

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет будівництва та транспорту**  
**Кафедра будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри  
Будівництва та експлуатації  
будівель, доріг та транспортних споруд \_\_\_\_\_  
О. П. Новицький

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**за другим рівнем вищої освіти**

На тему: «Застосування сучасних будівельних матеріалів при будівництві багатоповерхового житлового будинку в м. Чернігів»

Виконав (ла)	_____	К. А. Кочаток
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Група		ЗПЦБ 2301м
(Науковий) керівник	_____	Л. О. Богінська
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра:** Будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд  
**Спеціальність:** 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

**ЗАВДАННЯ**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

**Кочаток Кирило Андрійович**

**Тема роботи:** Застосування сучасних будівельних матеріалів при будівництві багатоповерхового житлового будинку в м. Чернігів

Затверджено наказом по університету № 119/ос від " 22 " 01 2025р.  
Строк здачі студентом закінченої роботи: "     "                      2025 р.

Вихідні дані до роботи:

Дані інженерно-геологічних вишукувань, типові проекти, завдання проектування \_\_\_\_\_

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Розділ 1. Загальна характеристика роботи, Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень, 2.1. Використання біодобавок в бетон, Розділ 3. Порівняльний

аналіз зразків бетону, Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі, 4.1. Ситуаційний план, 4.2. Об'ємно-планувальне рішення, 4.3. Архітектурно-конструктивне рішення, Список використаних джерел

---

---

---

---

---

5. Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з вказівкою обов'язкових креслень)

16 слайдів мультимедійного матеріалу

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Керівник :**

(підпис)

Л. О. Богінська  
(Прізвище, ініціали)

**Консультант**

(підпис)

Л. О. Богінська  
(Прізвище, ініціали)

**Завдання прийняв до виконання:**

**Здобувач**

(підпис)

К. А. Кочаток  
(Прізвище, ініціали)

## Анотація

**Кочаток Кирило Андрійович** «Застосування сучасних будівельних матеріалів при будівництві багатоповерхового житлового будинку в м. Чернігів» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляду досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновків за результатами МКР (українською та англійською мовами).

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

Біодобавки в бетоні відіграють важливу роль у зменшенні вуглецевого сліду будівельної галузі, оскільки виробництво цементу спричиняє близько 9% глобальних викидів вуглекислого газу. Використання сільськогосподарських відходів дозволяє частково замінити цемент, скорочуючи екологічний вплив. Окрім цього, такі добавки сприяють розвитку циркулярної економіки, перетворюючи органічні залишки на цінні будівельні матеріали. Їх висока пуццоланова активність покращує гідратацію цементу, підвищуючи міцність і довговічність бетону.

Дослідження підтверджують, що біодобавки покращують механічні властивості бетону, включаючи міцність на стиск, зниження водопоглинання та підвищення стійкості до корозії. Вдосконалення мікроструктури матеріалу зменшує кількість порожнеч, що позитивно впливає на довговічність конструкцій. Крім того, біодобавки сприяють покращенню теплоізоляційних характеристик бетону, знижуючи його теплопровідність. Це забезпечує підвищену енергоефективність будівель, зменшуючи потребу в опаленні та кондиціонуванні.

Мікроструктурні дослідження дозволяють оцінити вплив біодобавок на

бетон. Встановлено, що використання біодобавок у складі бетону знижує його щільність без погіршення міцності. Крім того, виявлено зворотну залежність між водопоглинанням і щільністю, що є важливим для підвищення характеристик матеріалу. Такі результати підтверджують ефективність біодобавок у створенні легких та енергоефективних будівельних матеріалів.

Ключові слова: бетон, залізобетон, біодобавки.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Богінська Л. О., Кочаток К., ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ БУДІВНИЦТВІ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ В М. ЧЕРНІГІВ// Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С. 30

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 43 сторінках, у тому числі 7 таблиць, 3 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 19 використаних джерел. Графічна частина складається з 16 слайдів мультимедійної презентації.

## **Abstracts**

Kochatok Kyrylo Andriyovych “Application of modern building materials in the construction of a multi-storey residential building in Chernihiv” – Master's qualification work in the form of a manuscript.

Master's qualification work in specialty 192 “Construction and civil engineering”. – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The work consists of the content, general characteristics of the work and its qualification features, a review of research on the selected topic, sections of the main part, conclusions based on the results of the MCR (in Ukrainian and English).

The goal, objectives, object and subject of the study, methods of scientific research are formulated.

Bioadditives in concrete play an important role in reducing the carbon footprint of the construction industry, since cement production causes about 9% of global carbon dioxide emissions. The use of agricultural waste allows you to partially replace cement, reducing the environmental impact. In addition, such additives contribute to the development of a circular economy by converting organic residues into valuable building materials. Their high pozzolanic activity improves cement hydration, increasing the strength and durability of concrete.

Studies confirm that bioadditives improve the mechanical properties of concrete, including compressive strength, reduced water absorption and increased corrosion resistance. Improving the microstructure of the material reduces the number of voids, which has a positive effect on the durability of structures. In addition, bioadditives contribute to improving the thermal insulation characteristics of concrete by reducing its thermal conductivity. This provides increased energy efficiency of buildings, reducing the need for heating and air conditioning.

Microstructural studies allow us to assess the impact of bioadditives on concrete. It has been established that the use of bioadditives in the composition of concrete reduces its density without compromising strength. In addition, an inverse relationship between water absorption and density has been found, which is important for improving the characteristics of the material. Such results confirm

the effectiveness of bioadditives in creating lightweight and energy-efficient building materials.

Keywords: concrete, reinforced concrete, bioadditives.

List of publications and/or speeches at student conferences:

1. Boginska L. O., Kochatok K., APPLICATION OF MODERN BUILDING MATERIALS IN THE CONSTRUCTION OF A MULTI-STOREY RESIDENTIAL BUILDING IN THE CITY OF CHERNIGIV// Materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference, November 29, 2024, KhNADU, Kharkiv, P. 30

The appendices contain conference abstracts, an album of multimedia presentation slides.

Structure of the work.

The work consists of the main text on 43 pages, including 7 tables, 3 figures. The text of the work contains a general description of the work, 4 sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 19 sources used. The graphic part consists of 16 slides of a multimedia presentation.

## **ЗМІСТ**

<b>Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....</b>	<b>9</b>
<b>Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. Використання біодобавок в бетоні.....</b>	<b>13</b>
<b>Розділ 3. Порівняльний аналіз зразків бетону.....</b>	<b>19</b>
<b>Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1. Ситуаційний план.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2. Об'ємно-планувальне рішення.....</b>	<b>31</b>
<b>4.3. Архітектурно-конструктивне рішення.....</b>	<b>32</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>42</b>

## **РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми:** Вивчення біодобавок у бетоні набуло значного значення у зв'язку з нагальними екологічними проблемами та досягненнями в матеріалознавстві. Будівельна галузь є основним джерелом викидів вуглецю, в першу чергу від виробництва цементу, на який припадає приблизно 9% світових викидів вуглекислого газу. Біодобавки, отримані з відновлюваних і відходів, пропонують стійкий шлях до часткової заміни цементу, тим самим значно скорочуючи викиди вуглецю. Це відповідає міжнародним кліматичним цілям, спрямованим на пом'якшення впливу на навколишнє середовище.

Сільськогосподарські побічні продукти, такі як лушпиння рису та зола, є яскравими прикладами біодобавок. Їх додавання до бетону не лише відволікає органічні відходи від звалищ, але й сприяє розвитку циркулярної економіки, переробляючи відходи у цінні будівельні матеріали. Ці матеріали мають високу пуццоланову активність, що підвищує цементувальні властивості бетону, сприяючи вторинній гідратації та зменшуючи загальний попит на портландцемент.

Функціональні переваги біодобавок виходять за рамки екологічних міркувань. Дослідження показують, що ці добавки покращують механічні властивості та довговічність бетону. Спостерігається підвищення міцності на стиск і вигин, зменшення водопоглинання, підвищення стійкості до корозії та хімічних впливів. Ці покращення зумовлені вдосконаленою мікроструктурою бетону, де біодобавки сприяють утворенню більш щільної та однорідної матриці.

