатурка) повинні зберігатися в умовах, що запобігають їх зволоженню або механічному пошкодженню. Приготування клейових розчинів виконується централізовано – із застосуванням механізованих мішалок із дотриманням пропорцій згідно з інструкціями виробника.

Монтаж системи виконується наступним чином:

- утеплювач приклеюється до стіни способом суцільного або маякового нанесення клею;
- після затвердіння клею виконується механічне кріплення плит пластиковими дюбелями з широким капелюшком;
- армувальний шар формується із нанесенням клею та втисненням лугостійкої сітки, із перекриттям 10 см на стиках;
- декоративно-захисне оздоблення виконується фінішним покриттям: фактурною або гладкою штукатуркою.

Для підвищення якості та швидкості монтажу формуються бригади з чітким функціональним розподілом: окремо виділяються робітники, які здійснюють підготовку поверхонь, монтаж утеплювача, армування, оздоблювальні роботи та контроль. Всі працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки, працювати в засобах індивідуального захисту та дотримуватися норм охорони праці відповідно до ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування» (ISO 45001:2018, IDT).

Після завершення кожного технологічного етапу здійснюється технічний контроль якості – перевірка надійності кріплення плит, рівності поверхні,

правильності стикування плит, товщини армувального шару, дотримання технології фінішного оздоблення. У разі виявлення відхилень – проводиться локальне усунення дефектів до наступного етапу робіт.

4.5.4 Послідовність виконання робіт

Монтаж системи зовнішнього утеплення фасадів здійснюється відповідно до встановленої технологічної послідовності, яка забезпечує якість, довговічність та надійність термоізоляційного шару. Всі операції виконуються у визначеній черговості, з дотриманням нормативних вимог та стандартів безпеки.

I. Підготовка нижньої частини фасаду (цоколя):

- перевірка цокольного рівня, закріплення металевого стартового профілю по периметру будівлі з використанням дюбелів;
- забезпечення горизонтальності та герметичності вузла примикання стартового профілю до стіни.

II. Підготовка основи:

- очищення поверхні фасаду від пилу та бруду;
- зволоження основи (при потребі);
- нанесення ґрунтовки для поліпшення адгезії клею до основи.

III. Монтаж теплоізоляційних плит:

- приготування клейового розчину згідно з інструкцією виробника;
- нанесення клею на тильну сторону плит (маячковий або суцільний спосіб);
- приклеювання плит на фасад у шаховому порядку з перев'язкою вертикальних швів;
- механічне кріплення плит пластиковими дюбелями після висихання клею (4–6 шт. на плиту).

IV. Влаштування армувального шару:

- нанесення клею по поверхні утеплювача;
- втиснення лугостійкої скловолоконної сітки у шар клею із перекриттям на стиках не менше 100 мм;

- нанесення додаткового шару клею поверх сітки для повного перекриття.

V. Фінішна обробка:

- нанесення декоративної штукатурки після повного висихання армувального шару;

- фарбування фасаду, якщо передбачено проєктом;

- встановлення відливів, нащільників, добірних елементів.

VI. Завершальні роботи:

- демонтаж риштувань;

- прибирання території;

- технічна перевірка якості виконаних робіт згідно з актами огляду прихованих робіт та завершених операцій.

4.5.5 Калькуляція трудовитрат

Розрахунок трудовитрат виконано на основі обсягу робіт по утепленню фасаду житлового будинку загальною площею 189 м² (табл. 4.3). Враховано норми часу, обсяг робіт і відповідні розцінки для кваліфікованих працівників [46, 47].

Таблиця 4.2 – Калькуляція трудовитрат та заробітної плати

Назва робіт	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Норма часу (люд.-год/100 м ²)	Трудовитрати, люд.-год
Установлення і демонтаж риштувань	100 м ²	1,89	72,5	137,03
Очищення фасаду від пилу та забруднень	100 м ²	1,89	12	22,68
Ґрунтування поверхні стін	100 м ²	1,89	3	5,67
Приклеювання плит утеплювача	100 м ²	1,89	45	85,05
Механічне кріплення утеплювача дюбелями	100 м ²	1,89	15	28,35
Нанесення армувального шару зі склосіткою	100 м ²	1,89	35	66,15
Нанесення фінішного декоративного шару (штукатурка)	100 м ²	1,89	32	60,48

Загальна трудомісткість виконання робіт становить: 405,41 люд.-год.

Отже, за умови щоденної роботи бригади з 3 працівників по 8 годин:

- тривалість виконання робіт складе ≈ 17 днів;
- середній виробіток на одного працівника – $2,65 \text{ м}^2/\text{люд.-год}$.

Отримані дані враховуються при складанні календарного графіка та визначенні економічної ефективності утеплення будівлі фасадною теплоізоляційною системою.

4.5.6 Техніко-економічні показники

У результаті виконання організаційно-технологічних заходів з утеплення фасаду житлового будинку на основі мінераловатних плит були визначені ключові техніко-економічні показники, що характеризують ефективність і раціональність виконання робіт [48]. Ці показники враховують як витрати трудових ресурсів, так і продуктивність робіт при заданих умовах.

1) Тривалість виконання робіт. На підставі загального обсягу трудових витрат ($405,41 \text{ люд.-год.}$) та чисельності бригади з трьох працівників, що працюють упродовж стандартної 8-годинної зміни, розраховано орієнтовну тривалість утеплювальних робіт:

$$T_{\text{заг}} = 405,41 / (3 \times 8) \approx 17 \text{ днів.} \quad (4.1)$$

2) Питома трудомісткість на 1 м^2 утеплення. При загальній площі фасадних робіт 189 м^2 питома трудомісткість становить:

$$T_{\text{од}} = 405,41 / 189 \approx 2,15 \text{ люд.-год/м}^2. \quad (4.2)$$

3) Середній виробіток на одного працівника за зміну. Обсяг робіт, виконаний одним працівником за зміну (8 год), становить:

$$V = 8 / 2,15 \approx 3,72 \text{ м}^2/\text{зміну.} \quad (4.3)$$

4) Кількість змін на повний цикл утеплення. За наявності бригади з 3 осіб для завершення робіт буде потрібно:

$$K_{зм} = 405,41 / (3 \times 8) \approx 17 \text{ змін.} \quad (4.4)$$

4.5.7 Охорона праці

Під час виконання робіт з утеплення фасадів мінераловатними плитами необхідно дотримуватись вимог чинного законодавства з охорони праці (Закон України "Про охорону праці", ДБН А.3.2-2-2009, ДСТУ EN 1176, ДСТУ ISO 45001:2019) [45]. Усі працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки, мати відповідну кваліфікацію та бути забезпечені засобами індивідуального захисту.

До основних заходів з охорони праці належать:

- обов'язкове використання засобів індивідуального захисту (каски, рукавички, запобіжні пояси, захисні окуляри, респіратори);
- виконання робіт на висоті лише з використанням справних та сертифікованих риштувань і платформ;
- дотримання правил електробезпеки при використанні будівельного інструменту (шліфмашин, міксерів, тощо);
- заборона виконання робіт при швидкості вітру понад 15 м/с або під час дощу, снігу, обмерзання конструкцій;
- встановлення сигнальних огорож на рівні фасаду та нижче зони робіт;
- регулярна перевірка справності інструменту, риштувань, засобів захисту;
- розробка плану евакуації та інструкцій дій у разі надзвичайної ситуації;
- призначення відповідальної особи за охорону праці на об'єкті.

Порушення технологічної послідовності робіт, недотримання вимог безпеки, а також несанкціоноване використання обладнання можуть призвести до травматизму та зниження якості робіт. Тому охорона праці є невід'ємною складовою технологічного процесу і має реалізовуватись на всіх етапах організації та виконання робіт.

Висновок до розділу 4

Запропоновані архітектурні, конструктивні та технологічні рішення для індивідуального житлового будинку в селі Проців Київської області повною мірою відповідають сучасним вимогам до енергоефективності, довговічності, екологічності та ергономіки забудови. Об'ємно-планувальна структура забезпечує зручне функціонування всіх приміщень, ефективне використання площі та комфорт мешканців.

Проектом передбачено використання ефективних сухих будівельних сумішей на основі місцевої сировини, що дозволяє знизити загальну собівартість будівництва та водночас підвищити якість оздоблювальних та теплоізоляційних робіт. Конструктивна схема з монолітними перекриттями, газобетонними стінами, вентильованою скатною покрівлею і сучасними віконно-дверними блоками забезпечує високу несучу здатність та теплоізоляцію.

Улаштування мінераловатного утеплення фасадів доповнено повним циклом організаційно-технологічних заходів з чітко визначеною послідовністю виконання робіт, трудовими витратами, техніко-економічними показниками та заходами з охорони праці. Запропонована технологія фасадного утеплення забезпечує нормативний рівень термічного опору огорожувальних конструкцій, що є ключовим чинником у досягненні класу енергоефективності будівлі.

Таким чином, реалізація проєктних рішень дозволяє забезпечити комплексну відповідність об'єкта чинним нормативним вимогам, санітарно-гігієнічним, протипожежним та експлуатаційним критеріям, а також створити сучасне, безпечне і економічно доцільне житло з тривалим терміном експлуатації.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки СБС

В даному розділі проведемо техніко-економічне обґрунтування розробки власної суміші, представлені в попередніх розділах. Проведемо розрахунок собівартості сухої штукатурної суміші на цементній основі та сухої штукатурної суміші на гіпсовій основі в табличній формі (таблиця 5.1 та 5.2) [45-48].

Таблиця 5.1 – Суха штукатурна суміш на цементній основі

Компонент	Кількість, кг	Ціна за кг (грн)	Вартість (грн)
Цемент ПЦ II/Б-К-400	350	4	1400
Перліт	250	41	10250
Доломітове борошно	200	13	2600
Кварцовий пісок	125	9,6	1200
Добавки (Tylose, полімери)	25	30	750
Разом	1000	97,6	16200

Таблиця 5.2 – Суха штукатурна суміш на гіпсовій основі

Компонент	Маса, кг	Ціна, грн/кг	Вартість, грн
Гіпс будівельний	350	10	3500
Зола-виносення	150	0,8	120
Вапняк	120	12	1440
Перліт	250	41	10250
Поліпропіленові волокна	4	120	480
Vertocol (полімер)	25	95	2375
Інші добавки	101	25	2525
Разом	1000		20690

Загальні порівняння різних сумішей зводимо в таблицю 5.3

Таблиця 5.3 – Порівняння вартості сухих сумішей

Бренд / Тип суміші	Орієнтовна ціна, грн/кг	Примітки
Власна суміш (собівартість)	16,2/20,69	Розрахована собівартість на основі компонентів
Кнауф МР 75 (машинна штукатурка)	~13–15	Гіпсова штукатурка для машинного нанесення
Ceresit СТ 24 (цементна штукатурка)	~14–16	Універсальна цементна суміш для зовнішніх та внутрішніх робіт
Vaunіt МРІ 25 (гіпсова штукатурка)	~15–17	Високоякісна гіпсова суміш для внутрішніх робіт

Як видно із розрахунків таблиць 5.1-5.3 за ціною виготовлення вигідніше суміш Кнауф МР 75 для машинного штукатурення.

Для подальшого техніко-економічного порівняння розглянемо два варіанта суміші (таблиця 5.4):

1. Суміш власного виготовлення на цементній основі, складові її наведені в таблиці 5.1
2. Суміш Кнауф МР 75 для машинного штукатурення.

Таблиця 5.4 – Техніко-економічне порівняння сумішей

Параметр	Власна суміш	Суміш Кнауф МР 75
Ціна за 1 кг	16,20 грн	15,00 грн
Трещиностійкість	Висока (комбіноване армування)	Середня
Теплопровідність	Низька	Стандартна
Адгезія до газобетону	Відмінна	Середня
Пристосованість до місцевої сировини	Так	Ні

5.2 Економічна ефективність використання розроблених СБС

В даному розділі розраховуємо економічну ефективність використання розроблених сухих будівельних сумішей (СБС) з додаванням модифікуючих добавок та наповнювачів. За технічними параметрами коефіцієнт теплопровідності для розробленої в магістерській роботі СБС нижче – 0,12-0,25 Вт/(м×°С) ніж у звичайної цементно-піщаної штукатурки 0,400 Вт/(м×°С) [15].

Для визначення економічного ефекту порівнюємо два варіанти влаштування оздоблювальних покриттів на 100 м²:

1 варіант – розроблений склад СБС;

2 варіант – цементно-піщана штукатурка.

Для визначення кошторисної вартості розробляємо локальні кошторисні документи за допомогою програмного комплексу Будівельні технології (табл. 5.5, табл. 5.6) .

Вони розроблялися на основі: ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи; кошторисних цін на матеріали, вироби та конструкції, загально виробничі витрати розраховані відповідно до усереднених показників додатка Настанови.

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітна плата будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загально виробничих витрат [46-48].

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загально виробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

Таблиця 5.5 – Розрахунок одиничної вартості кошторисної норми № 1,
КБ15-46-1

Склад робіт:

1. Набивання смуг штукатурної сітки в місцях примикання. 2. Нанесення розчину на поверхню з розрівнюванням і затиранням накривного шару. 3. Штукатурення укосів ніш опалення. 4. Обмазування розчином коробок, наличників і плінтусів.

Вимірник: 100 м2 поверхні штукатурення

Шифр ресурсу	Найменування витрат та ресурсів	Одиниця виміру	Показник	Вартість, грн.	
				Одиниці	Всього
1	2	3	4	5	6
Заробітна плата					
ТСО-3-7	Витрати труда робітників-будівельників розряду 3,7	люд-год	54.9	71.89	3946.7610
	Разом				3946.76
Вартість експлуатації машин і механізмів					
СН211-251	Розчинонасос, продуктивність 1 м3/год	маш-г	5.4	84.67	457.2180
	Витрати труда ланки	люд-г	1.07		5.7780
	Середній нормативний розряд ланки	розряд	2.8	64.77	
	Разом				457.22
	в т.ч. заробітна плата				374.22
	витрати труда	люд-г			5.78
Вартість матеріалів, виробів і конструкцій					
С111-179	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,6x50 мм	т	0.00007	60866.73	4.2607
С111-219	Гіпсові в'язучі Г-3	т	0.006	6194.16	37.1650
С111-874	Сітка дротяна тканна з квадратними чарунками N 05 без покриття	м2	2.77	149.05	412.8685
С1425-11702	Розчин на основі теплоізоляційних сухих будівельних сумішей з додаванням модифікуючих добавок та наповнювачів	м3	0.71	2551.89	1811.8419
	Разом				2266.14
	Всього				6670.12

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Таблиця 5.6 – Розрахунок одиничної вартості кошторисної норми № 2,
КБ15-46-1

Штукатурення поверхонь цементно-вапняним розчином по каменю просте, стін

Склад робіт:

1. Набивання смуг штукатурної сітки в місцях примикання. 2. Нанесення розчину на поверхню з розрівнюванням і затиранням накривного шару. 3. Штукатурення укосів ніш опалення. 4. Обмазування розчином коробок, наличників і плінтусів.