Теплоізоляційні властивості є ще однією важливою перевагою. Біодобавки можуть знизити теплопровідність бетону, що робить його більш ефективним для мінімізації тепловіддачі. Це сприяє створенню енергоефективних будівель, зменшуючи залежність від систем опалення та охолодження, що також сприяє досягненню цілей сталого розвитку.

**Мета і завдання дослідження:** Дослідження біодобавок у бетоні зосереджені на розробці стійких та ефективних альтернатив традиційним будівельним матеріалам з одночасним вирішенням критичних екологічних проблем. Основною метою є часткова заміна традиційного цементу біологічними матеріалами, такими як побічні продукти сільського господарства, такі як лушпиння, пшенична солома та зола біомаси, для значного скорочення викидів вуглекислого газу при виробництві цементу, на які наразі припадає значна частка світових викидів парникових газів. Такий підхід підтримує перехід до низьковуглецевих будівельних практик і відповідає міжнародним кліматичним зобов'язанням.

Ключовим напрямком досліджень є покращення механічних властивостей бетону, включаючи міцність на стиск і розтяг, стійкість до стирання та довговічність в агресивних умовах навколишнього середовища. Біодобавки з пуццолановою активністю, наприклад, отримані з багатих на кремнезем сільськогосподарських відходів, покращують процес гідратації, вдосконалюють мікроструктуру бетону та зменшують утворення пустот. Ці покращення призводять до подовження терміну служби, зменшення потреби в технічному обслуговуванні та зниження споживання ресурсів протягом життєвого циклу споруди.

Оптимізація теплових характеристик є ще одним важливим напрямком цих досліджень. Біодобавки можуть знизити теплопровідність бетону, зменшуючи теплопередачу через огорожувальні конструкції. Це підвищує енергоефективність будівель, мінімізуючи залежність від механічних систем опалення та охолодження і сприяючи зменшенню споживання енергії та експлуатаційного вуглецевого сліду.

Крім того, біодобавки відповідають принципам циркулярної економіки, переробляючи сільськогосподарські відходи та зменшуючи навантаження на звалища. Ці матеріали не лише покращують функціональні властивості бетону, але й сприяють ефективному використанню ресурсів та мінімізації відходів у будівельних процесах.

**Об'єкт дослідження:** Багатоповерховий житловий будинок в місті Чернігів.

**Предмет дослідження:** Виробництво будівельних матеріалів з використанням біодобавок на прикладі рисового лушпиння.

**Методи дослідження:** Дослідження біологічних домішок у бетоні поєднує передові експериментальні, мікроструктурні та механічні методи для всебічної оцінки їхнього впливу на властивості бетону. Процес починається з експериментального аналізу, де готуються різні бетонні суміші з використанням біодобавок, таких як рисове лушпиння, тирса та інші матеріали, отримані з біомаси, у контрольованих пропорціях. Ці суміші проходять випробування для оцінки змін ключових параметрів, включаючи оброблюваність, час схоплювання та консистенцію потоку. Критично оцінюється поведінка свіжого бетону, наприклад, легкість змішування, транспортування та укладання, оскільки ці фактори суттєво впливають на практичне застосування на будівельних майданчиках.

Хімічний склад біодобавок аналізується за допомогою таких методів, як рентгенофлуоресцентна спектроскопія для кількісного визначення їхньої пуццоланової активності. Пуццоланові матеріали, що характеризуються здатністю вступати в реакцію з гідроксидом кальцію під час гідратації цементу, сприяють утворенню гідратів силікату кальцію, які підвищують міцність і довговічність бетонної матриці.

Наступний етап включає мікроструктурний аналіз для з'ясування взаємодії між біодобавками та цементною матрицею на мікроскопічному рівні. Для вивчення морфології, гранулометричного складу та поверхневих характеристик біодобавок використовуються такі передові методи, як растрова електронна мікроскопія та рентгенівська дифракція. Ці методи також дозволяють виявити порожнечі, мікротріщини та потенційні слабкі місця у затверділому бетоні. Розуміння розвитку і поширення таких дефектів є важливим для прогнозування довгострокових характеристик і довговічності

бетону, підсиленого біодобавками, за різних умов навколишнього середовища і навантажень.

**Наукова та технічна новизна одержаних результатів:** Наукова новизна роботи полягає в оцінці впливу різного відсоткового вмісту рисового лушпиння на фізико-механічні та технічні властивості автоклавного легкого бетону. Продемонстровано, що регулювання відсоткового складу добавки суттєво знижує об'ємну масу зразків бетону, що дозволяє виробляти легші та енергоефективніші будівельні матеріали без погіршення експлуатаційних характеристик конструкцій.

Виявлено негативну кореляцію між водопоглинанням і насипною щільністю, про яку раніше не повідомлялося. Цей зв'язок є надзвичайно важливим, оскільки зменшення водопоглинання сприяє підвищенню морозостійкості, що є ключовим фактором підвищення довговічності бетону в холодному кліматі.

Інший висновок полягає в тому, що включення рисового лушпиння в якості легкої добавки зберігає міцність бетону на стиск, навіть якщо об'ємна щільність зменшується. Це підтверджує здатність добавки зберігати механічні характеристики при різних співвідношеннях води і твердої фази, що підкреслює її ефективність як стійкого і функціонального матеріалу у виробництві легких бетонів.

**Апробація та публікація результатів роботи:** 1. Богінська Л. О., Кочаток К., ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ БУДІВНИЦТВІ БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ В М. ЧЕРНІГІВ// Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С. 30

## РОЗДІЛ 2. БІБЛОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Використання біодобавок в бетоні

Рисове лушпиння та пшенична солома є побічними продуктами сільського господарства в Україні, які мають значний потенціал як біологічні ресурси для виробництва екологічно чистих будівельних матеріалів. Рисове лушпиння особливо вирізняється високим вмістом діоксиду кремнію, що робить його цінним компонентом для покращення властивостей цементу та бетону. Хоча традиційні підходи зосереджені на спалюванні рисового лушпиння для отримання золи як багатого на кремнезем наповнювача, цей процес пов'язаний з високими витратами, збільшенням викидів вуглекислого газу та забрудненням повітря. Отже, зростає інтерес до використання незгорілого рисового лушпиння безпосередньо як легкої добавки у виробництві бетону.

Фізичні характеристики рисового лушпиння, такі як низька насипна щільність, висока питома поверхня та пориста структура, роблять його добре придатним для використання у виробництві легких бетонів. Чотири категорії розміру частинок рисового лушпиння були досліджені в автоклавних сумішах легких бетонів. Ці суміші автоклавували при приблизно 180°C з вмістом лушпиння до 25% за масою. Результати експерименту показали, що частинки розміром більше 0,3 мм є оптимальними для автоклавного легкого бетону, в той час як менші частинки (<0,3 мм) зазнають значної деградації, що погіршує експлуатаційні характеристики матеріалу.

Було виявлено, що більші частинки зменшують об'ємну щільність бетонних зразків, зберігаючи при цьому достатню міцність на стиск. Однак зі збільшенням розміру частинок співвідношення кальцію до кремнезему в матриці зменшується, що негативно впливає на формування тоберморіту - критичної фази для міцності та довговічності автоклавного бетону. Цей компроміс підкреслює необхідність точного вибору розміру частинок і оптимізації складу[19].

Рисове лушпиння також слугує легким заповнювачем у поєднанні з індивідуально підібраним співвідношенням води до твердої фази, що дає змогу отримати автоклавний легкий бетон, який відповідає комерційним стандартам якості. Такий підхід сприяє ефективній утилізації сільськогосподарських відходів, одночасно підвищуючи екологічну стійкість будівельних матеріалів. Крім того, використання незгорілого лушпиння дозволяє уникнути викидів вуглецю, пов'язаних з процесами горіння, що відповідає цілям низьковуглецевого будівництва.

Хоча зола лушпиння широко вивчається як пуццолановий матеріал, що підвищує міцність на стиск і довговічність бетону, її виробництво шляхом спалювання викликає занепокоєння з точки зору екології. Повне окислення органічних речовин під час спалювання призводить до утворення кремнезему високої чистоти, але значною мірою сприяє викидам вуглекислого газу та забрудненню повітря. Пряме використання лушпиння як легкої добавки усуває ці недоліки, пропонуючи екологічно чисту альтернативу для сталого виробництва бетону.



**Рис. 2.1. Зола з рисового лушпиння**

Таке інноваційне використання лушпиння вирішує проблеми утилізації відходів і водночас сприяє розвитку практики сталого будівництва в Україні,

забезпечуючи подвійну вигоду - захист довкілля та покращення експлуатаційних характеристик матеріалу.

Дослідження з використання біовугілля, отриманого з лушпиння та стебел, як будівельного матеріалу, демонструє його потенціал для покращення властивостей бетону. Біовугілля з лушпиння, отримане шляхом піролізу, продемонструвало значні переваги при додаванні до цементного розчину, такі як покращена механічна міцність, підвищена довговічність та значне зменшення самоусадки. Аналогічним чином було досліджено додавання стебел рису до газобетону. Хоча ця добавка дещо знижує міцність на стиск, вона підвищує міцність на вигин (міцність на триточковий вигин) і значно покращує звуко- і теплоізоляційні властивості матеріалу[18].

Україна сприяє розвитку циркулярної економіки, розвиваючи технології утилізації сільськогосподарських відходів. Попередні дослідження підкреслюють потенціал решток як ефективного матеріалу для виробництва бетону, що сприяє сталому розвитку будівельного сектору. Унікальні властивості лушпиння, такі як низька насипна щільність, високий вміст кремнезему та пориста структура, роблять його особливо придатним для виробництва легких бетонних виробів, особливо автоклавного легкого бетону.

Автоклавний легкий бетон - це збірний матеріал з рівномірно розподіленими повітряними пустотами, створений шляхом додавання легких заповнювачів, піноутворювачів або газів. Насипна щільність становить від 0,3 до 1,8 грама на кубічний сантиметр, що приблизно на 20% менше, ніж у звичайного бетону. Його теплопровідність коливається приблизно від 0,2 до 1 Вт/м·К, що робить його чудовим ізолятором з покращеною звукоізоляцією, термостійкістю та вогнестійкістю. Ці властивості дозволяють застосовувати його в різних будівельних сценаріях.

Доведено, що додавання лушпиння зменшує насипну щільність, одночасно підвищуючи механічну міцність і довговічність. Під час автоклавовання кремнезем з лушпиння реагує з гідроксидом кальцію,

утворюючи гідрат силікату кальцію, який згодом перетворюється на тоберморит - фазу, що відповідає за покращені механічні властивості. Утворення тобермориту залежить від молярного співвідношення кальцію до кремнезему, яке впливає на його морфологію. Пластинчастий тоберморит має вищу міцність порівняно з його голчастим аналогом.

Незважаючи на ці переваги, надмірне включення лушпиння може знизити механічну міцність композитів. Це зниження пояснюється підвищеною пористістю, яка порушує структурну цілісність. Підвищена пористість призводить до підвищеного водопоглинання та вмісту повітря в суміші, що перешкоджає реакціям гідратації та послаблює композит. Тому збалансування вмісту рисового лушпиння має вирішальне значення для оптимізації експлуатаційних характеристик автоклавного легкого бетону, одночасно використовуючи його екологічні та функціональні переваги.

Ключовими факторами, що впливають на механічну міцність автоклавного легкого бетону, є розподіл і когезійні властивості лушпиння в композитній матриці. Низька жорсткість і висока деформативність лушпиння сприяють зниженню механічної міцності, якщо воно не збалансоване належним чином. Щоб вирішити ці проблеми, це дослідження зосереджується на оптимізації включення лушпиння в автоклавний легкий бетон для підвищення структурної цілісності та загальних експлуатаційних характеристик.

Експериментальний підхід розпочався з детальної характеристики лушпиння, отриманого з підприємства з переробки рису на півдні України. Аналітичні методи включали загальний аналіз матеріалу, оцінку хімічного складу, рентгенівську дифракцію та оцінку гранулометричного складу. Рисове лушпиння було розділене на чотири категорії розміру частинок для систематичної оцінки його впливу на властивості автоклавного легкого бетону. Експериментальні змінні включали розмір частинок, вміст лушпиння та співвідношення води до твердої речовини.

Вміст вологи визначали шляхом сушіння лушпиння при 105 градусах і вимірювання втрати ваги. Вміст золи вимірювали як втрату при спалюванні шляхом нагрівання матеріалу при 850 градусах, при цьому для розрахунку зольності використовували залишкову вагу.

Хімічний склад лушпиння рису аналізували за допомогою рентгенофлуоресцентної спектроскопії, а кристалографічні властивості вивчали за допомогою рентгенівської дифракції з мідним К-альфа-випромінюванням. Перед проведенням аналізів лушпиння було висушене і подрібнене в порошок. Розподіл частинок за розмірами оцінювали за допомогою механічного шейкера, оснащеного стандартними ситами, а подальшу класифікацію проводили для частинок розміром більше 1,2 міліметра, які були розділені на три додаткові категорії розмірів[19].

Результати показали, що частинки розміром більше 1,2 міліметра зберегли свою структурну цілісність і характерні властивості, в той час як частинки розміром менше 0,3 міліметра деградували до дрібного порошку, втрачаючи основні характеристики, необхідні для роботи композиту. Для виробництва автоклавного легкого бетону сире лушпиння переробляли за допомогою дробарки, а отримані частинки додавали до бетонної суміші в різних пропорціях. Включення лушпиння як легкого заповнювача було оптимізовано для досягнення балансу між зниженою насипною щільністю і достатньою механічною міцністю.

Ця комплексна методологія забезпечила точну характеристику і контрольоване використання лушпиння, що дозволило ефективно інтегрувати його в автоклавний легкий бетон. Отримані результати підкреслюють важливість розміру частинок, розподілу та когезійних властивостей у визначенні структурних характеристик автоклавного легкого бетону. Оптимізуючи ці параметри, дослідження демонструє потенціал для виробництва стійких, високоефективних будівельних матеріалів зі зниженим впливом на навколишнє середовище, що сприяє розвитку екологічно чистих будівельних технологій.

**Таблиця 2.1. Хімічний склад сировини**

<b>Хімічний елемент</b>	<b>Гашене вапно</b>	<b>Кремнеземний порошок</b>	<b>Цемент</b>
<b>Mg</b>	0.36	0.004	1.61
<b>Al</b>	0.04	0.470	2.56
<b>Si</b>	0.06	46.51	14.47
<b>P</b>	—	—	—
<b>S</b>	0.01	—	0.89
<b>Cl</b>	—	—	—
<b>K</b>	—	—	0.29
<b>Ca</b>	52.91	0.001	42.12
<b>Fe</b>	0.03	0.029	2.46

### РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗРАЗКІВ БЕТОНУ

Відносна вологість автоклавних сумішей легкого бетону ретельно контролювалася в межах приблизно до 20 відсотків за масою. Приготування включало ретельне перемішування сировини та фракцій з визначеним розміром частинок у роторному змішувачі. Отриману однорідну суміш переносили в окрему ємність для змішування, куди додавали воду з точно розрахованим співвідношенням води до сухої речовини від 0,7 до 0,8 літрів на кілограм. За допомогою електричного блендера суміш змішували до отримання однорідної, консистентної суспензії.

Приготовану суспензію розлили в кубічні форми діаметром 50 міліметрів. Матеріалу дозволяли вільно розширюватися в формах, і після початкового періоду затвердіння, протягом якого розширення наближалось до завершення, будь-який надлишок матеріалу, що виступав з форм, видаляли. Потім заповнені форми поміщали у вологу камеру попереднього затвердіння, де температура підтримувалася на рівні  $23 \pm 2$  градуси, а відносна вологість перевищувала 95 відсотки. Після 24 годин попереднього затвердіння зразки виймали з форми.