Вимірник: 100 м2 поверхні штукатурення

Шифр ресурсу	Найменування витрат та ресурсів	Одиниця виміру	Показник	Вартість, грн.	
				Одиниці	Всього
1	2	3	4	5	6
Заробітна плата					
ТСО-3-7	Витрати труда робітників-будівельників розряду 3,7	люд-год	55.3	71.89	3975.5170
	Разом				3975.52
Вартість експлуатації машин і механізмів					
СН211-251	Розчинонасос, продуктивність 1 м3/год	маш-г	5.4	84.67	457.2180
	Витрати труда ланки	люд-г	1.07		5.7780
	Середній нормативний розряд ланки	розряд	2.8	64.77	
	Разом				457.22
	в т.ч. заробітна плата				374.22
	витрати труда	люд-г			5.78
Вартість матеріалів, виробів і конструкцій					
С111-179	Цвяхи будівельні з плоскою головкою 1,6x50 мм	т	0.00007	60866.73	4.2607
С111-219	Гіпсові в'язучі Г-3	т	0.006	6194.16	37.1650
С111-874	Сітка дротяна ткани з квадратними чарунками N 05 без покриття	м2	2.77	149.05	412.8685
С1425-11702	Розчин готовий опоряджувальний цементно-піщаний 1:1:6	м3	1.51	2551.89	3853.3539
	Разом				4307.65
	Всього				8740.39

Склав

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Порівняння варіантів штукатурення поверхонь стін різними розчинами наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Порівняння варіантів штукатурення поверхонь 100 м² стін

Показники (дані)	Варіанти	
	Варіант 1	Варіант 2
Прямі витрати, грн.	6670,12	8740
Кошторисна трудомісткість, люд-год.	54,9	55,3
Кошторисна заробітна плата, грн.	3946,76	3975,51
Матеріали, грн.	2266,14	4307,65

Отримані дані свідчать, що варіант 1 – використання теплоізоляційних сухих будівельних сумішей (СБС) з додаванням модифікуючих добавок та наповнювачів є більш економічно вигідним.

5.3 Економічна ефективність експлуатації розроблених СБС

Розглянемо економічну вигоду у розрізі експлуатації. Попри те, що власна суміш дорожча на 1,20 грн/кг, вона має ряд властивостей, що знижують загальні витрати в довгостроковій перспективі:

1. Підвищена тріщиностійкість.

Менша ймовірність появи тріщин = менше витрат на ремонт.

За статистикою, ремонтно-відновлювальні роботи через тріщини на штукатурці становлять 5–10% вартості оздоблення вже через 1–2 роки.

Наприклад, якщо витрати на оздоблення 1 м² становлять 100 грн, то можливий ремонт у разі тріщин – 5–10 грн/м².

2. Низька теплопровідність

Це означає менші втрати тепла, а отже – менше витрат на опалення протягом усього терміну експлуатації.

При економії навіть 1–2% тепла за сезон у будинку площею 100 м² – це до 500–1000 грн щорічної економії.

3. Краща адгезія до газобетону

Зменшує ризик відшарування штукатурки та збільшує строк служби, а також знижує витрати на монтаж (менше відходів і коригувань).

Приклад розрахунку на 1 м² наведено в таблиці 5.8, припустимо, що витрата суміші – 10 кг/м²:

Таблиця 5.8 – Приклад розрахунку експлуатаційних витрат для розрахунку на 1 м² стіни

Параметр	Власна суміш	Суміш Knauf MP 75
Вартість суміші	$10 \times 16,20 = 162$ грн	$10 \times 15,00 = 150$ грн
Витрати на ремонт/усунення дефектів (через 1 рік)	≈ 0 грн	5 – 10 грн
Загальні експлуатаційні витрати за 1 м ² (2 роки)	162 грн	$150 + 10 = 160$ грн

Як видно із розрахунків таблиці 5.8 вже на 2-3 рік витрати порівнюються, а надалі власна суміш економить кошти.

Висновки до розділу 5

В даному розділі виконано техніко-економічне порівняння виготовлення розроблених сухих будівельних сумішей, оштукатурювання стін з газобетону з використанням розроблених складів СБС та їх експлуатації.

Хоча власна суміш дорожча на 1,20 грн/кг, вона: знижує ризики ремонту; економить тепло; працює краще з газобетоном; має довший строк служби.

Загальна економія виявляється більшою, особливо при довгостроковій експлуатації – через 2 роки використання власної суміші стає вигіднішим, ніж застосування дешевшої, але менш якісної заводської.

Переваги власної сухої суміші:

- Підвищена тріщиностійкість за рахунок комбінованого армування
- Низька теплопровідність при збереженні щільності
- Хороша адгезія до газобетонних блоків
- Склад адаптовано до місцевої сировини

Прорахована ціна власної сухої суміші на цементній основі за 1 кг 16,20 грн.

В даному розділі виконано техніко-економічне порівняння різних варіантів штукатурення стін різними розчинами. Для двох варіантів розроблений локальний кошторис за допомогою програмного комплексу Будівельні технології. В кошторисних документах визначена кошторисна вартість виконання робіт, з урахуванням заробітної плати, вартості матеріалів, вартості експлуатації машин та трудовитрат. Усі загальні витрати зведені в порівняльну таблицю.

Порівнюючи кожний варіант із табл. 5.7-5.8 ми бачимо, що найбільш економічним є використання теплоізоляційних сухих будівельних сумішей (СБС) з додаванням модифікуючих добавок та наповнювачів. Кошторисна вартість 100 м³ становить – 6,670,12 тис. грн., кошторисна трудомісткість – 54,9 люд-год.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження було:

1. Проведено комплексний аналіз властивостей місцевої мінеральної сировини, придатної для виробництва сухих будівельних сумішей. Вивчено фізико-хімічні характеристики перліту, золи-виносення, цеоліту, крейди та доломіту, а також їх функціональну роль у структурі суміші – як теплоізоляційних, водоутримуючих, армувальних або інертних компонентів. Встановлено, що ці матеріали мають високу доступність, невисоку вартість та екологічну безпеку, що дозволяє створювати ефективні рецептури сумішей з локальних ресурсів.

2. Розроблено та випробувано серію рецептур сухих сумішей, адаптованих для кладки та оздоблення стін із газобетону. Створено матрицю експерименту, яка включала 10 варіантів складів з варіацією в'язучих речовин, наповнювачів, мікронаповнювачів і модифікаторів. Визначено технічні параметри кожного складу: щільність, теплопровідність, тріщиностійкість, водоутримувальну здатність, адгезію до газобетону. Випробування проводились на 7, 14 та 28 добу тверднення.

3. Встановлено, що комбіноване використання легких наповнювачів (перліту, золи-виносення) у поєднанні з полімерними модифікаторами (Vermocoll, Tylose, волокна) забезпечує суттєве покращення експлуатаційних властивостей сумішей.

Отримані рецептури характеризуються такими показниками:

- теплопровідність λ у межах 0,26–0,30 Вт/(м·К) (що на 25–35% нижче за показники цементно-піщаних сумішей);
- адгезія до газобетону $R \geq 1,05$ МПа, що забезпечує надійне зчеплення з основою;
- тріщиностійкість $\geq 5,0$ балів, що свідчить про стійкість до усадки;
- водоутримуюча здатність ≥ 95 %, що дозволяє уникати розшарування і покращує якість нанесення.

4. Побудовано математичні моделі багатофакторного аналізу для оцінки впливу окремих компонентів на властивості сумішей. Створено поверхні відгуку, що дозволили обґрунтувати оптимальні співвідношення наповнювачів, мікронаповнювачів і полімерних добавок. На основі аналізу визначено два ефективні базові типи сумішей:

- гіпсову штукатурну суміш – легку, з високою тріщиностійкістю та низькою щільністю, рекомендовану для внутрішніх робіт;

- цементну кладкову суміш – щільнішу, з вищою водостійкістю і міцністю, придатну для зовнішніх та конструкційних елементів.

5. Проведено техніко-економічне обґрунтування ефективності використання розроблених сухих будівельних сумішей. Порівняльний аналіз собівартості, кошторисної вартості та експлуатаційних витрат показав, що власні суміші на основі місцевих матеріалів мають переваги не лише за технічними показниками, а й за загальною економічною доцільністю. Хоча вартість 1 кг сухої суміші дещо вища (на 1,20 грн у порівнянні з комерційними аналогами), у довгостроковій перспективі це компенсується зниженими витратами на опалення, меншими ризиками ремонту та довшим строком служби.

Вартість штукатурення 100 м² стін із використанням розробленої суміші є на 24,7% нижчою, ніж при застосуванні стандартного цементно-піщаного розчину (6670,12 грн проти 8740,00 грн). Отже, розроблена СБС є економічно ефективною та рекомендована до практичного впровадження у сучасному житловому будівництві.

Таким чином, у роботі доведено доцільність використання місцевої сировини для створення ефективних, екологічно безпечних та економічно вигідних сухих будівельних сумішей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Іродова Н. Ю., Бондар А. В., Бондар О. В. Ефективність використання місцевих матеріалів та відходів промисловості для виготовлення сухих будівельних сумішей. Матеріали LIV Всеукраїнської науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2025), Вінниця, Вінницький національний технічний університет, 24.03.2025 – 27.03.2025 р. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/24493/20245>
2. Сучасні українські будівельні матеріали, виробы та конструкції: науково-практичний довідник /за ред. К.К. Пушкарьової. К.: Асоціація «ВСВБМВ», 2012. 664 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови. [Чинний від 2011-06-01]. К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. 42 с. (Національний стандарт України).
4. Лівінський О. М., Курок О. І. та інші. Будівельні матеріали та виробы: підручник. К.: «МП Леся», 2016. 660 с.
5. Шаленний В. Т., Скокова А. О. Результати кореляційно-регресійного аналізу впливу архітектурно-планувальних властивостей і ушкоджень фасадів на вартість та трудомісткість робіт з відновлення їх зовнішньої теплоізоляції і опорядження. Будівництво та техногенна безпека. 2012. № 42. С. 90–97.
6. Molodid O. Technological factors affecting in performance indicators plaster. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2012. № 1 (12). С. 66–69.
7. Кучеренко Л. В., Лівінський О. М. Тонкошарова технологія влаштування штукатурного покриття: монографія. Вінниця : ВНТУ, 2015. 108
8. Дворкін Л.Й., Мироненко А.В. Будівельні матеріали та виробы із застосуванням промислових відходів: навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2019. 298 с.

9. Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Марчук В.В. Ефективні сухі будівельні суміші та розчини на їх основі: монографія. Київ : Каравела, 2024. 348 с.
10. Бондар А.В., Ковальський В.П., Бурлаков В.П., Матвійчук Є.Р. Утилізація відходів промисловості шляхом виготовлення на їх основі сухих будівельних сумішей. Екологічні науки: науково-практичний журнал. К: ДЕА, 2018. № 3(22). С. 21-24.
11. Дворкін Л.Й, Пушкарьова К.К., Дворкін О.Л, Кочевих М.О. Використання техногенних продуктів у будівництві: Навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2009. 330 с.
12. Суханевич М.В. Поводження з відходами та їх використання для одержання будівельних матеріалів. Навчальний посібник. К. : КНУБА, 2011. 152 с.
13. Зорич М. Д., Ковальський В. П. Ефективні сухі будівельні суміші для штукатурення стін будівель із ніздрюватих бетонів. *Енергоефективність в галузях економіки України-2023* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 21-23 листопада 2023 р. Вінниця, 2023. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/viewFile/19535/16177> (дата звернення: 25.11.2023).
14. Кривенко П. В., Пушкарьова К. К., Барановський В. Б., Кочевих М. О., Гасан Ю. Г., Константинівський Б. Я., Ракша В. О. Будівельне матеріалознавство: Підручник. К. : «Видавництво Ліра-К», 2015. 624 с.
15. Дворкін Л. Й. Будівельне матеріалознавство. Навчально-довідковий посібник. Рівне : НУВГП, 2017. 355 с.
16. ДСТУ Б В.2.7-232:2010. Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань. [Чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. К.: ДП «НДІБМВ», 2010. 28 с.
17. ДСТУ Б В.2.7-171:2008. Будівельні матеріали. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 93 с.

18. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. [Чинний від 2011-09-01]. Вид. офіц. К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 20 с.

19. ДСТУ Б EN 197-1:2015 (EN 197-1:2011, IDT). Цемент. Частина 1. Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. К.: Мінрегіон України, 2016. 59 с.

20. ДСТУ Б В.2.7-273:2011. Будівельні матеріали. Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови. [Чинний від 2012-12-01]. Вид. офіц. К.: ДП «НДІБМВ», 2011. 20 с.

21. ДСТУ Б В.2.7-27-95. Пісок із вапняків-черепашників для будівельних робіт. Технічні умови. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. К.: Держкоммістобудування України, 1996. 8 с.

22. ДСТУ Б В.2.7-29-95. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. К.: Держкоммістобудування України, 1996. 17 с.

23. ДСТУ Б В.2.7-32-95. Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. [Чинний від 1996-01-01]. Вид. офіц. К.: Держкомстандарт України, 1996. 20 с.

24. ДСТУ Б В.2.7-128:2006. Будівельні матеріали. Добавки активні мінеральні та добавки-наповнювачі до цементу. [Чинний від 01-12-2007]. Вид. офіц. К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. 12 с.

25. Парута В. А., Бринзін Є. В. Проектування декоративно-захисних систем споруд з автоклавного газобетону з урахуванням параметрів комфортності, екологічності, економічності та довговічності. *Будівництво, матеріалознавство, машинобудування* : зб. наук. праць. 2017. Вип. 99. С. 136-140.

26. Чейлитко А. О., Чейлитко А. А. Дослідження впливу форми пор на тепловий опір пористих теплоізоляційних матеріалів. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2016. № 3. С. 3-9.

27. Парута В. А., Бринзін Є. В., Сиротін О. В. Оздоблення стін з автоклавного газобетону: посібник для фахівців будівельної галузі, науковців та забудовників. Київ, Одеса, Дніпро : Київ : Державне підприємство «УкрНДПротивільсьбуд», 2018. 144 с.

28. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. [Чинний від 2018-12-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 45 с. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78182

29. Плахотніков К. В., Старкова О. В., Деденьова О. Б., Бондаренко Д. О., Дьоміна О. І. Інноваційні теплоізоляційні матеріали з дуальними властивостями. *Тези доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в архітектурі і дизайні» 21-22 травня 2020 р.* Харків, ХНУБА. Харків, 2020. С. 180-182.

30. ДСТУ EN 998-1:2023. Технічні умови розчину для кладки. Частина 1. Розчин для зовнішнього та внутрішнього штукатурення (EN 998-1:2016, IDT). [Чинний від 01-05-2024]. Вид. офіц. К: ДП «УкрНДНЦ», 2024. 24 с.

31. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій. [Чинний від 2019-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 179 с.

32. ДБН Б.2.2-5:2011. Благоустрій територій. [Чинний від 2012-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2012. 61 с.

33. ДБН В.2.2-15:2019. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Поправка. [Чинний від 2019-11-26]. Вид. офіц. Київ: Держбуд України, 2019. 35с.

34. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2021-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2021. 30 с.

35. ДСТУ Б В.2.6-195:2013. Конструкції стін із блоків з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення. Загальні технічні умови. [Чинний від 2014-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=56324

36. ДСТУ Н Б В.2.6-202:2015. Настанова з проектування та улаштування

конструкцій будівель із застосуванням виробів із ніздрюватого бетону автоклавного тверднення. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63684

37. Посібник з проектування малоповерхових будівель з автоклавного газобетону з альбомом технічних рішень. 3-є видання. Київ, 2017. 208 с. <https://drive.google.com/file/d/0B5lhmrCpNwMibzRMdVdwbWlrblE/view?resourcekey=0-fcgLo7NfgWJzWp0OVEhJ6g>

38. ДБН В.2.6-220:2017. Покриття будівель і споруд. [Чинний від 2018-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2017. 53 с.