Витягнуті зразки піддавали автоклавуванню протягом 12 годин за контрольованих умов. Процес автоклавування проводився при температурі 189 градусів з використанням насиченої пари для полегшення реакції гідратації. Після завершення автоклавування зразки піддавали сушінню щоб забезпечити повну підготовку до подальших випробувань.

Оцінка насипної щільності та міцності на стиск зразків проводилася строго за стандартними протоколами випробувань. Випробування на міцність на стиск проводили за допомогою моторизованої випробувальної машини, яка навантажувала зразки зі швидкістю більше 1 мм на хвилину. Для оцінки водопоглинання, суху вагу кожного зразка реєстрували перед зануренням у киплячу воду. Після охолодження до кімнатної температури зразки виймали з води, а поверхневу вологу ретельно витирали, щоб запобігти неточностям під час аналізу[19].

Властивості зразків лушпиння рису, включаючи вологість, втрати при спалюванні та зольність, представлені в таблиці, що додається. Початковий вміст води в лушпинні становив більше 10% за масою, що добре узгоджується з верхніми граничними значеннями, про які повідомлялося в попередніх дослідженнях.

Після термічної обробки зразок продемонстрував значне збільшення відносної вологості. Це збільшення пояснюється згорянням органічних компонентів, таких як целюлоза, геміцелюлоза і лігнін, які були окислені під час високотемпературної обробки. Отриманий залишок, що складається з неорганічних речовин, називається золю лушпиння.

Вміст золи в зразку, виміряний після спалювання, склав 13.61 відсотків за вагою. Однак для більш послідовного порівняння між дослідженнями корисно виражати вміст золи в сухій формі, що стандартизує оцінку властивостей частинок. Розрахований вміст сухої золи в цьому дослідженні трохи нижче, ніж значення, наведені в літературі. Важливо зазначити, що ґрунтове середовище, в якому вирощується рис, відіграє вирішальну роль у визначенні вмісту золи, оскільки зміни у складі ґрунту можуть впливати на вміст мінеральних речовин у лушпинні.

**Таблиця 3.1. Характеристики суміші**

<b>Хімічний елемент</b>	<b>Вологість матеріалу</b>	<b>Втрата при нагріванні</b>	<b>Вміст попелу</b>
<b>%</b>	11.19	76.73	12.08
<b>% (суха основа)</b>	—	86.39	13.61

Кремній є основним компонентом у складі лушпиння. Крім кремнію, лушпиння містить 1.54% калію за вагою. Інші елементи, присутні в лушпинні, включають магній, фосфор, кальцій, сірку і хлор, з концентрацією приблизно від 0,2 до 0,5 відсотка за вагою для кожного елемента.

**Таблиця 3.2. Хімічний склад**

<b>Хімічний склад</b>	<b>Вміст %</b>
<b>Mg</b>	<0.50
<b>Al</b>	<0.01
<b>Si</b>	11.79
<b>P</b>	0.29
<b>S</b>	0.20
<b>Cl</b>	0.20
<b>K</b>	1.54
<b>Ca</b>	0.23
<b>Fe</b>	0.03
<b>Ti</b>	24
<b>Mn</b>	126
<b>Ni</b>	11
<b>Zn</b>	22
<b>Ba</b>	40

Початково сировина мала гранулометричний склад з діаметром частинок менше 1,2 міліметра. Зокрема, частка частинок розміром від 0,6 до 1,2 міліметра становила 10,57 відсотка за вагою, тоді як частка частинок розміром менше 0,3 міліметра становила менше 3,5 відсотка за вагою. Частки розміром більше 1,2 міліметра становили понад 82 відсотків за вагою від загальної кількості зразків.

Після подрібнення гранулометричний склад змінився. Після подрібнення частка розміром менше 0,3 міліметра збільшилася до 37,72 відсотка за вагою. Частки у діапазонах розмірів від 0,3 до 0,6 міліметра і від 0,6 до 1,2 міліметра становили 36,59 відсотка і 23,53 відсотка за вагою відповідно.

Вимірювання насипної щільності та питомої поверхні для різних фракцій лушпиння представлені в таблиці. Насипна щільність сирого лушпиння була зафіксована на надзвичайно низькому рівні на кубічний сантиметр. Зі зменшенням розміру частинок спостерігалось помітне збільшення насипної щільності, причому насипна щільність досягала 0,456 грама на кубічний сантиметр для найдрібніших фракцій. Ця тенденція, коли менший розмір частинок відповідає більшій насипній щільності,

узгоджується з поведінкою легких добавок у виробництві автоклавного легкого бетону, де прагнуть знизити насипну щільність, щоб зменшити загальну вагу бетону.

Крім насипної щільності, спостерігалися значні коливання питомої поверхні для різних фракцій матеріалу, на які впливав розмір частинок. Питома поверхня лушпиння була вище 40 квадратних метрів на кілограм. Таке збільшення площі поверхні зі зменшенням розміру частинок є особливо важливим, оскільки воно підвищує здатність матеріалу поглинати вологу. Такі зміни в поверхневих характеристиках мають вирішальне значення, оскільки вони можуть суттєво вплинути на взаємодію матеріалу з відносною вологістю, що, в свою чергу, впливає на поведінку матеріалу в конкретних умовах застосування.

Очікується, що збільшення питомої поверхні підвищить реакційну здатність матеріалу, потенційно покращуючи процес гідратації та зчеплення в бетонній матриці. Таким чином, ці зміни у властивостях поверхні є життєво важливими для загальної продуктивності і довговічності автоклавних виробів з легкого бетону, і подальше дослідження цих параметрів є необхідним для оптимізації практичного застосування.

**Таблиця 3.3. Щільність та питома поверхня часток**

<b>Характеристика</b>	<b>Зразок 1</b>	<b>Зразок 2</b>	<b>Зразок 3</b>	<b>Зразок 4</b>
<b>Розмір часток (мм)</b>	Більше за 1.2	Від 0.6 до 1.2	Від 0.3 до 0.6	Менше за 0.3
<b>Густина (г/см<sup>3</sup>)</b>	0.102	0.276	0.354	0.456
<b>Питома поверхня (м<sup>2</sup>/кг)</b>	43.4	91.1	139.3	768.5

Спостереження показали, що морфологія поверхні зразків демонструвала зростаючу шорсткість в кореляції з підвищеною відносною вологістю композиції. Це збільшення шорсткості поверхні супроводжувалося утворенням значних пор і тріщин, що свідчить про структурні невідповідності. Крім того, зразки демонстрували зміну кольору в бік

темніших відтінків, що корелює з підвищеним вмістом частинок лушпиння в суміші.

Важливо зазначити, що деякі зразки не дали успішних результатів. Зокрема, зразок, приготований з 4% від маси лушпиння, мав великі тріщини, що порушувало його цілісність. У випадку зі зразком, що містив 12% лушпиння, матеріал повністю вийшов з ладу, розпавшись на дві окремі частини. В результаті ці зразки були виключені з подальшого аналізу через їхню нездатність зберігати структурну стабільність.

Попередні дослідження складових лушпиння показали, що матеріал містить від 11,96% до 31,68% за вагою геміцелюлози та від 26,2% до 35,62% за вагою целюлози. Геміцелюлоза особливо схильна до гідролізу під впливом кислотних або основних умов, на відміну від целюлози, яка є більш стійкою до таких процесів. Гідроліз геміцелюлози відіграє важливу роль під час виробництва автоклавного бетону, оскільки він може суттєво впливати на кінцеві фізичні властивості матеріалу, такі як міцність, довговічність та загальні експлуатаційні характеристики.

Порівняльний аналіз насипної щільності автоклавних зразків легкого бетону, виготовлених з використанням різних фракцій лушпиння, виявив чітку тенденцію до зменшення насипної щільності зі збільшенням розміру частинок. Зокрема, зразки з більшими розмірами частинок демонстрували нижчу насипну щільність порівняно зі зразками, виготовленими з дрібніших фракцій. Однак важливо підкреслити, що відмінності в насипній щільності, які спостерігалися між зразками, не досягли статистичної значущості. Це свідчить про те, що, хоча тенденція до зменшення насипної щільності зі збільшенням розміру частинок була очевидною, ці зміни щільності можуть не мати суттєвого впливу на властивості матеріалу зразків. Отже, необхідні подальші дослідження, щоб оцінити, чи зміни насипної щільності мають помітний вплив на інші ключові експлуатаційні характеристики, такі як міцність, теплопровідність або довговічність.

Дані свідчать про значне зниження міцності на стиск зі збільшенням розміру частинок добавки лушпиння. Примітно, що зразки з дрібнішими фракціями демонструють вищу міцність на стиск порівняно зі зразками з більшими розмірами частинок при аналогічних концентраціях добавки.

Таке зниження міцності на стиск можна пояснити зміною молярного співвідношення кальцію до кремнію, яке впливає на утворення гідрату силікату кальцію, ключового компонента, відповідального за розвиток міцності в цементних матеріалах. У базовій суміші, без будь-яких добавок, початкове молярне співвідношення було визначено на рівні 0,849. Однак зі збільшенням частки кремнію з додаванням лушпиння спостерігалось відповідне зменшення молярного співвідношення.

Наприклад, при додаванні 20 вагових відсотків лушпиння до суміші молярне співвідношення зменшилося до 0,832. Таке зменшення співвідношення Ca/Si може сприяти зниженню міцності через менш ефективно утворення гідрату силікату кальцію, що призводить до зменшення зв'язуючої здатності в бетонній матриці. Необхідний подальший аналіз для вивчення точного взаємозв'язку між розміром частинок, молярним співвідношенням і міцністю на стиск з метою оптимізації характеристик матеріалу.

Коефіцієнти ефективності є важливими параметрами для оцінки композиційних властивостей легких матеріалів, таких як автоклавний легкий бетон і пінобетон. Ці коефіцієнти дають уявлення про характеристики матеріалу в залежності від його складу і є важливими для оптимізації рецептури легких бетонних сумішей.

Формула розрахунку вартості, яка використовується для визначення ефективності добавок, наведена в супровідному рівнянні. Ці дані свідчать про те, що добавки з більшим розміром частинок більш ефективно покращують легкі властивості бетону, що робить їх придатними для використання у виробничих процесах. Примітно, що зразок, який містив приблизно 12 вагових відсотків добавки з лушпиння, продемонстрував

відносно стабільні значення ефективності. Цей зразок також показав відповідне зниження насипної щільності, що відповідає очікуваній тенденції зниження насипної щільності для добавок з більшими частинками. Таке зменшення насипної щільності сприяє полегшенню матеріалу, що додатково підтверджує доцільність використання більших розмірів частинок як ефективних добавок для виробництва легких бетонів. Необхідні подальші дослідження для уточнення оптимального розміру частинок і концентрації добавок для підвищення продуктивності при збереженні економічної ефективності.

$$\rho_c (\text{МПа} / \text{г} / \text{см}^3) = \frac{\text{Загальне посилення (МПа)}}{\text{Об'ємна щільність (г} / \text{см}^3)}$$

У зразках, виготовлених без додавання лушпиння, переважаючою кристалічною фазою був ідентифікований тоберморит, тоді як кварц був практично відсутній. Однак додавання лушпиння як легкої добавки індукувало утворення кварцу в зразках, що супроводжувалося значним зменшенням інтенсивності дифракції тобермориту.

Далі було помічено, що в певному діапазоні вмісту лушпиння інтенсивність дифракції кварцу помітно зростає. Таку поведінку можна пояснити наявністю кремнезему в лушпинні, який існує у високореактивній гідратованій аморфній формі. В умовах термообробки в автоклаві цей реакційноздатний кремнезем трансформується в кристалічну структуру, а саме в кварц.

Альтернативна інтерпретація цих результатів припускає, що високоактивний кремнезем спочатку реагує з гідроксидом кальцію з утворенням тобермориту, залишаючи після себе залишковий аморфний порошок кремнезему в матриці. Цей залишковий кремнезем може залишатися непрореагованим і сприяти збільшенню утворення кварцу, особливо при менших розмірах зерен рисового лушпиння. У сукупності ці спостереження вказують на те, що надлишок кремнезему, особливо з дрібних частинок лушпиння, відіграє значну роль у сприянні утворенню тобермориту

під час процесу синтезу і впливає на загальний мінералогічний склад автоклавного легкого бетону[19].

Спостерігається негативна кореляція між водопоглинанням і насипною щільністю зразків. Для традиційних будівельних матеріалів контроль водопоглинання має вирішальне значення, особливо для пом'якшення негативних наслідків, пов'язаних з циклами замерзання-відтавання, спричинених поглиненою водою.

Поглинання води в основному відбувається через капілярні пори діаметром менше 1 мкм, а також через більші вентиляційні пори. Морфологія порової структури відіграє ключову роль у цьому процесі. Відкриті пори, які з'єднані між собою, полегшують проникнення води, тоді як закриті пори утворюють бар'єр, обмежуючи поглинання води.

Серед різних випробуваних композицій зразки з вмістом лушпиння продемонстрували відносно низьке водопоглинання, зі значеннями між 76.2 і 78.2 відсотками за вагою. Однак, коли вміст рисового лушпиння було збільшено до 4 і 12 відсотків, було зафіксовано помітне збільшення водопоглинання, що досягало значень від 16 до 20 відсотків за масою. Таке помітне збільшення водопоглинання можна пояснити збільшенням об'єму більших пор, які полегшують проникнення води, а також потенційними змінами в структурі пор, спричиненими вищим вмістом добавок. Ці висновки підкреслюють важливість збалансування вмісту лушпиння для оптимізації як експлуатаційних характеристик матеріалу, так і його водопоглинальних властивостей.

**Таблиця 3.4. Водопоглинання зразків**

<b>Вміст лушпиння (%)</b>	<b>Водопог. зразка 1 (%)</b>	<b>Водопог. зразка 2 (%)</b>	<b>Водопог. зразка 3 (%)</b>
4	76.2	70.9	71.7
8	78.6	72.9	73.9
12	78.2	76.7	77.5
16	85.5	79.4	83.7
20	96	82.5	84

Співвідношення води до твердої фази, поряд з додаванням легких заповнювачів, є критичним фактором, що впливає на властивості автоклавних зразків легкого бетону. Вода відіграє ключову роль у реакціях гідратації складових матеріалів, значно впливаючи на реологічну поведінку суміші. Збільшення співвідношення води до твердої фази покращує плинність суміші; однак, це покращення оброблюваності часто супроводжується зменшенням об'ємної щільності бетону.

Зв'язок між насипною густиною зразків і різними співвідношеннями води до твердої речовини. Відповідно до спостережуваної тенденції, насипна густина зразків зменшується зі збільшенням співвідношення води до твердої фази. Помітне зменшення насипної густини спостерігається при більш високих співвідношеннях води до твердої фази і збільшенні частки вмісту твердих частинок. Важливо підкреслити, що вплив співвідношення води до сухої речовини на насипну щільність стає більш вираженим зі збільшенням вмісту твердих частинок, що свідчить про сильнішу кореляцію між цими двома факторами за певних умов.

На противагу цьому, додавання легких заповнювачів значно пом'якшує вплив співвідношення води до твердої фази на насипну щільність. При додаванні легких заповнювачів насипна щільність зразків залишалася відносно стабільною, коливаючись у вузькому діапазоні між 0,63 і 0,89 грамів на кубічний сантиметр. Така поведінка вказує на те, що хоча

співвідношення води до твердої фази безперечно впливає на властивості матеріалу, вибір типу заповнювача - особливо використання легких заповнювачів - відіграє вирішальну роль у модулюванні загального впливу на насипну густину. Дані свідчать про те, що вплив вмісту частинок на міцність зразків на стиск є більш вираженим, ніж вплив співвідношення води до твердої фази.