39. ДСТУ-Н Б В.2.6-212:2016. Настанова з виконання робіт із застосуванням сухих будівельних сумішей. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : Науково-дослідний інститут будівельного виробництва. 47с.

40. ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-01-06]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2017. 35 с.

41. Захисні споруди цивільного захисту. [Чинний від 2023-01-11]. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 123 с.

42. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. [Чинний від 2018-12-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 20 с.

43. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. [Чинний від 2009-06-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 35 с.

44. ДСТУ EN 12811-1:2022. Тимчасове робоче обладнання. Частина 1. Риштування. Вимоги до продуктивності та загальна конструкція (EN 12811-1:2003, IDT). [Чинний від 2023-12-31]. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 48 с.

45. Д ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у

будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

46. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи (Збірник 15). [Чинний від 2023-02-22]. Вид. офіц. Київ : Міністерство розвитку громад та територій України, 2021. 205 с.

47. ДСТУ Б Д 1.1.1-2013. Правила визначення вартості будівництва. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 97 с

48. Лялюк О. Г. Техніко-економічне обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах будівельних спеціальностей : навчальний посібник / О. Г. Лялюк, І. В. Маєвська. Вінниця : ВДТУ, 2003. 84 с.

ДОДАТКИ

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Ефективні сухі будівельні суміші на основі місцевих матеріалів для житлового будівництва

Тип роботи: _____

Підрозділ: Магістерська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)
кафедра БМГА, ФБЦЕЛ, гр. Б-23м
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 2.61 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Бікс Ю. С. доцент, гарант ОП
(прізвище, ініціали, посада)

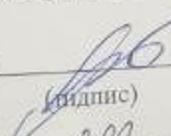
Швець В. В. доцент, зав.каф. БМГА
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

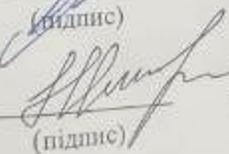
Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Блащук Н. В.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник 
(підпис)

Бондар А. В., доц.
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач 
(підпис)

Іродова Н. Ю.
(прізвище, ініціали)

Додаток Б

Відомість графічної частини МКР

Аркуш	Найменування	Примітки
1	Атуальність теми. Мета, завдання дослідження. Об'єкт дослідження	
2	Предмет дослідження. Новизна роботи. Теоретичні основи отримання сухих будівельних сумішей	
3	Місцева сировинна база для виробництва ефективних сухих будівельних сумішей	
4	Методика дослідження. Моделювання складу сухої будівельної суміші	
5	Моделювання складу сухої будівельної суміші	
6	Визначення фізико-механічних властивостей розроблених складів сумішей	
7	Визначення фізико-механічних властивостей розроблених складів сумішей (продовження)	
8	Оптимальний склад суміші на гіпсовій основі	
9	Оптимальний склад суміші на гіпсовій основі (продовження)	
10	Оптимальний склад суміші на цементній основі	
11	Економічний аналіз (для партії 1 т)	
12	Технологія виготовлення сухих будівельних сумішей на місцевій сировині	
13	Генеральний план М 1:500. Візуалізації	
14	План першого поверху. План другого поверху. Розріз 1-1	
15	План фундаменту. Переkritтя першого поверху. Переkritтя другого поверху. План кроквяної системи. План покрівлі	
16	Фасади	
17	Технологічна карта на облицювання стін з газобетонних блоків мокрим способом	

Актуальність теми. У сучасному житловому будівництві дедалі ширше застосовуються енергоефективні стінові матеріали, зокрема газобетон. Проте ефективне використання газобетонних блоків потребує спеціалізованих сумішей — як для кладки, так і для захисно-декоративного штукатурного шару. Традиційні сухі будівельні суміші (СБС), що використовуються у будівництві, часто мають недоліки:

- низьку паропроникність, що погіршує мікроклімат у приміщенні;
- високу щільність і теплопровідність;
- низьку адгезію до пористих основ, таких як газобетон;
- значну вартість, особливо у випадку використання імпортованих компонентів.

Водночас, Україна має значні запаси місцевої мінеральної сировини (перліт, цеоліт, крейда, доломіт), яка за відповідної модифікації може бути використана у виробництві сучасних СБС. Створення ефективних складів на основі місцевих і вторинних матеріалів дає змогу:

- знизити вартість будівельних робіт;
- підвищити енергоефективність огорожувальних конструкцій;
- зменшити екологічне навантаження за рахунок утилізації промислових відходів;
- забезпечити високу технологічність та зручність застосування сумішей.

Таким чином, розробка ефективних сухих сумішей для кладки та штукатурення газобетонних конструкцій з використанням місцевої сировини є актуальним завданням сучасної будівельної науки і практики.

Мета дослідження:

Розробити ефективні рецептури сухих будівельних сумішей на основі місцевих матеріалів для використання з газобетонними блоками.

Завдання:

- Завдання дослідження:
- Дослідити властивості місцевої сировини: перліту, золи-виношення, цеоліту, крейди, доломіту;
- Розробити експериментальні склади сумішей на гіпсовій та цементній основі;
- Змоделювати вплив компонентів на технічні характеристики;
- Визначити оптимальні рецептури за критеріями адгезії, щільності, теплоізоляції, тріщиностійкості..

Об'єкт дослідження: вплив зміни складу сухої будівельної суміші на її теплоізоляційні, адгезійні та міцнісні властивості.



Предмет дослідження:

Сухі будівельні суміші на основі місцевих матеріалів для кладки й штукатурення стін з газобетону житлових будівель.

Новизна роботи полягає у наступному:

- Запропоновано нові рецептури сухих сумішей із **комбінованим складом** на основі **місцевої сировини**;
- Обґрунтовано **ефективність використання золи-виношення та перліту** як теплоізоляційних та структуроутворюючих компонентів;
- Отримано **склади сумішей**, що перевищують технічні характеристики відомих комерційних продуктів при значно нижчій собівартості.

Теоретичні основи отримання сухих будівельних сумішей

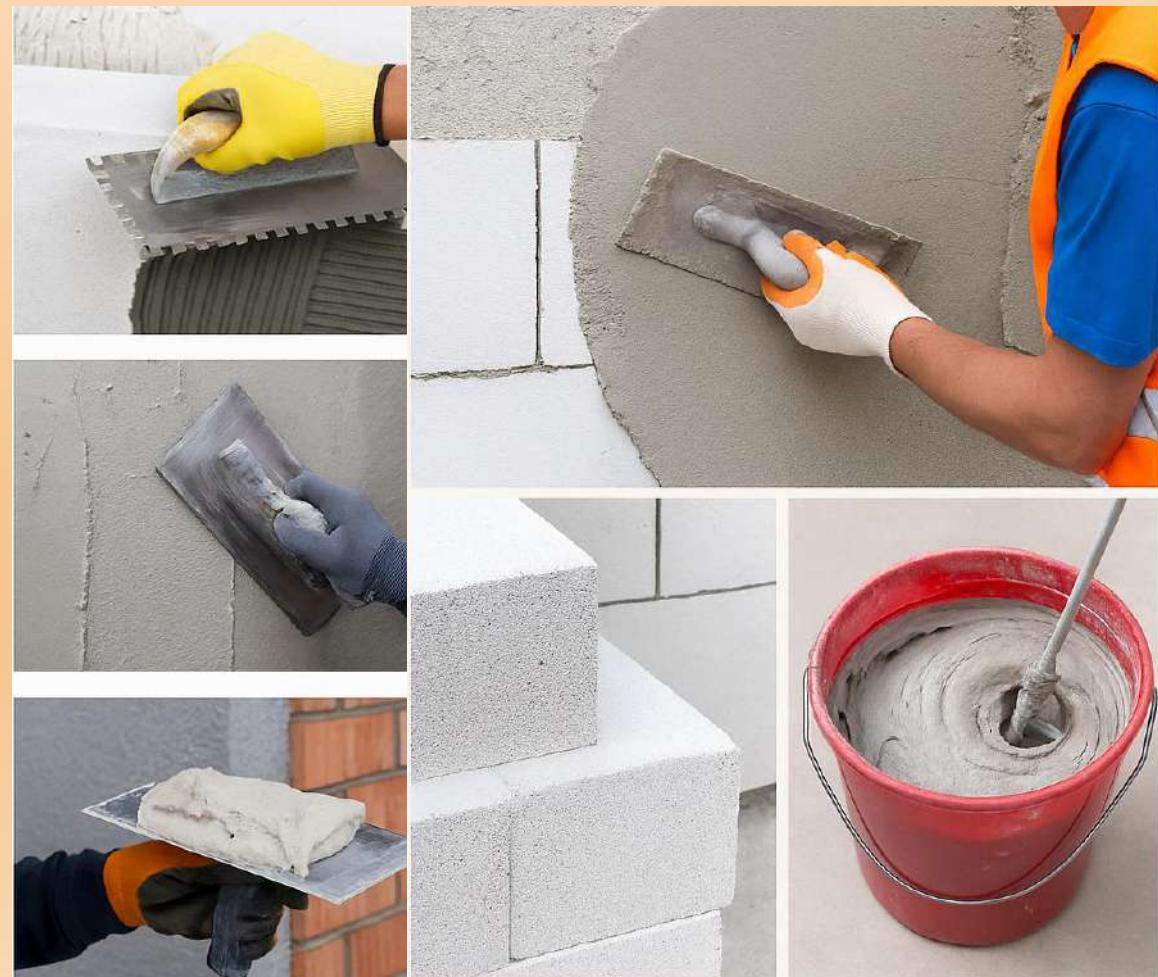
Суха будівельна суміш — це стандартизований порошкоподібний композиційний матеріал, що складається з одного або кількох мінеральних в'язучих речовин, мінеральних або органічних заповнювачів, а також хімічних або мінеральних добавок, який після змішування з водою (або іншим рідким компонентом, передбаченим рецептурою) утворює готову до використання будівельну масу з визначеними реологічними, фізико-механічними та експлуатаційними характеристиками.

Сухі будівельні суміші (СБС) класифікуються на:

- Кладкові (для тонкошарової кладки);
- Штукатурні (внутрішні/зовнішні);
- Спеціальні (теплоізоляційні, гідроізоляційні, шпаклювальні, ремонтні тощо).

Основні вимоги до сумішей:

- Низька теплопровідність;
- Висока адгезія до газобетону;
- Паропроникність;
- Морозостійкість;
- Простота приготування на будмайданчику.



✓ Мінеральні заповнювачі:

Перліт (вспучений, фракція 0–1 мм):

- ▶ Забезпечує низьку щільність і теплопровідність.
- ▶ Застосовується як основний теплоізоляційний наповнювач.

Кварцовий пісок (0.1–1 мм):

- ▶ Використовується для регулювання гранулометрії та міцності.

Доломітове борошно:

- ▶ Покращує структурну стабільність суміші.
- ▶ Має легку лужну реакцію, сумісну з цементами.

Крейда мелена:

- ▶ Використовується як тонкий наповнювач для зменшення витрати цементу.

✓ Активні мінеральні добавки:

Цеоліт (Закарпатські родовища):

- ▶ Підвищує водоутримуючу здатність суміші.
- ▶ Має високі сорбційні властивості.

Мікрокремнезем, зола-винос:

- ▶ Реагує з гідроксидами кальцію, підвищуючи щільність структури.
- ▶ Покращує тріщиностійкість і довговічність.

✓ В'язучі компоненти:

ПЦ II/Б-К-400 (портландцемент з добавками):

- ▶ Забезпечує міцність і високу адгезію.



ПЦЦ IV/Б-400 (композитний цемент):

- ▶ Екологічно безпечний; містить до 45% мінеральних добавок.

✓ Модифікуючі компоненти:

Vermocoll, Tylose — редисперговані полімери та целюлозні ефіри:

- ▶ Поліпшують адгезію, еластичність, водоутримання.

Армувальні волокна (базальтові, поліпропіленові, целюлозні):

- ▶ Підвищують тріщиностійкість та опір до усадки.

Силоксанові гідрофобізатори:

- ▶ Значно знижують капілярне водопоглинання.

1. Постановка експерименту

Метою даного етапу дослідження є визначення впливу різних компонентів сухої будівельної суміші на основні техніко-експлуатаційні характеристики матеріалу. Для цього були виготовлені дослідні серії зразків зі змінним вмістом легких заповнювачів, полімерних модифікаторів та армувальних добавок.

2. Програма досліджень

Дослідження проводилися в умовах лабораторії згідно з вимогами **ДСТУ Б В.2.7-126:2011** та **ДСТУ EN 1015-11:2010**.

Було виготовлено серії зразків, у яких варіювались:

- **вміст перліту** (10–50% від маси сухої суміші);
- **вміст полімерного модифікатора** (1–5%);
- **вміст армувальних волокон** (0–0,5%).

Зразки готувалися шляхом сухого змішування компонентів та подальшого додавання води до отримання стандартної консистенції. Витрати води фіксувалися окремо для кожної серії залежно від вмісту модифікаторів.

3. Визначення властивостей

Для кожної серії зразків визначалися наступні показники:

- **Теплопровідність (λ)** методом теплового потоку;
- **Адгезія до основи** (газобетону) згідно ДСТУ EN 1015-12:2002;
- **Тріщиностійкість** за результатами випробувань на усадку та утворення мікротріщин;
- **Міцність при стиску, щільність і водопоглинання** – згідно відповідних стандартів.

4. Обробка результатів

Результати були оброблені статистично із побудовою графіків функціональної залежності між змінними факторами і досліджуваними показниками.

Для розробки оптимального складу сумішей використано **матричну систему варіацій основних компонентів** з урахуванням:

- Функціонального призначення (кладочна, теплоізоляційна, оздоблювальна);
- Властивостей базової поверхні (газобетон, пористі матеріали);
- Доступності **місцевої сировини** (перліт, доломіт, зола-виносу, вапняк).

Таблиця 1 – Склад досліджуваної суміші

Компонент	Вміст, %	Призначення
Портландцемент	25–40	Основне в'язуче
Доломіт/вапняк	10–25	Наповнювач, модифікація лужності
Перліт	20–35	Легкий заповнювач, теплоізоляція
Зола-виносу	5–15	Пуцолановий активний мінерал
Полімер (Vertocoll)	1–4	Пластифікатор, покращення адгезії
Волокна (0,2–0,5 мм)	0,1–0,5	Армування, тріщиностійкість

Рівняння регресії для побудованих поверхонь відгуку:

- ◆ **1. Теплопровідність (λ):** $\lambda=0.55-0.01 \cdot P+0.00015 \cdot P^2-0.05 \cdot F$, де λ — теплопровідність, Вт/(м·К); P — вміст перліту, %; F — вміст волокон, %.
- ◆ **2. Адгезія до основи (σ):** $\sigma=0.7+0.4 \cdot Pol-0.05 \cdot Pol^2+1.2 \cdot F$, де σ — адгезія, МПа; Pol — вміст полімерного модифікатора, %; F — вміст волокон, %.
- ◆ **3. Тріщиностійкість (R):** $R=3.5+0.8 \cdot Pol-0.15 \cdot Pol^2+2.0 \cdot \ln(1+F)$ де R — тріщиностійкість; ln — натуральний логарифм; Pol — полімер, %; F — волокна, %.
- ◆ **4. Щільність (ρ):** $\rho=1100-5 \cdot P-50 \cdot F+0.1 \cdot P^2$, де ρ — щільність середня, кг/м³; P — перліт, %; F — волокна, %.