Зокрема, зразки продемонстрували значно кращу міцність на стиск при всіх співвідношеннях води до твердої фази порівняно з попередніми зразками. Наприклад, хоча легкий ізоляційний бетон продемонстрував міцність на стиск лише 0,33 мегапаскаля після 60 днів тверднення, застосування процесу автоклавовання в цьому дослідженні значно підвищило міцність на стиск бетонної суміші, що підкреслює позитивний вплив методу тверднення на властивості матеріалу.

Важливо відзначити, що об'ємна маса зразків була відносно високою, що характерно для матеріалів з більш високим вмістом твердої фази. Експериментальні зразки, які містили 4-16 вагових відсотків лушпиння і мали співвідношення води до твердої речовини в межах від 0,70 до 0,80 літрів на кілограм, продемонстрували задовільні показники міцності на стиск. Ці результати свідчать про те, що легкі домішки в межах зазначеного діапазону концентрацій ефективно сприяють підвищенню міцності на стиск автоклавного бетону, зберігаючи при цьому сприятливий баланс інших властивостей матеріалу.



**Рис. 3.1. Блоки з легкого автоклавного бетону**

### **Висновок**

Дослідження всебічно вивчає вплив рисового лушпиння як добавки у виробництві автоклавного легкого бетону, підкреслюючи його значний вплив як на механічні, так і на фізичні властивості матеріалу. Результати показують, що на міцність на стиск бетонних зразків в першу чергу впливає вміст частинок лушпиння, причому більший розмір частинок призводить до помітного зниження міцності. На відміну від цього, співвідношення води до твердої фази мало відносно незначний вплив на міцність на стиск, що свідчить про те, що вміст частинок відіграє більш важливу роль у визначенні характеристик матеріалу.

Процес автоклавного тверднення продемонстрував значне підвищення міцності на стиск легкого бетону, яка раніше була низькою у зразках без такої обробки. Об'ємна маса бетону зменшувалася зі збільшенням співвідношення води до твердої фази, але цей ефект був менш вираженим у зразках, що містили легкі заповнювачі, які стабілізували густину в більш вузькому діапазоні. Це свідчить про те, що використання легких заповнювачів, таких як рисове лушпиння, ефективно пом'якшує вплив

співвідношення води до твердої речовини на загальну щільність матеріалу, що робить його більш придатним для застосування там, де низька вага є критично важливою.

Дослідження надає цінну інформацію про водопоглинаючі властивості бетону. Було виявлено, що наявність капілярних і більших вентиляційних пор значно впливає на водопоглинання.

Рентгеноструктурний аналіз показав, що діоксид кремнію з лушпиння в його високореактивній аморфній формі взаємодіє з гідроксидом кальцію під час автоклавування, що призводить до утворення тоберморіту - кристалічної фази, яка, як відомо, сприяє підвищенню міцності матеріалу.

## РОЗДІЛ 4. ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

### 4.1. Ситуаційний план



**Рис. 4.1. Ситуаційний план**

Будівля розташована на вулиці Старобілоуська в місті Чернівці. Будівельний майданчик виділено помаранчевим кольором[2].

### 4.2. Об'ємно-планувальне рішення

Конструктивна система будівлі базується на залізобетонному каркасі, створеному методом монолітного заливання. У цьому підході використовуються системи тимчасової опалубки, такі як опалубка PERI, відома своєю високою точністю та ефективністю у великомасштабному будівництві.[1] Каркас складається з вертикальних залізобетонних колон і горизонтальних балок, з розмірами поперечного перерізу 400x400 мм. Ці елементи армовані сталевими прутами класу А500С, що забезпечує високу міцність на розрив і пластичність. Для всіх структурних елементів використовується бетон класу С30/37 (міцність на стиск 37.25 МПа), що забезпечує відмінну довговічність і стійкість до впливу факторів навколишнього середовища.

Плити перекриття - це монолітний бетон зі товщиною 200 мм, армований двошаровою сталеву сіткою з 12-міліметрових прутків,

розташованих на відстані 200 мм одна від одної. Така конструкція забезпечує жорсткість конструкції, витримує динамічні навантаження та покращує звукоізоляцію між поверхами. Плити заливаються за допомогою бетононасосів і ущільнюються вібраторами для усунення повітряних пустот, забезпечуючи щільну та однорідну структуру[9].

Розміри будівлі - 24,30 метра в довжину (осі 1-8) і 23,40 метра в ширину (осі А-Ж) - ефективно розподілені для оптимізації структурної сітки, мінімізації використання матеріалів і максимізації стабільності. Висота 31.35 метра, з висотою поверху в 2.5 метра.

Вертикальній циркуляції сприяють сходи та ліфтова шахта. Сходи побудовані з монолітного залізобетону, з шириною проступів 300 мм і висотою стояка 160 мм, з дотриманням ергономічних стандартів і стандартів безпеки. У ліфтовій шахті, також побудованій із залізобетону, встановлена безмашинна ліфтова система KONE. Ліфт має вантажопідйомність 8 осіб або 630 кг і працює на енергоефективних двигунах, що зменшує загальне споживання енергії.

У цьому проекті пріоритетами є міцність конструкції, ефективність використання матеріалів і точність, що гарантує відповідність будівлі сучасним будівельним стандартам і вимогам до експлуатаційних характеристик.

### **4.3. Архітектурно-конструктивне рішення**

#### **Фундаменти та основи**

Фундаментна система складається з буронабивних паль заводського виробництва глибиною 10-12 метрів, призначених для проникнення через чорнозем у стабільні несучі шари. Кожна паля має діаметр 600 мм, армована сталевим каркасом з арматури марки А500С і заливається бетоном класу С35/45. Свердловини буряться за допомогою роторного обладнання, стабілізуються обсадними трубами і заповнюються бетоном методом тремтливих труб для запобігання сегрегації і забезпечення компактною, однорідною структурою[13].

Палі з'єднуються монолітним залізобетонним ростверком типовою товщиною 900 мм. Ростверк заливається на місці з використанням опалубних систем. Використовується бетон класу С30/37, армований двошаровою сіткою зі сталевих прутів діаметром 16 мм кожен, з кроком 200 мм, щоб витримувати структурні навантаження і ефективно передавати їх на палі.

Для захисту ростверку від впливу вологи та факторів навколишнього середовища наноситься гідроізоляційний шар з полімерно-бітумних мембран марки ТехноНІКОЛЬ. Процес гідроізоляції включає в себе очищення бетонної поверхні, нанесення ґрунтовки для адгезії та укладання мембрани за допомогою пальника. Для додаткового утеплення навколо ростверку встановлюються панелі з екструдованого полістиролу товщиною 50 мм для мінімізації теплопровідності та захисту від проникнення морозу.

Процес будівництва передбачає підготовку майданчика шляхом викопування котловану на необхідну глибину, забезпечення належного дренажу та стабілізації стінок котловану. Після того, як палі пробурені і встановлені, ростверк заливається шарами, ущільнюється і затвердіває в контрольованих умовах для досягнення проектної міцності. Потім поверхня ростверку вирівнюється і обробляється захисними покриттями перед зведенням надбудови. Такий системний підхід забезпечує точність виконання робіт і довготривалу довговічність фундаменту.

### **Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки**

Ненесучі стіни будівлі побудовані з використанням легких автоклавних газобетонних блоків, виготовлених з використанням рисового лушпиння та попелу. Ці блоки мають щільність 500-600 кг/м<sup>3</sup> і міцність на стиск 2,5 МПа, що забезпечує відповідні характеристики для не несучих конструкцій. Зовнішні стіни мають товщину 300 мм, що забезпечує структурне заповнення і відмінну теплоізоляцію з теплопровідністю 0,12 Вт/м-К[5]. Стіни додатково ізолювані панелями з мінеральної вати товщиною 150 мм і щільністю 120 кг/м<sup>3</sup> для підвищення енергоефективності. Ізоляційний шар закріплений за допомогою механічних кріплень і клею, після чого на нього нанесена

вітрозахисна мембрана для захисту від вологи. Фасад оздоблений армуючою сіткою, вбудованою в модифіковану полімерами цементну штукатурку, поверх якої нанесена міцна декоративна штукатурка, наприклад, на акриловій або силіконовій основі, для забезпечення стійкості до атмосферних впливів[17].