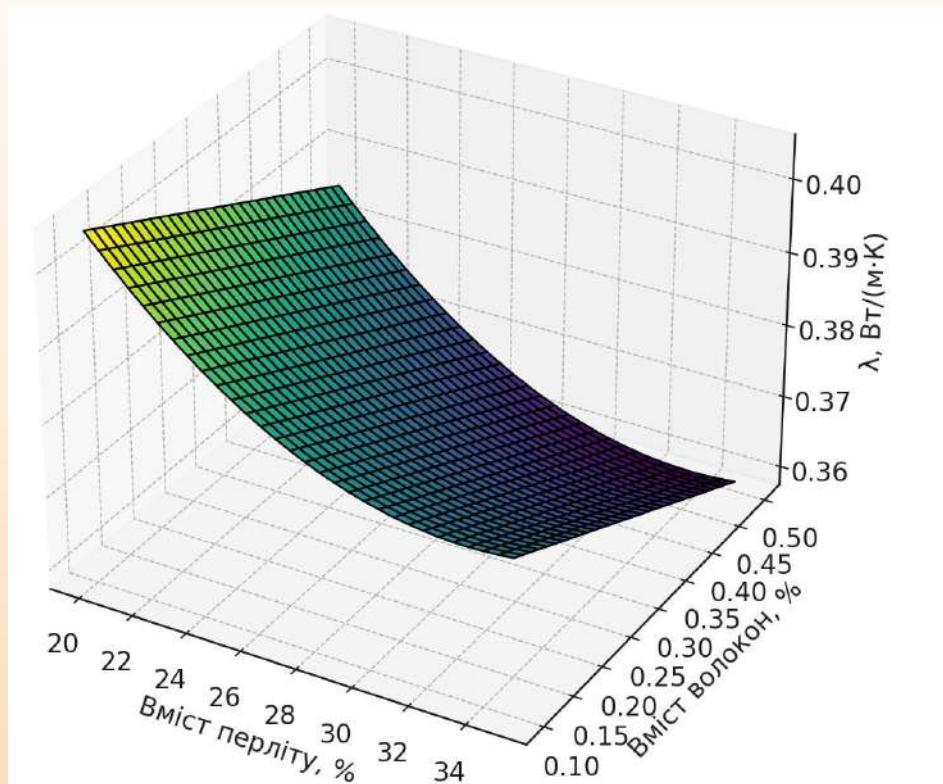


Рисунок 1 – Поверхня відгуку теплопровідності (λ) у залежності від:

- **вмісту перліту** (параболічна залежність);
 - **вмісту армуючих волокон** (лінійне зменшення).
- ◆ Коефіцієнт теплопровідності λ знижується зі зростанням перліту до $\sim 30\%$, а далі починає **повільно зростати**, що пов'язано з критичним зниженням щільності та зв'язності структури.

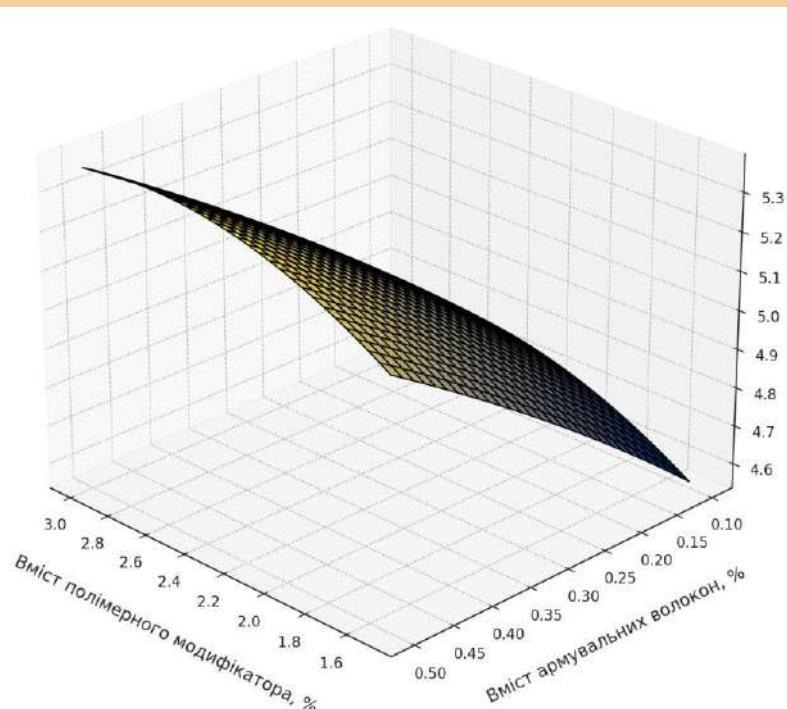


Рисунок 4 – Поверхня відгуку для тріщиностійкості
 ◆ Графік показує, що найвища тріщиностійкість досягається при поєднанні **оптимального дозування полімерного модифікатора ($\sim 2.5\%$) і високого вмісту волокон ($\sim 0.5\%$).**

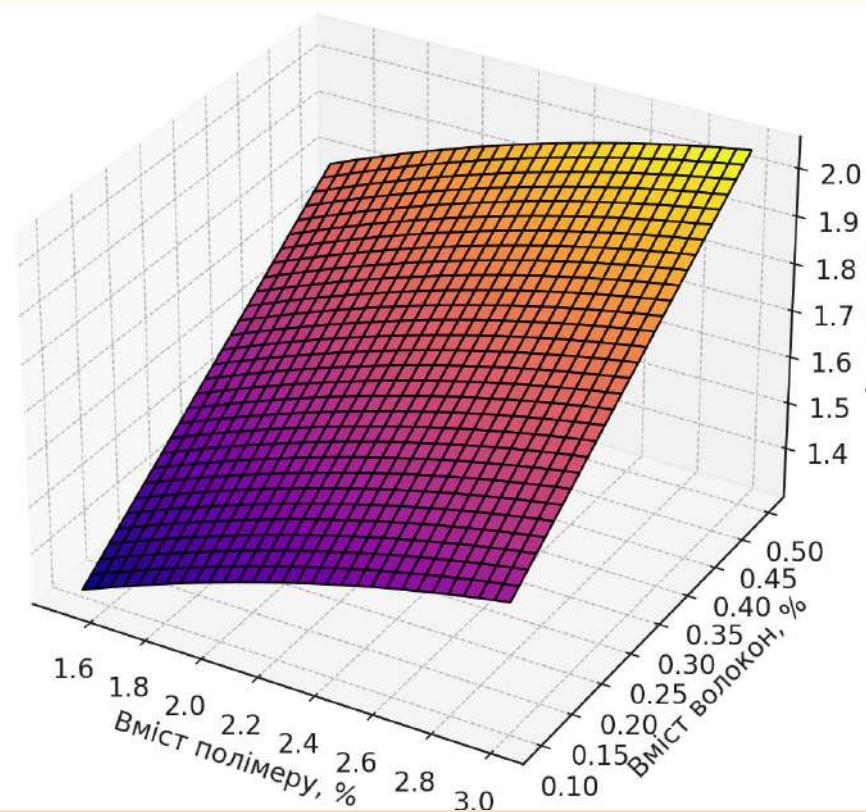


Рисунок 2 – Поверхня відгуку для адгезії, яка залежить від:

- **вмісту полімерного модифікатора (Vermocoll)** — параболічна залежність із максимумом близько $2,5\%$;
- **вмісту волокон** — лінійне покращення адгезії.

◆ Найвища адгезія спостерігається при **поєднанні помірному дозування полімеру ($\sim 2,5\%$) з високим вмістом армуючих волокон ($0,5\%$).**

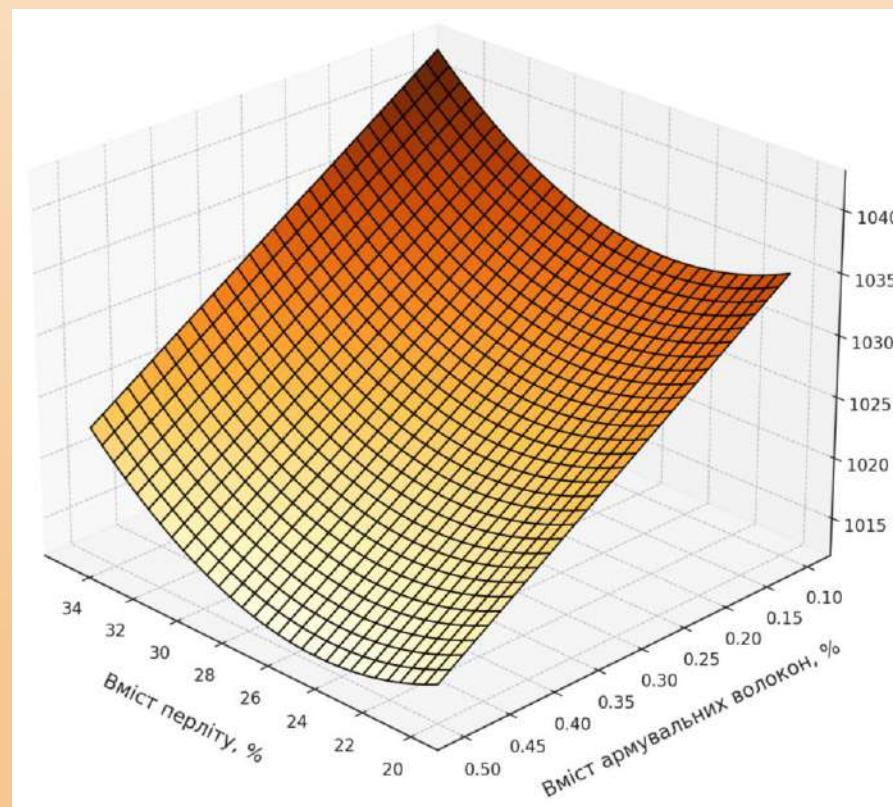


Рисунок 3 – Поверхня відгуку щільності (ρ) сумішей у залежності від:

- **вмісту перліту** — при його зростанні щільність спочатку зменшується, а потім стабілізується через ефект заповнення;
- **вмісту армуючих волокон** — лінійне зменшення щільності, що пов'язане з малою питомою масою волокон.

◆ Найнижчі значення щільності ($\sim 850\text{--}900 \text{ кг/м}^3$) досягаються при **високому вмісті перліту і волокон**, що є оптимальним для теплоізоляційних цілей.

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОЗРОБЛЕНИХ СКЛАДІВ СУМІШЕЙ

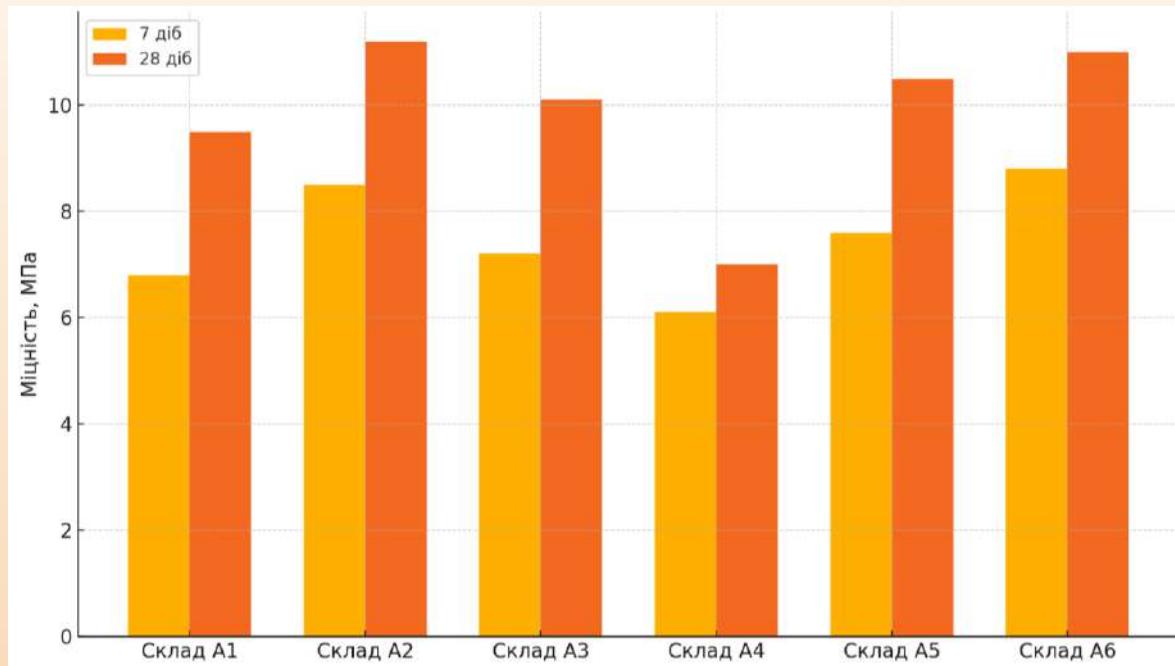


Рисунок 5 – Міцність на стиск зразків у віці 7 і 28 днів

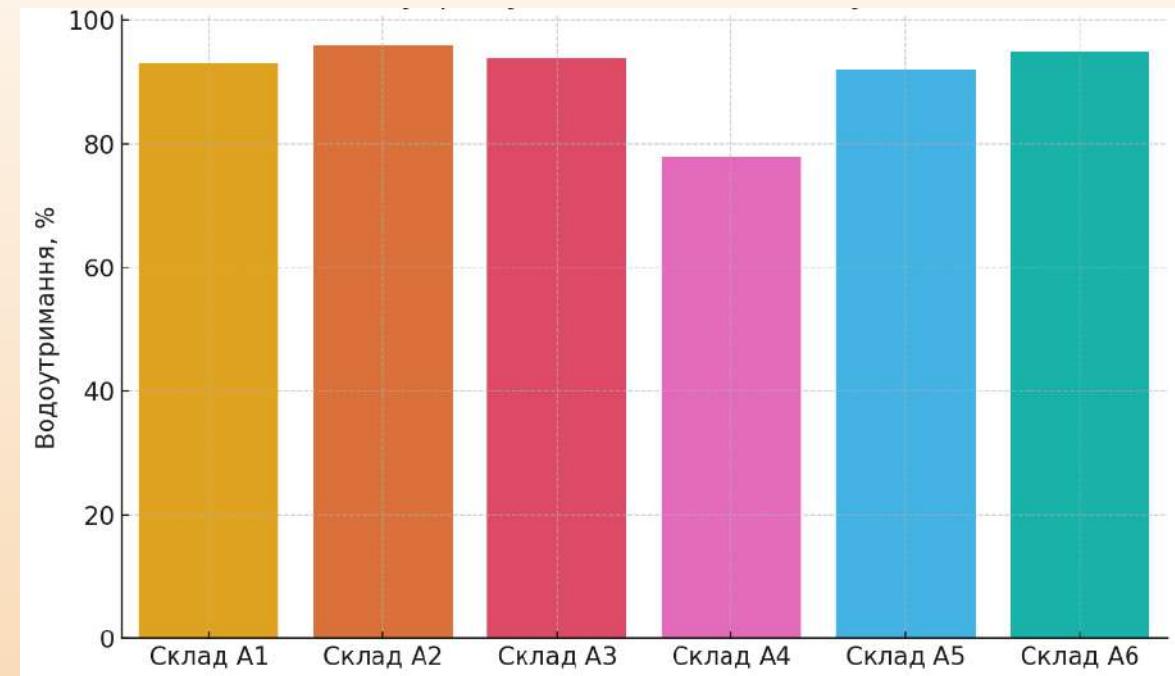


Рисунок 7 – Водоутримувальна здатність сумішей

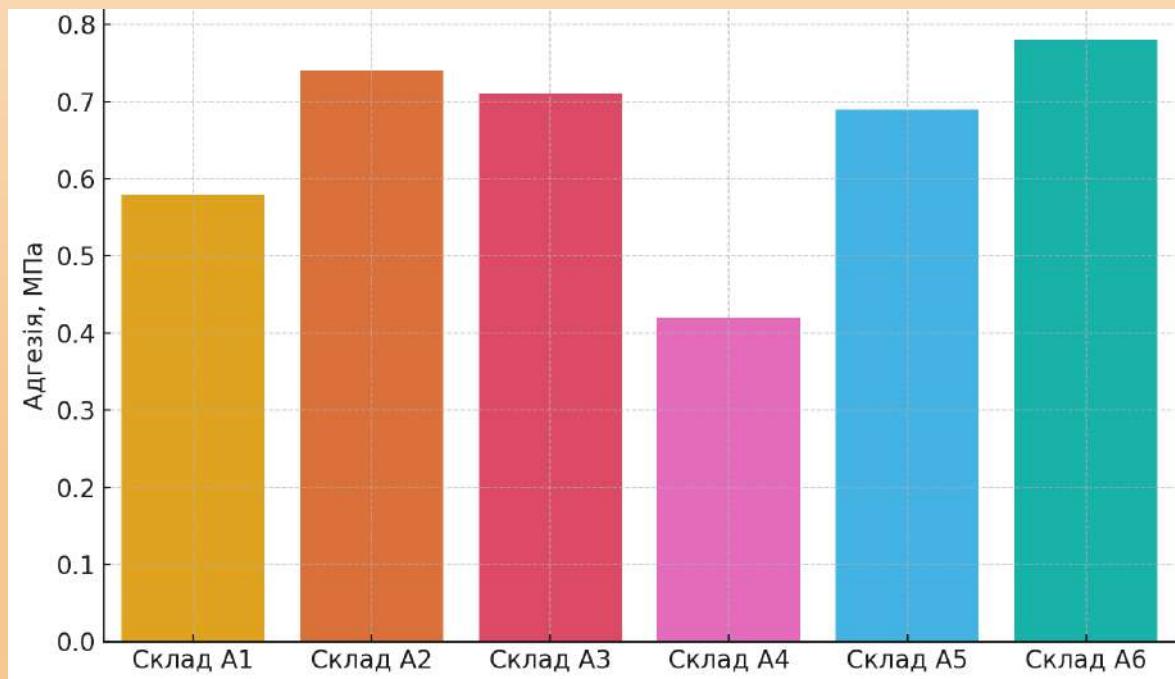


Рисунок 6 – Адгезія до мінеральної основи

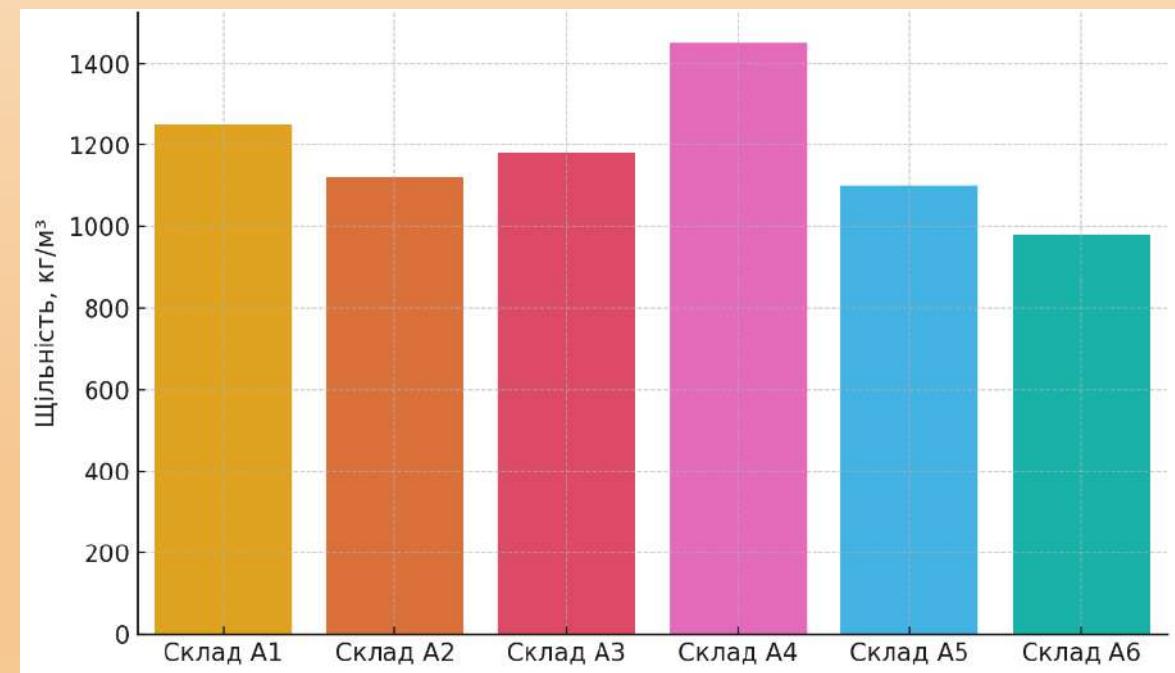


Рисунок 8 – Порівняння щільності складів СБС

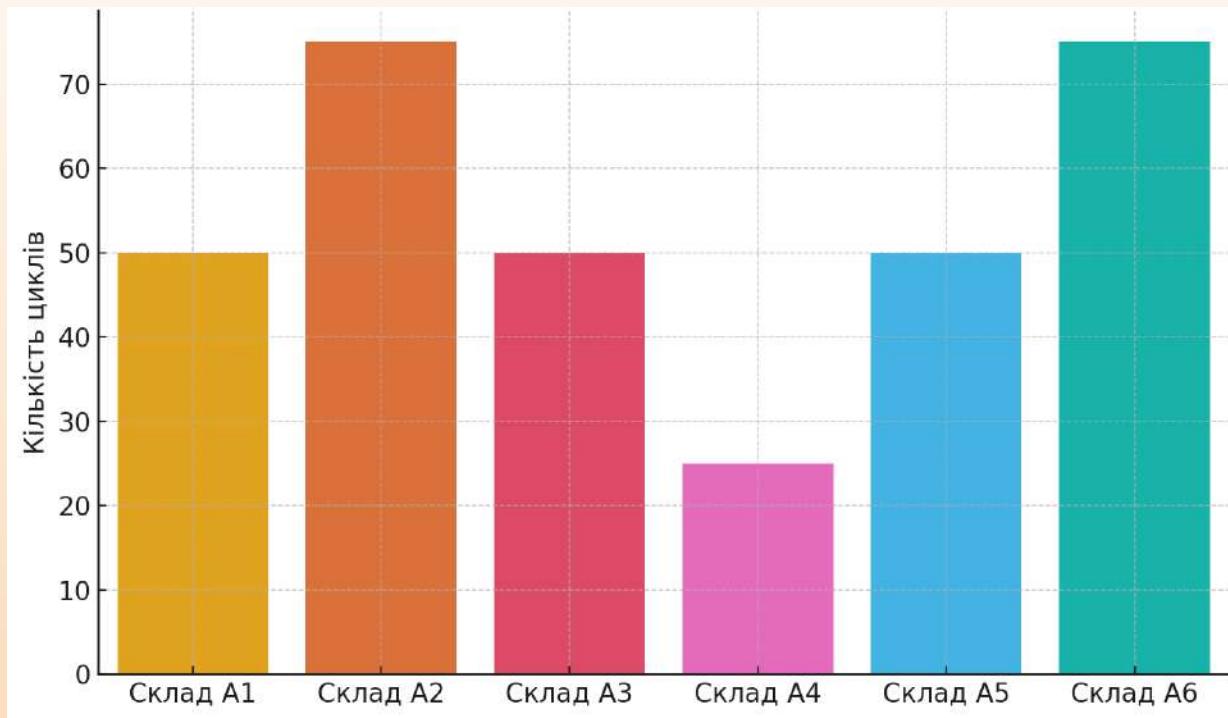


Рисунок 9 – Морозостійкість зразків

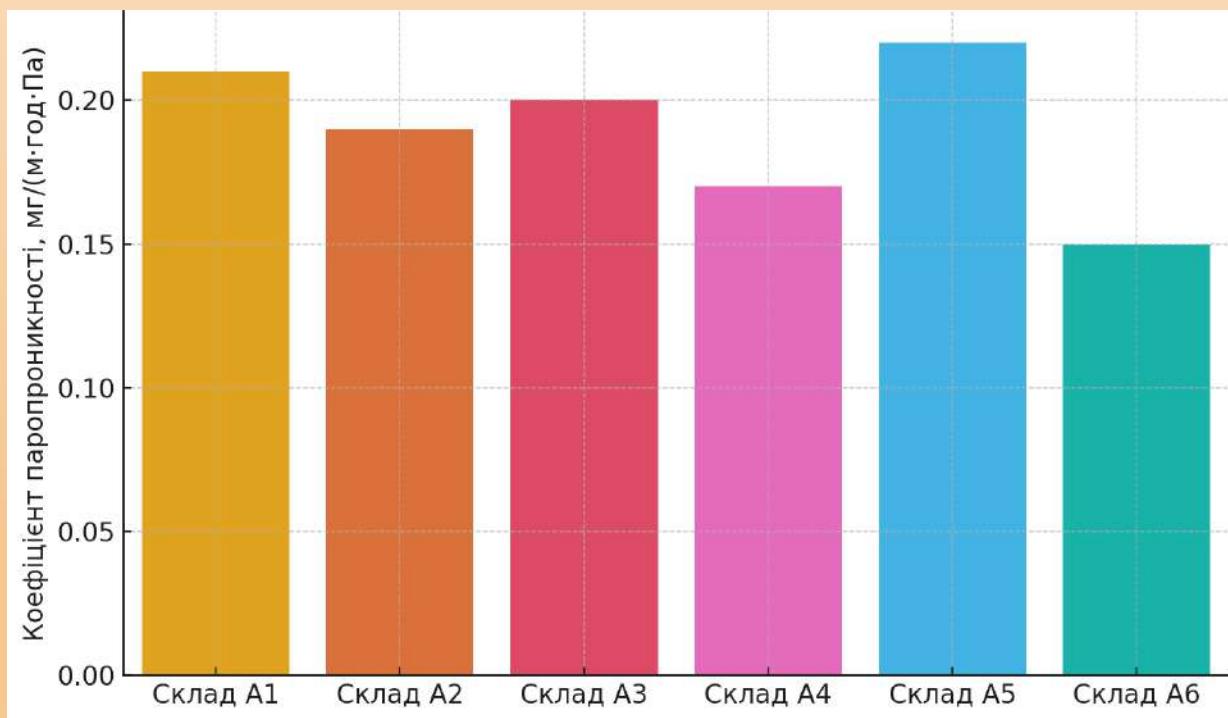


Рисунок 10 – Паропроникність сухих сумішей (коефіцієнт у мг/(м·год·Па))

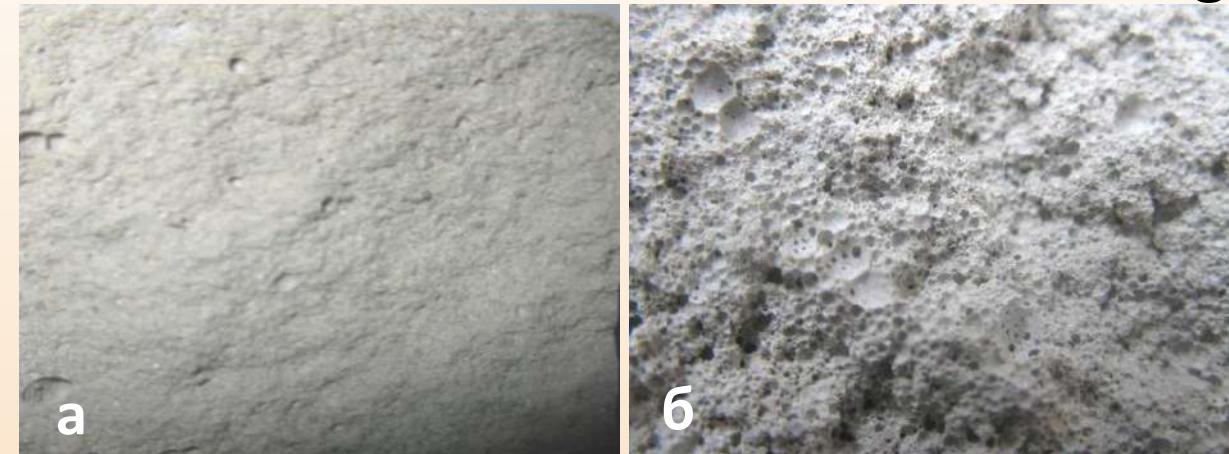


Рисунок 11 – Зразки сумішей:

а – непоризований склад;

б – поризований склад (з перлітом);

в – зразок (балочка 4x4x16 см) перед випробуванням;

г – половинки балочки після випробування на згин



Рисунок 12 – Нанесені на основу розроблені цементні склади СБС

◆ Обґрунтування вибору:

На основі багатофакторного аналізу (поверхонь відгуку, рівнянь регресії, критеріїв ефективності) було визначено склад, що забезпечує **компроміс між теплоізоляційними, механічними та технологічними характеристиками.**

◆ Склад (масові %):

- Гіпс будівельний (в'язуче) – 35%
- Зола-винесення (мінеральна добавка) – 15%
- Вапняк подрібнений (наповнювач) – 12%
- Перліт розширений (теплоізолятор) – 25%
- Волокна поліпропіленові (армувальний компонент) – 0.4%
- Полімерний модифікатор (Vertocoll) – 2.5%
- Пластифікатор, затримувач тужавіння та ін. добавки – до 100%

◆ Переваги:

- Підвищена тріщиностійкість за рахунок комбінованого армування
- Низька теплопровідність при збереженні щільності
- Хороша адгезія до газобетонних блоків
- Склад адаптовано до місцевої сировини

Таблиця 2 - Характеристики суміші

Показник	Значення	Критерій ефективності
Теплопровідність, λ	0.26 Вт/(м·К)	<input checked="" type="checkbox"/> < 0.28 Вт/(м·К)
Адгезія до газобетону	1.05 МПа	<input checked="" type="checkbox"/> > 0.9 МПа
Тріщиностійкість	5.1 балів	<input checked="" type="checkbox"/> > 4.2
Щільність	940 кг/м ³	<input checked="" type="checkbox"/> < 1000 кг/м ³

Висновки:

- Розроблена суміш **перевершує комерційні аналоги** за більшістю показників: особливо в частині теплопровідності, адгезії та тріщиностійкості.
- Склад повністю **відповідає вимогам ДСТУ та EN**, а також адаптований до газобетонних поверхонь.
- Цей склад може використовуватись як **для тонкошарової кладки блоків**, так і для теплоізоляційного оштукатурювання фасадів і внутрішніх стін.