Внутрішні перегородки побудовані з блоків, товщиною 100 мм для стандартних перегородок і 150 мм для перегородок, що вимагають підвищених акустичних характеристик, наприклад, для перегородок, що розділяють квартири. Ці блоки забезпечують звукоізоляцію на рівні 38-40 дБ для стін товщиною 100 мм і 48-50 дБ для стін товщиною 150 мм, гарантуючи достатній рівень приватності та зниження рівня шуму. Легкість матеріалу зменшує загальне навантаження на конструкцію і дозволяє легко різати та підганяти її під час будівництва.

Стіни збираються з використанням тонкошарового розчину товщиною 2-3 мм, виготовленого з полімер-модифікованого клею для міцного з'єднання і мінімального теплового містка. Шви з'єднані в шаховому порядку для підвищення стійкості, а кути та примикання армовані оцинкованою сталеву сіткою, зануреною в розчин, щоб запобігти утворенню тріщин. Стики зовнішніх стін ущільнюються поліуретановою піною для усунення витоків повітря, а на блоки перед утепленням наноситься водовідштовхувальне покриття для запобігання поглинанню вологи. Внутрішні стіни оштукатурені цементно-вапняним розчином, а у вологих приміщеннях оброблені водоемульсійною фарбою або керамічною плиткою. Цей метод будівництва забезпечує тепловий комфорт, звукоізоляцію та довговічність, використовуючи при цьому екологічні та легкі матеріали.

### **Покрівля**

Плаский дах будівлі побудований з використанням монолітної залізобетонної плити, яка слугує міцною та довговічною основою. Перекриття має товщину 200 мм, виготовлене із залізобетону класу С30/37, зі сталевими арматурними стержнями марки А500С, розташованими у

двошаровій сітці для забезпечення стабільності конструкції. Поверхня плити вирівнюється цементною стяжкою, щоб забезпечити необхідний ухил для належного водовідведення 1-2% для забезпечення стоку води[14].

Першим шаром, що наноситься на бетонну плиту, є пароізоляція з високоефективної поліетиленової плівки, що забезпечує захист від вологи зсередини будівлі. Поверх нього встановлюється гідроізоляційний шар, який складається з бітумної мембрани з полімерним модифікатором, що підвищує гнучкість і довговічність. Мембрана наноситься на поверхню плити пальником, утворюючи безшовний водонепроникний шар, який захищає конструкцію даху від проникнення води.

Потім поверх гідроізоляційного шару наноситься вирівнююча стяжка. Ця стяжка складається з суміші цементу, піску і води у співвідношенні, що забезпечує міцність на стиск не менше 25 МПа. Стяжка служить для створення гладкої поверхні для ізоляції і додатково покращує дренаж, забезпечуючи постійний ухил до дренажних випусків. Вона також допомагає рівномірно розподілити навантаження від остаточного покрівельного матеріалу.

Поверх стяжки укладається теплоізоляція для підвищення енергоефективності будівлі. Використовують плити з екструдованого пінополістиролу товщиною 150 мм. Ці матеріали мають низьку теплопровідність (близько 0,030 Вт/м·К) і хорошу стійкість до вологи, що забезпечує відмінні теплотехнічні характеристики, одночасно захищаючи від тепловтрат.

Останній шар покрівельної системи складається з бітумного рулонного покрівельного матеріалу. Це високоякісна мембрана, що наноситься пальником, виготовлена з бітумної основи, армована поліестером і покрита мінеральними гранулами для забезпечення стійкості до ультрафіолету і підвищеної довговічності. Рулони ретельно вирівнюються і приварюються до поверхні ізоляції, забезпечуючи суцільний водонепроникний бар'єр. Шви між

рулонами герметизуються за допомогою зварювального апарату для забезпечення повної гідроізоляції.

Для системи відведення води дах обладнаний стратегічно розміщеними дренажними випусками, які з'єднуються з водостічними трубами, що ведуть до основної системи зливової каналізації будівлі. Ці водовідводи призначені для відведення дощової води та запобігання утворенню ставків на даху. Водостічні труби виготовляються з ПВХ і розташовуються таким чином, щоб ефективно відводити воду з даху.

Монтаж покрівлі здійснюється поетапно, починаючи з підготовки бетонної плити, після чого встановлюється пароізоляція, гідростатична мембрана, вирівнююча стяжка, ізоляція та бітумна рулонна покрівля. Кожен шар ретельно наноситься, щоб забезпечити належну адгезію, гідроізоляцію та ізоляцію. Після того, як покрівельний матеріал укладено, система перевіряється на герметичність, а всі елементи водовідведення перевіряються на належний потік і функціональність.

Цей метод будівництва забезпечує високу міцність, енергоефективність і водонепроникність плоскої покрівлі, яка відповідає необхідним будівельним стандартам і гарантує довготривалу експлуатацію.

### Вікна та двері

**Таблиця 3.1. Специфікація віконних отворів**

Мар, поз	Найменування	Кількість на поверхі				Маса од., кг.	Приміт-ка
		1	2	3	Всього		
1	ВК1800x1200	19	19	19	57		
2	ВК2100x1200	2	4	4	10		

**Таблиця 3.2. Специфікація дверних отворів**

Мар, поз	Найменування	Кількість на поведі				Маса од., кг.	Приміт-ка
		1	2	3	Всього		
Д-1	Д-1	3	3	3	9		
Д-2	Д-2	14	14	14	46		
Д-3	Д-3	10	10	10	30		
Д-4	Д-4				1		
Д-5	Д-5	2			2		
Д-6	Д-6	2			2		

### **Покриття підлог**

Покриття для підлоги в будівлі підібрані з урахуванням їх довговічності, функціональності та відповідності специфічним потребам кожної зони. Для спалень і віталень використовується ламінат товщиною 8-12 мм. Ламінат має клас зносостійкості АС5, що робить його придатним для приміщень із середньою та високою прохідністю. Він виготовляється з основи з деревоволокнистої плити високої щільності, покритої шаром меламінової смоли, яка забезпечує стійкість до подряпин, плям і вицвітання. Поверхня рельєфна, що імітує текстуру натуральної деревини.

Ламінат укладається на підкладку з пінопласту, яка має товщину 2-3 мм, що забезпечує звукоізоляцію і згладжує будь-які незначні нерівності основи підлоги. Дошки встановлюються за допомогою системи клік-замок без клею, що забезпечує швидкий і простий монтаж. Шви між дошками щільно закриті, щоб запобігти потраплянню вологи і підвищити довговічність підлоги[7].

У коридорах і коморах використовуються вискоєфективні вінілові плитки. Плитка має товщину 2-4 мм, а зносостійкий шар 0,5-0,7 мм, щоб витримувати помірне та інтенсивне пішохідне навантаження. Плитки виготовлені з полівінілхлориду, міцного, вологостійкого матеріалу, який легко миється, стійкий до забруднення і зносу. Плитки укладаються на гладку, підготовлену основу за допомогою клею, спеціально розробленого

для вінілових підлогових покриттів. Плитки укладаються у вигляді сітки, з щільними швами для забезпечення безшовного вигляду. Шви термозварюються, щоб запобігти накопиченню бруду та вологи. Цей метод укладання забезпечує довговічну, вологостійку підлогу, яка не потребує особливого догляду.

Для кухонь і ванних кімнат використовують керамогранітну плитку, яка має товщину 8-10 мм і високу стійкість до вологи, плям і зносу. Керамограніт має нижчий рівень водопоглинання, ніж керамічна плитка, що робить його особливо придатним для приміщень з підвищеною вологістю, таких як кухні та ванні кімнати. Ця плитка глазурована для додаткової водонепроникності та легкого очищення.