Таблиця 3 - Технічні характеристики оптимального складу штукатурної сухої будівельної суміші

№	Показник	Позначення	Одиниця виміру	Значення	Критерій ефективності
1	Теплопровідність	λ	Вт/(м·К)	0.26	✓ < 0.28
2	Адгезія до газобетону	R	МПа	1.05	✓ > 0.90
3	Тріщиностійкість	—	—	5.1	✓ > 4.2
4	Щільність	ρ	кг/м ³	940	✓ < 1000
5	Морозостійкість	F	цикли	25	✓ не менше F25
6	Водоутримувальна здатність	—	%	≥ 95	✓ не менше 94
7	Опір теплопередачі шару (20 мм)	R _o	м ² ·К/Вт	0.77	✓ > 0.75 (для штукатурок)
8	Оптимальна товщина шару	h	мм	5–20	залежно від призначення

Таблиця 4 - Технічні характеристики СБС для кладки стін з газоблоків

№	Показник	Одиниця	Оптимальна суміш (модель)	Типові комерційні СБС*	Вимога за ДСТУ/EN
1	Теплопровідність (λ)	Вт/(м·К)	0.26	0.32–0.38	≤ 0.35
2	Адгезія до газобетону (R)	МПа	1.05	0.6–0.9	≥ 0.5
3	Тріщиностійкість	—	5.1	3.0–4.2	Не нормується*
4	Щільність (ρ)	кг/м ³	940	1050–1250	≤ 1300 (рекомендовано)
5	Морозостійкість (F)	цикли	25	15–25	≥ F25
6	Водоутримувальна здатність	%	≥ 95	88–93	≥ 90
7	Опір теплопередачі шару (R _o)	м ² ·К/Вт	0.77 (при h=20 мм)	~0.6	≥ 0.75
8	Рекомендована товщина шару	мм	5–20	5–15	5–25 (рекомендовано)

*Типові комерційні суміші, наприклад, Baumit, Ceresit, Knauf

Таблиця 5 – Суха суміш для кладки блоків із газобетону

Компонент	Масова частка (%)	Примітка
Портландцемент ПЦ II/Б-К-400	35	основне в'язуче
Доломітове борошно ($S \approx 200 \text{ м}^2/\text{кг}$)	20	мінеральна добавка
Перлітовий пісок (0–1 мм)	25	легкий заповнювач
Мікрокремнезем ($S \approx 4000 \text{ м}^2/\text{кг}$)	5	активна добавка
Целюлозний ефір (Tylose MN60010P4)	0,3	загущувач, утримувач води
Редиспергований полімер (Elotex або Vermocoll)	2	підвищення адгезії
Пластифікатор С-3 або Melflux	0,2	покращення рухливості
Кварцовий пісок (0,315–1,0 мм)	12,5	корегування гранулометрії

Основні властивості:

- Рухливість:** 4–8 см (конус ПК2)
- Водоутримуюча здатність:** $\geq 0,95$
- Адгезія до газобетону:** $\geq 0,9$ МПа
- Теплопровідність:** $\leq 0,3$ Вт/(м·К)
- Міцність на стиск:** ≥ 10 МПа (М100)
- Морозостійкість:** F25
- Товщина шару нанесення:** 2–5 мм

Призначення: тонкошаровий розчин для з'єднання газобетонних блоків у стінах житлових будинків з високими вимогами до теплоізоляції, міцності та водоутримуючої здатності.

Таблиця 6 – Суха штукатурна суміш для оздоблення газобетонних стін

Компонент	Масова частка (%)	Примітка
Пуцолановий цемент ПЦЦ IV/Б-400	30	основне в'язуче
Крейда мелена ($S = 1000 \text{ м}^2/\text{кг}$)	15	наповнювач
Перлітовий пісок (фракція 0–1 мм)	30	легкий заповнювач
Цеоліт (0–0,14 мм, $S \approx 1200 \text{ м}^2/\text{кг}$)	10	покращує водоутримання
Волокна целюлозні/базальтові	0,4	армування
Целюлозний загущувач Tylose	0,3	утримування води
Редиспергований полімер Vermocoll	2	покращення адгезії
Гідрофобізатор на основі силану/силоксана	0,3	захист від вологи
Мікрокремнезем або діатоміт	2	покращення структури
Наповнювач інертний (вапняк, кварц)	10	баланс щільності

Основні властивості:

- Рухливість:** 8–12 см (ПК3)
- Товщина нанесення:** 5–25 мм за 2 шари
- Адгезія до газобетону:** $\geq 0,6$ МПа
- Теплопровідність:** $\leq 0,25$ Вт/(м·К)
- Паропроникність:** висока ($\mu < 10$)
- Водопоглинання:** $\leq 0,3$ кг/м²·год
- Морозостійкість:** F25

•**Клас негорючості:** КМ0–КМ1 (при введенні мінеральних волокон)

Призначення: теплоізоляційна та армована штукатурка для зовнішнього та внутрішнього оздоблення поверхонь із газобетонних блоків.

Таблиця 7 – Суха штукатурна суміш на гіпсовій основі

Компонент	Маса, кг	Ціна, грн/кг	Вартість, грн
Гіпс будівельний	350	10	3500
Зола-виносення	150	0,8	120
Вапняк	120	12	1440
Перліт	250	41	10250
Поліпропіленові волокна	4	120	480
Bermocoll (полімер)	25	95	2375
Інші добавки	101	25	2525
Разом	1000		20690

Таблиця 8 – Суха штукатурна суміш на цементній основі

Компонент	Кількість, кг	Ціна за кг (грн)	Вартість (грн)
Цемент ПЦ II/Б-К-400	350	4	1400
Перліт	250	41	10250
Доломітове борошно	200	13	2600
Кварцовий пісок	125	9,6	1200
Добавки (Tylose, полімери)	25	30	750
Разом	1000	97,6	16200

Таблиця 9 – Порівняння вартості сухих сумішей

Бренд / Тип суміші	Орієнтовна ціна, грн/кг	Примітки
Власна суміш (собівартість)	16,2/20,69	Розрахована собівартість на основі компонентів
Кнауф MP 75 (машинна штукатурка)	~13–15	Гіпсова штукатурка для машинного нанесення
Ceresit СТ 24 (цементна штукатурка)	~14–16	Універсальна цементна суміш для зовнішніх та внутрішніх робіт
Baumit MPI 25 (гіпсова штукатурка)	~15–17	Високоякісна гіпсова суміш для внутрішніх робіт

Таблиця 10 – Техніко-економічне порівняння сумішей

Параметр	Власна суміш	Суміш Кнауф MP 75
Ціна за 1 кг	16,20 грн	15,00 грн
Тріщиностійкість	Висока (комбіноване армування)	Середня
Теплопровідність	Низька	Стандартна
Адгезія до газобетону	Відмінна	Середня
Пристосованість до місцевої сировини	Так	Ні

Таблиця 11 – Порівняння варіантів штукатурення поверхонь 100 м² стін

Показники (дані)	Варіанти	
	Варіант 1	Варіант 2
Прямі витрати, грн.	6670,12	8740
Кошторисна трудомісткість, люд-год.	54,9	55,3
Кошторисна заробітна плата, грн.	3946,76	3975,51
Матеріали, грн.	2266,14	4307,65

Таблиця 12 – Приклад розрахунку експлуатаційних витрат для розрахунку на 1 м² стіни

Параметр	Власна суміш	Суміш Кнауф MP 75
Вартість суміші	10 × 16,20 = 162 грн	10 × 15,00 = 150 грн
Витрати на ремонт/усунення дефектів (через 1 рік)	≈ 0 грн	5 – 10 грн
Загальні експлуатаційні витрати за 1 м ² (2 роки)	162 грн	150 + 10 = 160 грн

Етапи процесу:

1. Прийом і зберігання сировини

1. Сировина (в'яжучі, перліт, зола, вапняк, добавки) доставляється на виробництво й зберігається в бункерах або силосах.
2. Забезпечується захист від вологи та пилу.

2. Підготовка (сушка, подрібнення)

1. За потреби компоненти висушуються до стандартної вологості.
2. Далі проводиться подрібнення або розсів для забезпечення рівномірної фракції.

3. Дозування компонентів

1. Компоненти зважуються відповідно до рецептури.
2. Застосовуються вагові або об'ємні дозатори, контроль автоматизовано.

4. Змішування

1. У змішувачах відбувається рівномірне перемішування сухих компонентів до однорідного складу.
2. Використовуються горизонтальні або вертикальні змішувачі з лопатевою або стрічковою системою.

5. Пакування

1. Готову суміш фасують у мішки (зазвичай 25–30 кг) або контейнери (500-2000 кг).
2. Процес може бути автоматизованим або напівавтоматичним.

6. Складування / відвантаження

1. Готова продукція переміщується на склад.
2. Відвантаження здійснюється за заявками замовників або на будівельні об'єкти.

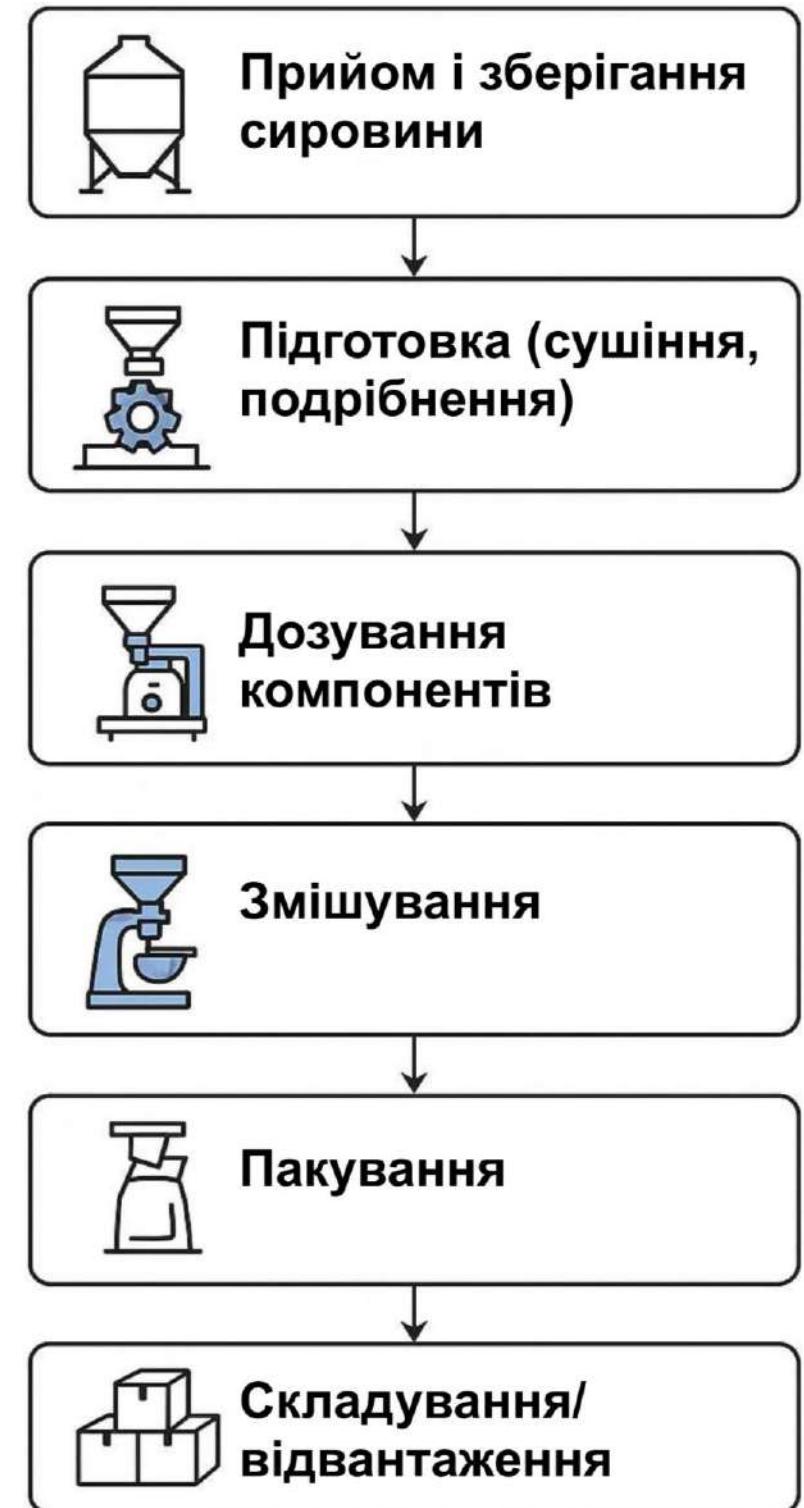
Висновки

•**Цінова перевага:** розроблені суміші мають значно нижчу собівартість порівняно з комерційними продуктами, що може забезпечити конкурентну перевагу на ринку.

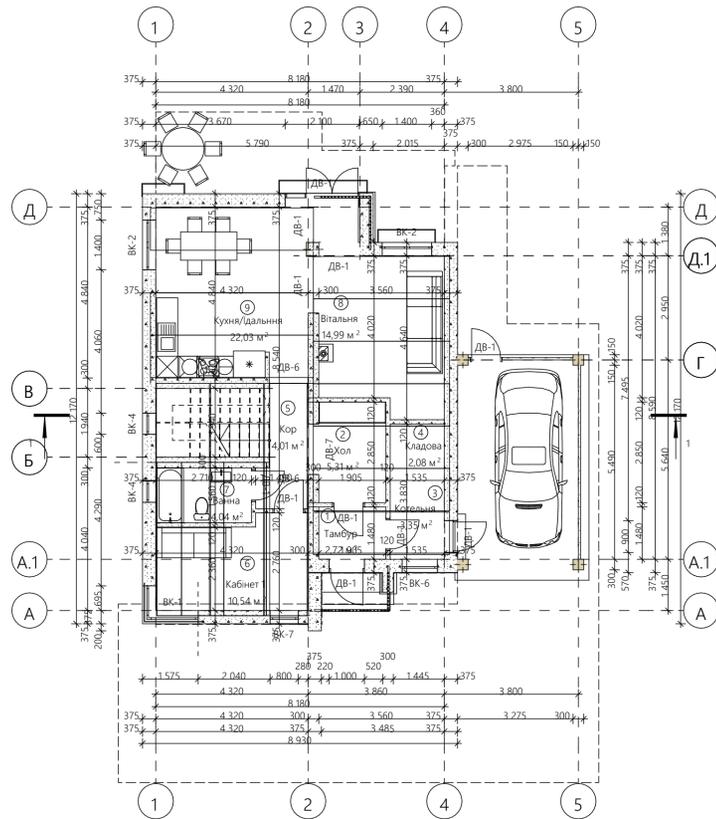
•**Якість та надійність:** суміші від відомих брендів гарантують стабільну якість, сертифікацію. Необхідне розроблення ТУ (технічних умов) на виготовлення розроблених складів.

•**Гнучкість у виробництві:** Власне виробництво дозволяє адаптувати склад суміші під специфічні потреби замовника або проекту, а також під наявну в регіоні сировинну базу.

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИГОТОВЛЕННЯ СУМІШЕЙ НА МІСЦЕВІЙ СИРОВИНІ



План першого поверху
на відм. 0,000 М(1:100)



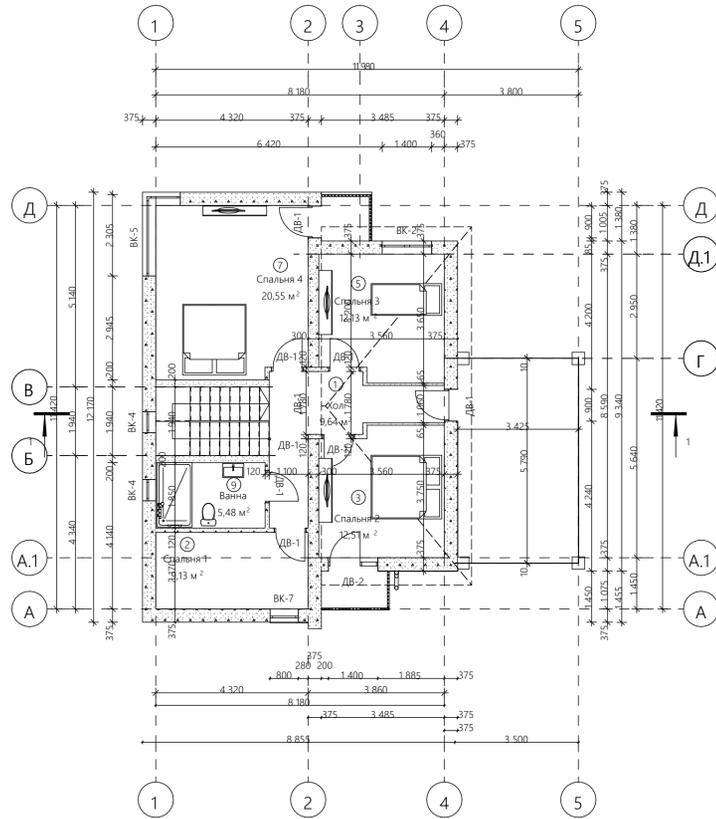
Експлікація приміщень

№	Найменування	Площа
1	Тамбур	2,72
2	Хол	5,31
3	Котельня	3,35
4	Кладова	2,08
5	Кор	4,01
6	Кабінет 1	10,54
7	Ванна	4,04
8	Вітальня	14,99
9	Кухня/дальня	22,03
		69,07 м ²

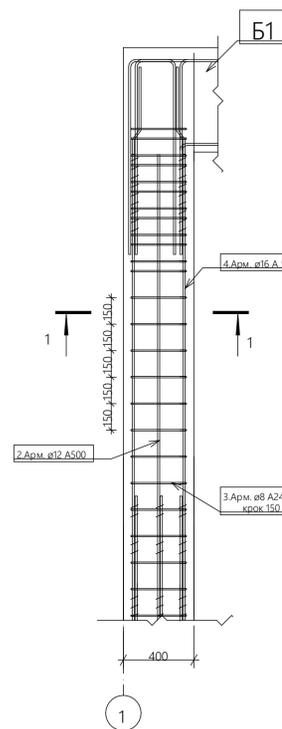
Експлікація приміщень

№	Найменування	Площа
1	Хол	9,64
2	Спальня 1	9,13
3	Спальня 2	12,51
5	Спальня 3	12,13
7	Спальня 4	20,55
9	Ванна	5,48
		69,44 м ²

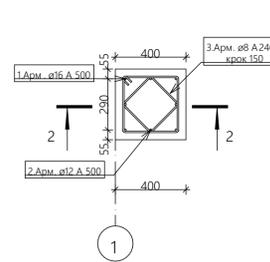
План другого поверху
на відм. 0,000 М(1:100)



Колона-1
розріз 2-2
М(1:20)

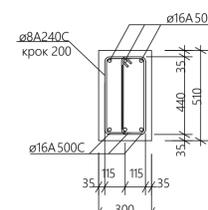


Колона-1
розріз 1-1
М(1:20)

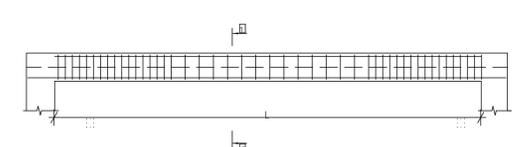


Балка 1

Армування балки Б1(1-1)
М1:20



Принципова схема армування балок



Балка 1
М(1:20)

Специфікація матеріалів

Марка позиція	Найменування	Позначення	Кільк.	Маса	Примітка
Б1					
КП1					
1,2		Арматура ø16 A500 L= 17 000	6	112	2 мп
4	ДСТУ 5781-82	Арматура ø8 A240 L = 1 250	170	212,5	мп
		Бетон B25 W6 F50 П4 (М 350)	2,4 м ³		

Специфікація матеріалів

Марка позиція	Найменування	Позначення	Кільк.	Маса/м	Примітка
К1					
1	ГОСТ 5781-82	Арматура ø16 A500 L= 2 300	4	1,58	11,04 мп
2	ГОСТ 5781-82	Арматура ø12 A500 L= 2 300	4	0,888	11,04 мп
3	ГОСТ 5781-82	Арматура ø8 A240 L = 2 300	16	0,395	36,8 мп
		Бетон B25 W2 F50 П3 (М 300)	0,45 м ³		

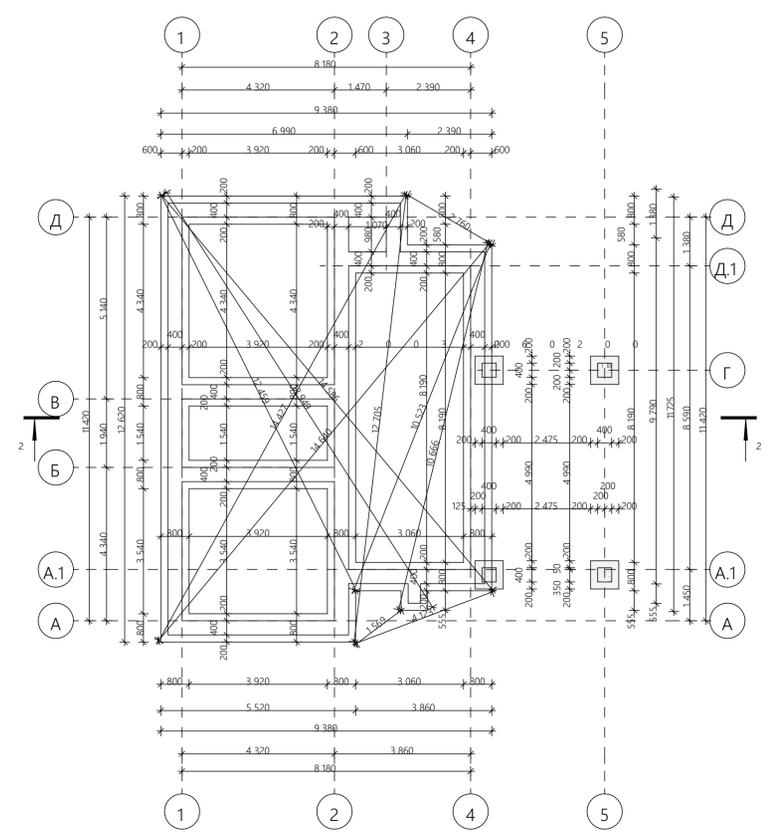
08-11.МКР.014-АР

Ефективні суші будівельні суміші на основі місцевих матеріалів для житлового будівництва				
Зм.	Кільк.	Арх. №/Дж.	Підп.	Дата
Розробив	Іродова Н.Ю.			
Перевірив	Бондар А.В.			
Керівник	Бондар А.В.			
Н.контроль	Масвська І.В.			
ОпONENT	Панкевич О.Д.			
Затвердив	Швець В.В.			

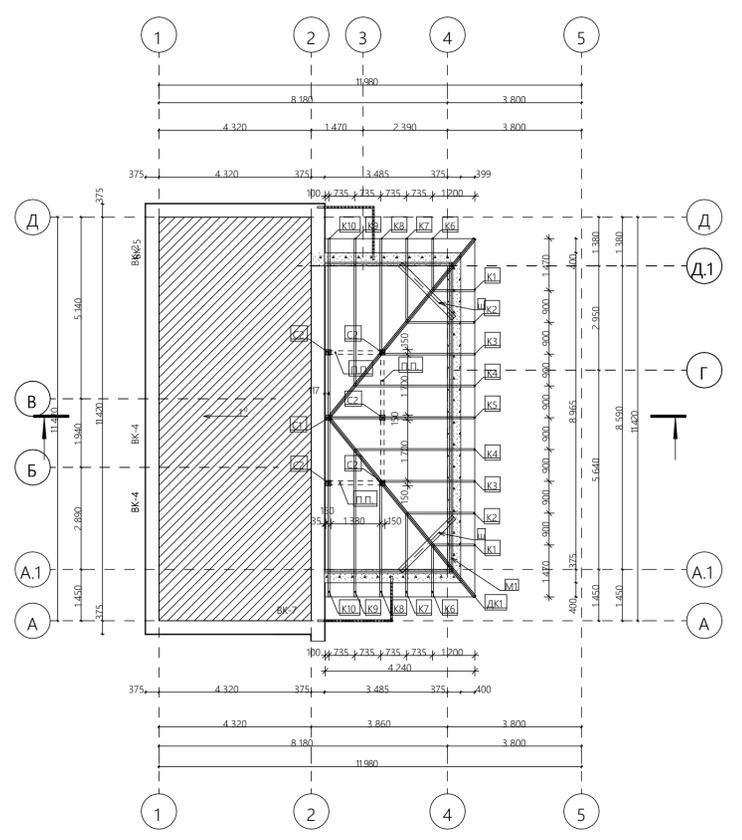
Житловий будинок	Стадія	Лист	Листів
	АР	14	17

План першого поверху, План другого поверху, Розріз 1-1
ВНТ, Б-23мз

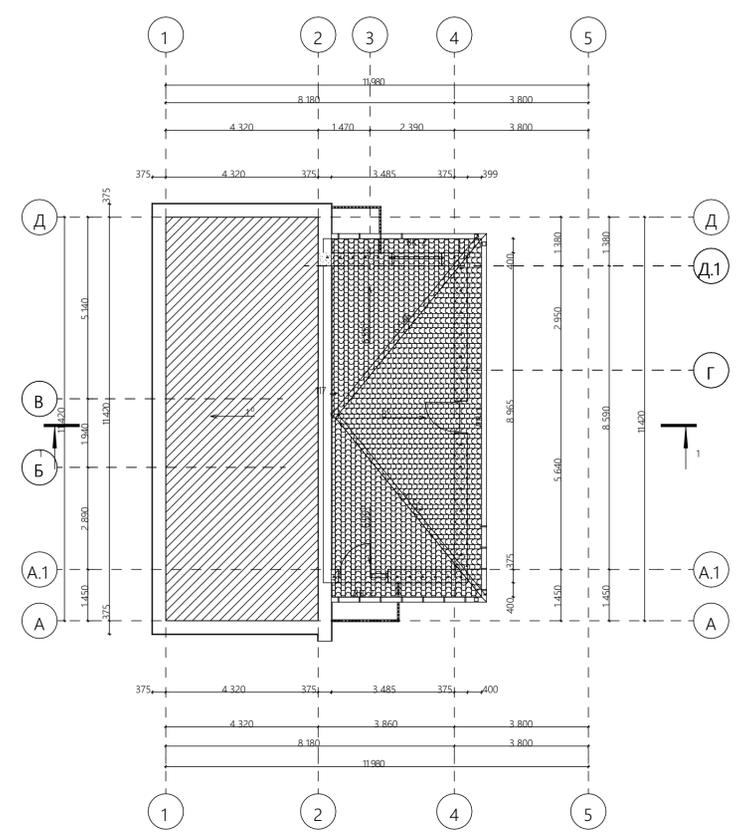
План фундаменту
М(1:100)



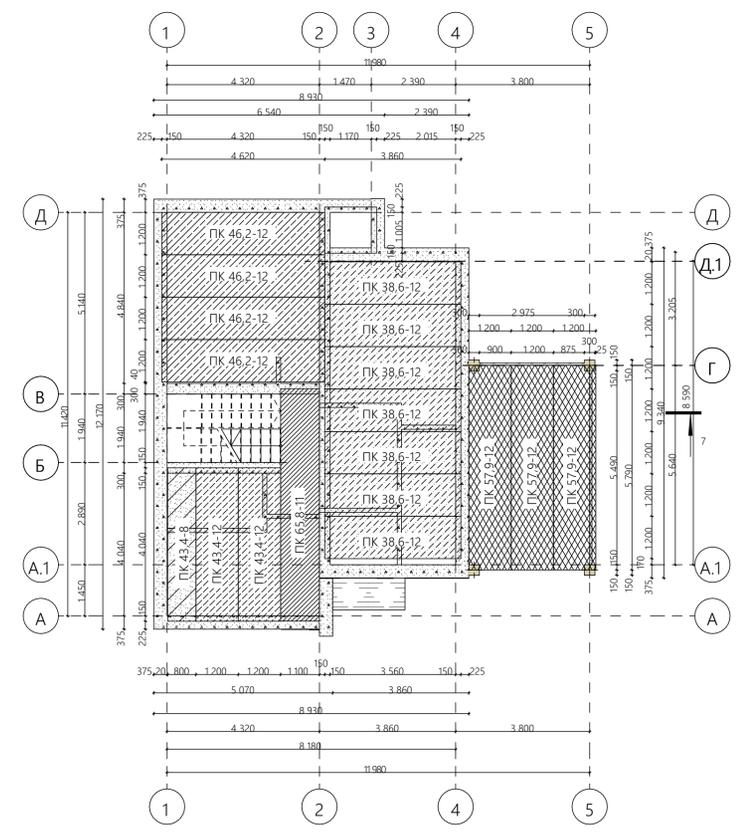
План кроквяної системи
М(1:100)



План покрівлі
М(1:100)



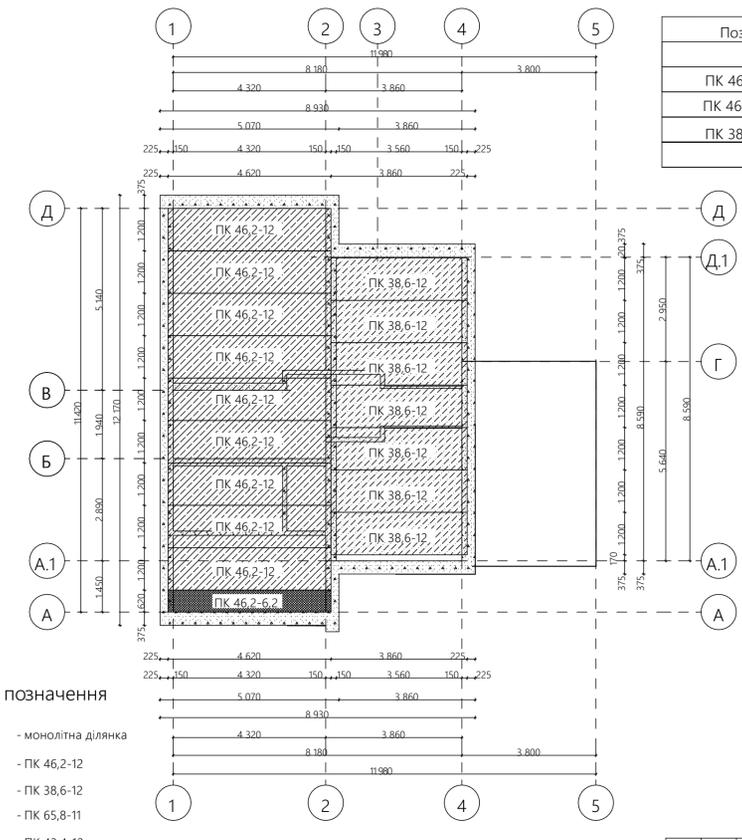
Перекриття першого поверху
М(1:100)



Специфікація елементів кроквяної системи

Марка, поз.	Найменування	Переріз bхh (мм)	Сорт Деревини	Довжина (мм)	Линійні виміри	К-сть, шт.	Об'єм, м3		Примітка
							Ел-ту	Всіх	
К-1	Кроквяна нога	50x200		1240	шт.	2	0,0124	0,0248	
К-2	Кроквяна нога	50x200		1980	шт.	2	0,0198	0,0396	
К-3	Кроквяна нога	50x200		2720	шт.	2	0,0272	0,0544	
К-4	Кроквяна нога	50x200		3465	шт.	2	0,03465	0,0693	
К-5	Кроквяна нога	50x200		4155	шт.	1	0,04155	0,04155	
К-6	Кроквяна нога	50x200		1505	шт.	2	0,01505	0,0301	
К-7	Кроквяна нога	50x200		2410	шт.	2	0,0241	0,0482	
К-8	Кроквяна нога	50x200		3315	шт.	2	0,03315	0,0663	
К-9	Кроквяна нога	50x200		4225	шт.	2	0,04225	0,0845	
К-10	Кроквяна нога	50x200		5070	шт.	2	0,0507	0,1014	
Всього кроквяної ноги:							0,56015		
ПП	Підпирний пр.	100x100		7 060	шт.	1	0,0706	0,0706	
С1	Стойка1	150x150		545	шт.	1	0,012263	0,012263	
С2	Стойка2	150x150		310	шт.	5	0,006975	0,034875	
Всього стійок:							0,0471375		
Ш	Шпренгель	150x150		2350	шт.	2	0,052875	0,10575	
М	Мауерлат	100x100		15860	шт.	1	0,1586	0,1586	
	Контр рейка	50x50						0,1400375	
	Обриштка	30x100							
ВСЬОГО:							1,082275		

Перекриття другого поверху
М(1:100)



Специфікація матеріалів

Позначення	Найменування	Кільк.	Маса	Примітка
Перший поверх				
ПК 46,2-12	Багатопустотна плита перекриття	9 шт.		
ПК 46,2-6,2	Багатопустотна плита перекриття	1 шт.		
ПК 38,6-12	Багатопустотна плита перекриття	7 шт.		