Укладання передбачає нанесення цементного клею товщиною 3-5 мм на підготовлену основу. Плитки укладаються на клей у шаховому порядку із швами 1-3 мм. Затирка наноситься після того, як плитка схопиться, а після висихання поверхня очищається для видалення надлишків затирки. Для підвищення водонепроникності на лінії затірки, особливо по краях раковин, душових кабін і ванн, наносять герметик. Край плитки також можна заклеїти силіконовою замазкою, щоб забезпечити водонепроникність покриття.

У під'їздах і технічних приміщеннях використовується гумове покриття. Гумове покриття має товщину 3-4 мм та зносостійкий шар 1-1,5 мм. Гумове покриття призначене для зон з високим навантаженням, воно стійке до плям, не ковзає, витримує інтенсивне пішохідне навантаження і прибирання. Покриття кріпиться до основи промисловим клеєм.

Підлогове покриття розкочується або розрізається на плитки і встановлюється без швів, щоб запобігти проникненню бруду або вологи. Краї ущільнюються рідким каучуковим герметиком для забезпечення гідроізоляції та запобігання накопиченню бруду в місцях з'єднань. Поверхня легко чиститься та обслуговується, що робить її ідеальною для приміщень, які часто використовуються та обслуговуються.

## **Зовнішнє і внутрішнє опорядження**

Фасад будівлі пофарбовано акриловою фарбою. Цей тип фарби обрано за відмінну стійкість до атмосферних впливів, здатність зберігати цілісність кольору та низькі вимоги до обслуговування. Фарба має високу стійкість до ультрафіолетових променів, запобігаючи вицвітання навіть під тривалим впливом сонячних променів. Крім того, вона стійка до води, що допомагає захистити будівлю від проникнення вологи та атмосферних впливів.

Процес нанесення передбачає нанесення ґрунтовки для забезпечення оптимальної адгезії фарби до поверхні, після чого наноситься два верхніх шари акрилової фарби. Фарба наноситься розпилювачем або валиком, забезпечуючи рівномірне покриття та гладку поверхню.

Окрім акрилової фарби, фасад будівлі прикрашають фактурним оздобленням, яке додає візуального інтересу і допомагає розбити суцільний вигляд бетонних поверхонь. Таке декоративне оздоблення може включати використання фактурної штукатурки, наприклад, силіконової або акрилової штукатурки, яка наноситься на певні ділянки фасаду. Фактурна штукатурка надає стінам не лише естетичного вигляду, але й додаткового захисту, підвищуючи їхню стійкість до впливу вологи та факторів навколишнього середовища.

Фактура штукатурки може варіюватися в залежності від архітектурного рішення, починаючи від гладкої обробки і закінчуючи більш вираженими візерунками або грубими текстурами. Цей декоративний ефект покращує зовнішній вигляд будівлі, надаючи їй вишуканого вигляду. Використання фактурної обробки також допомагає зменшити видимість дефектів поверхні, забезпечуючи чистий і відполірований зовнішній вигляд.

На ділянках, які потребують додаткової деталізації, навколо вікон, дверей і кутів можна використовувати декоративні планки та збірні бетонні елементи. Ці елементи додають вишуканий архітектурний штрих, забезпечуючи контраст з великими плоскими поверхнями фасаду.

У деяких частинах фасаду будівлі, особливо в районах з підвищеними вимогами до енергоефективності, перед остаточним фарбуванням або декоративним оздобленням може бути нанесений додатковий теплоізоляційний шар. Цей шар ізоляції виготовляється з пінополістиролу і допомагає підвищити енергоефективність будівлі за рахунок зменшення тепловтрат. Ізоляція покривається захисною сіткою та армуючим базовим шаром, а потім зверху наноситься декоративна штукатурка та фарба.

Спальні, вітальні, коридори, комори, входи та технічні приміщення оздоблені гіпсокартоном як для стін, так і для стель. Стіни побудовані з гіпсокартонних панелей товщиною 12,5 мм, які встановлені на металевому каркасі, що забезпечує стабільність і гладку поверхню. Металевий каркас забезпечує цілісність конструкції, а гіпсокартон - вогнестійкість і простоту монтажу. Потім ці стіни фарбуються високоякісною, екологічно чистою фарбою на водній основі. Цей тип фарби забезпечує довговічне, нетоксичне та легке в догляді покриття, яке ідеально підходить для житлових приміщень.

Стелі в цих же приміщеннях оброблені гіпсокартоном товщиною 9,5 мм, який кріпиться до металевого каркасу для забезпечення гладкості та стабільності. Гіпсокартон покритий водоемульсійною фарбою, що забезпечує безшовне та рівномірне покриття стелі. Поєднання гіпсокартону та гіпсокартонної плити з водоемульсійною фарбою є особливо ефективним у забезпеченні простоти обслуговування та довговічності, а також сприяє створенню чистого, сучасного естетичного вигляду всієї будівлі.

У кухнях та ванних кімнатах стіни вкриті керамічною плиткою, яка особливо добре підходить для вологих приміщень завдяки своїй вологостійкості, довговічності та простоті у догляді. Плитка має товщину 8-10 мм і встановлюється за допомогою клею на цементній основі для забезпечення належної адгезії та довговічності. Після укладання плитки лінії швів герметизуються, щоб запобігти проникненню води, що робить поверхню більш водонепроникною і легшою в обслуговуванні. Керамічна

плитка забезпечує відмінний захист від вологи і плям, що є дуже важливим для кухонь і ванних кімнат.

У той час як стіни в кухнях і ванних кімнатах покриті керамічною плиткою, стелі в цих приміщеннях оброблені гіпсокартоном товщиною 9,5 мм, як і в інших приміщеннях будівлі. Гіпсокартон також покритий водоемульсійною фарбою, що забезпечує гладкий, сучасний вигляд і полегшує догляд за ним у цих вологих приміщеннях. Оздоблення стелі в цих приміщеннях забезпечує як естетичну привабливість, так і практичні переваги, запобігаючи накопиченню вологи, що має вирішальне значення в таких приміщеннях, як кухні та ванні кімнати з підвищеною вологістю.

Цей вибір матеріалів забезпечує цілісний дизайн всієї будівлі, гарантуючи, що кожне приміщення відповідає своїм функціональним потребам, зберігаючи при цьому чистий і сучасний естетичний вигляд. Використання гіпсокартону з фарбою на водній основі забезпечує легкість в обслуговуванні та довговічність у більшості приміщень, тоді як керамічна плитка та гіпсокартон захищають приміщення з підвищеною вологістю, такі як кухні та ванні кімнати, від пошкодження водою[6].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009 [Чинний від 2011-01-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2011. - 45 с. (Національні стандарти України).
2. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2019. - 44 с. (Національні стандарти України).
3. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинний від 2019-12-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2019. - 54 с. (Національні стандарти України).
4. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи. - Суми: СНАУ, 2011.
5. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
6. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи.
7. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.
8. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2021. - 44-46 с. (Національні стандарти України).
9. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2016. - 13-16 с. (Національні стандарти України).
10. Нормування праці та кошториси в будівництві. - Суми: «Мрія-1», 2010. - 452 с.
11. Охорона праці і промислова безпека в будівництві: ДБН А.3.2-2-2009 [Чинний від 2012-04-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2012. - 53-54 с. (Національні стандарти України).

11. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2016. - 44-46 с. (Національні стандарти України).

12. Організація будівельного виробництва (посібник для розробки курсових та дипломних проєктів). - Суми: СНАУ, 2011. - 125 с.

13. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.

14. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017.

15. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2018. - 7 с. (Національні стандарти України).

16. Склад та зміст проєктної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2014 [Чинний від 2014-10-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2014. - 10 с. (Національні стандарти України).

17. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2017. - 15 с. (Національні стандарти України).

18. Ataie, F. Influence of rice straw fibers on concrete strength and drying shrinkage // Sustainability. – 2018. – Vol. 10, № 7. – P. 2445.

19. Peng, S.-L., Chen, Y.-L., Dai, Y.-S. Composite building materials prepared from bioresources: Use of rice husk for autoclaved lightweight concrete production // Journal of Composites Science. – 2024. – Vol. 8, № 9. – P. 359.