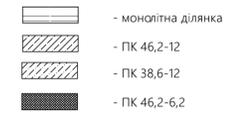
Специфікація матеріалів

Позначення	Найменування	Кільк.	Маса	Примітка
Перший поверх				
ПК 65,8-11	Багатопустотна плита перекриття	1 шт.		
ПК 46,2-12	Багатопустотна плита перекриття	4 шт.		
ПК 43,4-12	Багатопустотна плита перекриття	2 шт.		
ПК 43,4-8	Багатопустотна плита перекриття	1 шт.		
ПК 38,6-12	Багатопустотна плита перекриття	7 шт.		
ПК 57,9-12	Багатопустотна плита перекриття	3 шт.		
ГОСТ 23279-85	Бетон Б15 W2 F50 ПЗ (М 150)	3,67 м ³		
	Сітка ВР1 ø12 А 500 чарунка 20	24,46 м ²		

Умовні позначення



Умовні позначення



08-11.МКР.014-АР

Ефективні сулі будівельні суміші на основі місцевих матеріалів для житлового будівництва

Зм.	Кільк.	Арх.	№9/Дж	Підп.	Дата
Розробив	Іродова Н.Ю.				
Перевірив	Бондар А.В.				
Керівник	Бондар А.В.				
Н.контроль	Масвська І.В.				
Опонент	Панкевич О.Д.				
Затвердив	Швець В.В.				

Житловий будинок

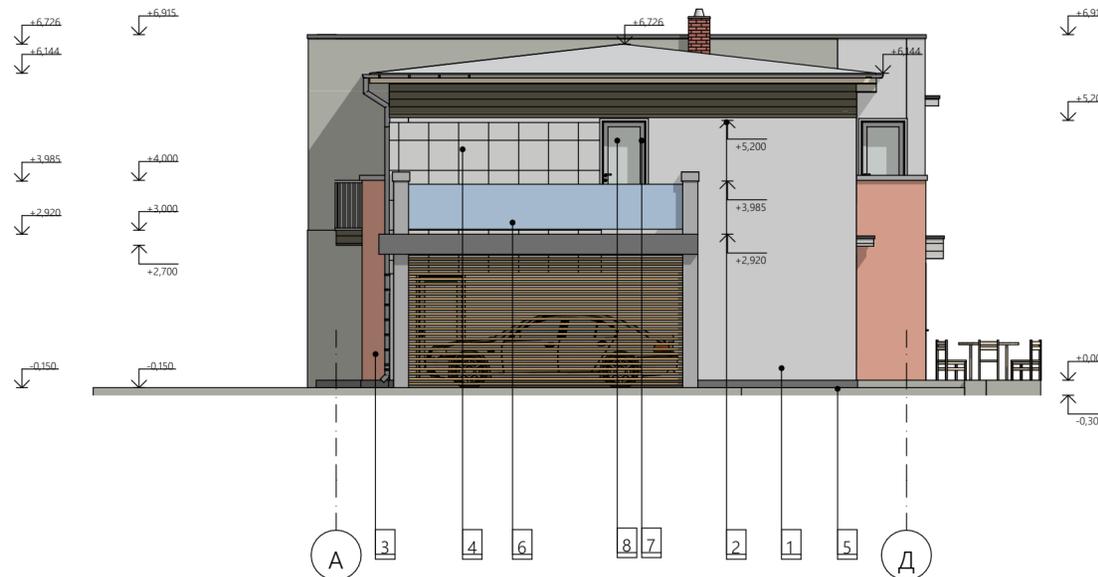
Стадія АР Лист 15 Листів 17

ВНТУ, Б-23мз

Фасад 1- 5



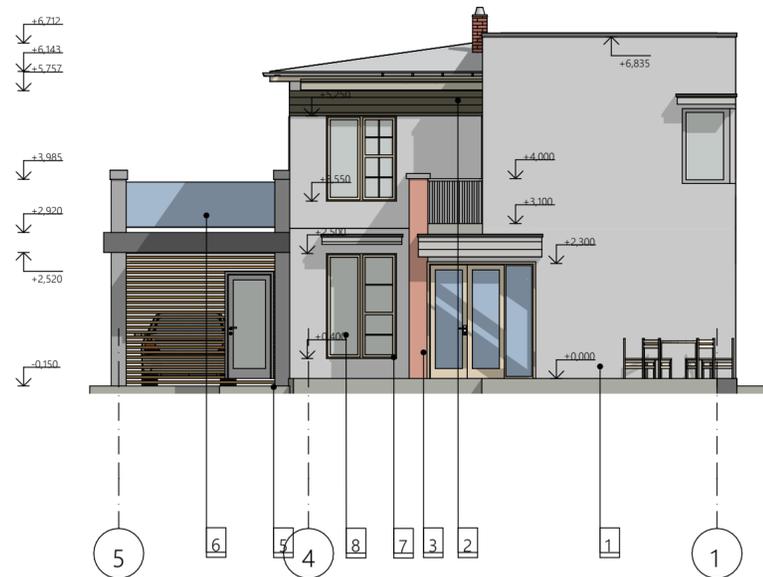
Фасад А -Д



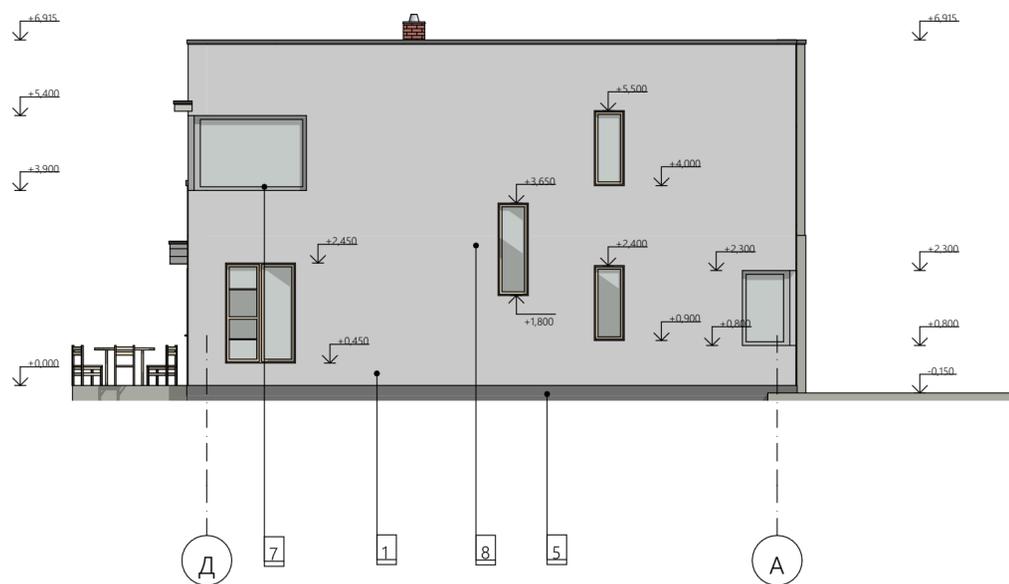
Відомість опорядження фасадів

Поз.	Елементи будівлі	Вид опорядження	Колір	Примітки
1	Поверхня стін	Фасадна штукатурка		Колір - відтінок білого
2	Поверхня стін	Декоративне оздоблення		Колір - відтінок коричневого
3	Поверхня стін	Декоративне оздоблення		Колір - відтінок рожевого
4	Поверхня стін	Декоративне оздоблення		Колір - відтінок сірого
5	Поверхня цоколя	Фасадна штукатурка		Колір - відтінок сірого
6	Огорожа балкону	Прозоре/матове скло		Колір - відтінок сірого
7	Поверхня вікон	Металопластик		Колір - темно-сірий
8	Вікна	Прозоре скло		Відтінок блакитного

Фасад 5-1



Фасад Д-А



Відомість опорядження фасадів

Поз.	Елементи будівлі	Вид опорядження	Колір	Примітки
1	Поверхня стін	Фасадна штукатурка		Колір - відтінок білого
2	Поверхня стін	Декоративне оздоблення		Колір - відтінок коричневого
3	Поверхня стін	Декоративне оздоблення		Колір - відтінок рожевого
4	Поверхня стін	Декоративне оздоблення		Колір - відтінок сірого
5	Поверхня цоколя	Фасадна штукатурка		Колір - відтінок сірого
6	Огорожа балкону	Прозоре/матове скло		Колір - відтінок сірого
7	Поверхня вікон	Металопластик		Колір - темно-сірий
8	Вікна	Прозоре скло		Відтінок блакитного

					08-11.МКР.014-АР				
					Ефективні сухі будівельні суміші на основі місцевих матеріалів для житлового будівництва				
Зм.	Кільк.	Арх.	№Джк.	Підп.	Дата	Житловий будинок	Стадія	Лист	Листів
Розробив	Іродова Н.Ю.						АР	16	17
Перевірив	Бондар А.В.								
Керівник	Бондар А.В.								
Н.контроль	Маєвська І.В.								
Опонент	Панкевич О.Д.					Фасад 1-5, Фасад А-Д, Фасад 5-1, Фасад Д-А	ВНТУ, Б-23мз		
Затвердив	Швець В.В.								

ВІДГУК ОПОНЕНТА
на магістерську кваліфікаційну роботу

на тему: «Ефективні сухі будівельні суміші на основі місцевих матеріалів
для житлового будівництва»

здобувача Іродової Наталії Юрївни

Магістерська кваліфікаційна робота направлена на вирішення задачі покращення та підвищення ефективності складу сухих будівельних сумішей на основі місцевої сировини для житлового будівництва.

Робота складається з п'яти розділів пояснювальної записки та графічної частини. У першому розділі проведено аналіз стану розробки ефективних сухих будівельних сумішей для житлового будівництва, досліджено питання традиційних сумішей та обґрунтування необхідності локалізації виробництва, здійснена оцінка властивостей місцевих сировинних матеріалів для виробництва сухих будівельних сумішей. Другий розділ роботи містить методику експериментального дослідження ефективних сухих будівельних сумішей. У третьому розділі наведено результати експериментальних досліджень, проведено підбір оптимальних складів сухих будівельних сумішей з урахуванням газобетонної основи. Технічна частина роботи містить опис рішень генерального плану, архітектурно-будівельні рішення, організаційно-технологічні рішення, організацію і технологію виконання робіт. У п'ятому розділі роботи проведена оцінка економічної ефективності використання розроблених сухих будівельних сумішей.

Результати магістерської роботи показують, що Іродова Н. Ю. має достатньо високий рівень підготовки при прийнятті сучасних науково-технічних рішень, уміння застосовувати сучасні програмні комплекси для моделювання та розробки складу сухих будівельних сумішей на основі місцевої сировини (перліт, зола-винесення, доломіт, цеоліт, вапняк). Результати досліджень можуть бути використані для кладки й штукатурення стін із газобетону в житловому будівництві. Вони забезпечують високу адгезію, низьку теплопровідність, оптимальну щільність та водоутримувальну здатність.

МКР виконана у відповідності до завдання та чинних вимог, самостійно та в повному обсязі.

Недоліки роботи:

- варто було б в другому розділі більш широко та ґрунтовно представити експериментальну частину роботи;
- на розрізі 1-1 не показано сходи у підвал.

В цілому магістрант Іродова Н. Ю. відповідає вимогам освітньо-професійної програми «Промислове та цивільне будівництво», спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія» та гідна присвоєння освітнього ступню «магістр», а робота заслуговує оцінки В 85 балів.

Доцент кафедри ІСБ, к.т.н., доцент

посада, науковий ступінь, вчене звання)



Цанкевич О. Д.

(Ініціала, прізвище)

ВІДГУК

керівника магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: «ЕФЕКТИВНІ СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ НА ОСНОВІ МІСЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА»

здобувача групи Б-23мз Іродової Наталії Юріївни

Магістерська кваліфікаційна робота є актуальною і присвячена важливим питанням використання сухих будівельних сумішей на основі місцевих матеріалів для житлового будівництва.

У процесі виконання здобувач Наталія Іродова успішно застосовувала програмні комплекси для обробки аналітичного та графічного матеріалу, виявила знання нормативної та законодавчої бази і галузі будівництва. У підготовці роботи проявила ерудицію та наполегливість. Самостійно, базуючись на сучасних нормативних вимогах, провела серію лабораторних експериментів, розробила багатофакторне моделювання та побудувала поверхні відгуку для вибору оптимального складу, провела порівняння отриманих сумішей із комерційними аналогами (Baumit, Ceresit, Knauf), що показало їх конкурентні переваги. Тому, тема роботи актуальна і відповідає науковим напрямкам кафедри будівництва, міського господарства та архітектури.

Здобувачка чітко дотримувалась графіку виконання магістерської кваліфікаційної роботи, вчасно представила роботу на попередньому захисті.

Результати досліджень представлені у магістерській кваліфікаційній роботі апробовані LIV Всеукраїнській науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2025), який відбувся 24-27 березня 2025 року. Магістерська робота повністю відповідає встановленим методичним вимогам щодо змісту, структури та оформлення.

У магістерській кваліфікаційній роботі наявні такі недоліки:

- наявні незначні недоліки в оформленні деяких конструктивних креслень на аркуші графічної частини;
- не достатньо пророблений розділ 3 МКР, не всі лабораторні дослідження проаналізовано і узагальнено.

Проте вказані недоліки не впливають на позитивне враження від роботи.

Висновки: якість підготовки здобувача Іродової Наталії відповідає вимогам освітньої програми підготовки «Промислове та цивільне будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» і при відповідному захисті заслуговує присвоєння ступеня магістра та на оцінку «В» 85 балів.

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи, к.т.н., доцент



А. В. Бондар